



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



**Mims**

Ministero delle infrastrutture  
e della mobilità sostenibili

**Siciliacque**

SICILIACQUE S.p.A.

Via Vincenzo Orsini, 13 - 90139 Palermo C.F./P.IVA:05216080829  
e-mail:siciliacque@siciliacquespa.it PEC:siciliacque@siciliacquespa.com



REGIONE SICILIANA

**Interventi per il potenziamento del sistema idrico della Sicilia sud - occidentale**

**Adduzione da Montescuro ovest  
per Mazara, Petrosino, Marsala**



**PROGETTO ESECUTIVO**

CUP: C21B21012820001  
PNRR-M2C4-I4.1-A2-53

IMPRESE ESECUTRICI:

(Mandante)



Via Del Grande Archivio n°32  
80138 Napoli  
Tel. 0541 623903  
ingallinasrl@legalmail.it

(Mandante)



Corso Garibaldi n°259  
80055 Portici (NA)  
Tel. 0824 947519  
idroambiente@cgn.legalmail.it

(Mandataria)



Via Angelo Banti n°6  
00138 Roma  
Tel. 06 88588146  
info@cebat.it

RESPONSABILE

Alessandro Cecconi



GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

COORDINAMENTO:

Ing. Maurizio Carlino  
Ing. Nicola D'Alessandro  
Ing. Domenico D'Alessandro (63')

STRUTTURE:

Ing. Giuseppe Ferraro  
Ing. Giuseppe Limbici  
Ing. Manuela Carlino

IDRAULICA:

Ing. Maurizio Carlino  
Ing. Luigi Di Natali  
Ing. Martina Carlino  
Ing. Dino Carlino

GEOLOGIA:

Dott. Geol. Massimo Carlino  
Dott. Geol. Francesco Morgante  
Dott. Geol. Giuseppe Salvaggio

GEOTECNICA:

Ing. Domenico D'Alessandro (62')  
Ing. Raimondo D'Alessandro  
Geom. Raimondo Ferula

SICUREZZA:

Ing. Alfonso Collura  
Ing. Desiderio Carlino  
Ing. Daniele Vinti

AMBIENTE:

Arch. Carmelo Carlino  
Ing. Valeria Carlino  
Ing. Claudia Carlino

COMPUTO:

Geom. Giovanni La Rocca  
Ing. Marirateresa Messinese  
Geom. Andrea Vaccaro

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Maurizio Carlino  
(Ordine degli Ingegneri  
della Prov. di Agrigento  
n°A628)



IL R.U.P.

Ing. Vincenzo Sferruzza  
(Ordine degli Ingegneri  
della Prov. di Palermo  
n°3895)

**SICILIACQUE S.p.A.**  
Il responsabile del procedimento  
Ing. Vincenzo Sferruzza

*Vincenzo Sferruzza*

Elaborato

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO  
NORME TECNICHE**

Classe 4  
ELABORATI ECONOMICI  
AMMINISTRATIVI

N. Tavola  
**4.8.2**

Revisióni

N°

DESCRIZIONE

DATA

Formato

A4

1° emissione

Gennaio 2024

2° emissione

Maggio 2024

3° emissione

-

# **CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO**

## **PARTE II – NORME TECNICHE**

### **SPECIFICAZIONE DELLE PRESCRIZIONI TECNICHE**

## SOMMARIO

### CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO ..... 1

CAPITOLO 01	QUALITA', PROVENIENZA E NORME DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI, DEI MANUFATTI E DELLE FORNITURE IN GENERE .....	5
Art. 1	Materiali e prodotti per uso strutturale.....	5
Art. 2	Calcestruzzo.....	6
Art. 3	Componenti del calcestruzzo .....	6
Art. 4	Acciaio per cemento armato .....	16
Art. 5	Acciaio per cemento armato precompresso .....	26
Art. 6	Acciaio per strutture metalliche .....	29
Art. 7	Componenti Prefabbricati in c.a. e c.a.p. ....	38
Art. 8	Muratura portante e malte.....	39
Art. 9	Tubazioni.....	49
Art. 10	Apparecchiature idrauliche .....	105
Art. 11	Elementi costruttivi prefabbricati .....	106
Art. 12	Laterizi.....	111
Art. 13	Manufatti di pietre naturali o ricostruite .....	112
Art. 14	Prodotti per pavimentazione e controsoffitti.....	114
Art. 15	Prodotti per rivestimenti interni ed esterni.....	126
Art. 16	Vernici, smalti, pitture, ecc. ....	129
Art. 17	Sigillanti, adesivi e geotessili.....	131
Art. 18	Prodotti e materiali per partizioni interne e pareti esterne .....	134
Art. 19	Chiusini per pozzetti.....	137
Art. 20	Impermeabilizzazioni e coperture piane .....	138
Art. 21	Infissi in legno e in metallo.....	142
CAPITOLO 02	NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI .....	153
Art. 22	Rilievi, tracciati e capisaldi.....	153
Art. 23	Programma esecutivo dei lavori .....	153
Art. 24	Oneri a carico dell'appaltatore. Impianto del cantiere e ordine dei lavori.....	153
Art. 25	Integrazione del piano di manutenzione dell'opera.....	159
Art. 26	Azioni e carichi sulle opere e costruzioni in genere .....	159
Art. 27	Strutture, opere ed impianti in generale modalità di studio, progettazione ed esecuzione .....	159
Art. 28	Opere di acquedotto.....	161
Art. 29	Opere di fognatura .....	163
Art. 30	Protezione delle opere.....	166
Art. 31	Costruzioni in zone soggette a tutela .....	166
CAPITOLO 03	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE.....	168
Art. 32	Demolizioni .....	168
Art. 33	Scavi a sezione obbligata e sbancamenti in generale.....	169
Art. 34	Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi .....	171
Art. 35	Riparazione di sottoservizi.....	171
Art. 36	Rilevati e rinterri.....	171
Art. 37	Paratie e diaframmi.....	172
Art. 38	Fondazioni dirette .....	173
Art. 39	Pali di fondazione .....	174
Art. 40	Esecuzione di strutture in acciaio .....	185
Art. 41	Esecuzione di strutture composte di acciaio e calcestruzzo.....	188
Art. 42	Confezionamento e posa in opera del calcestruzzo .....	190
Art. 43	Esecuzione di strutture in cemento armato precompresso .....	213

Art. 44	Armature minime e limitazioni geometriche delle sezioni degli elementi strutturali in cemento armato .....	215
Art. 45	Armature minime degli elementi strutturali in cemento armato precompresso .....	218
Art. 46	Esecuzione di strutture prefabbricate .....	219
Art. 47	Opere di impermeabilizzazione .....	220
Art. 48	Esecuzione di intonaci .....	221
Art. 49	Opere di vetratura e serramentistica .....	226
Art. 50	Esecuzione di gabbioni e materassi metallici zincati riempiti con pietrame .....	227
Art. 51	Esecuzione delle pavimentazioni .....	229
Art. 52	Opere di rifinitura varie .....	233
Art. 53	Impianti elettrici.....	242
Art. 54	Verifiche dell'impianto elettrico .....	258
Art. 55	Impianti di antieffrazione e antintrusione .....	266
Art. 56	Generalita' .....	268
Art. 57	Scavi delle trincee, coordinamento altimetrico e rispetto delle livellette per la posa in opera delle tubazioni.....	268
Art. 58	Letto di posa per le tubazioni.....	270
Art. 59	Modalità esecutive per la posa in opera di tubazioni .....	271
Art. 60	Rinterro delle tubazioni .....	272
Art. 61	Serbatoi - Pozzetti.....	274
Art. 62	Tubazioni .....	275
Art. 63	Prove a pressione di tubazioni in opera .....	297
Art. 64	Lavaggio e disinfezione delle condotte.....	299
Art. 65	Flange .....	299
Art. 66	Valvole automatiche di sfiato .....	299
Art. 67	valvole di intercettazione .....	300
Art. 68	idrovalvole .....	303
Art. 69	valvole di regolazione.....	304
Art. 70	giunti di smontaggio .....	305
Art. 71	Valvole per serbatoi .....	305
Art. 72	Idrovalvole per serbatoi .....	306
Art. 73	Valvole di sicurezza e scarico anticolo di ariete .....	306
Art. 74	Apparecchiature di misura idrauliche di portata e di livello serbatoi.....	307
Art. 75	Impianti elettrici.....	309
Art. 76	Materiali ed apparecchi – requisiti.....	311
Art. 77	Prescrizioni tecniche generali .....	316
Art. 78	Modalità d'installazione .....	322
Art. 79	Impianti di illuminazione esterna generalità.....	325
Art. 80	Impianti di illuminazione esterna Cavidotti.....	325
Art. 81	Impianti di illuminazione esterna Pozzetti.....	327
Art. 82	Impianti di illuminazione esterna linee per energia elettrica .....	327
Art. 83	Impianti di illuminazione esterna cassette, giunzioni, derivazioni, guaine isolanti .....	328
Art. 84	Impianti di illuminazione esterna fornitura e posa degli apparecchi di illuminazione .....	328
Art. 85	Impianti di illuminazione esterna impianto di terra. Dispersori.....	329
Art. 86	Periferiche di automazione .....	329
Art. 87	Collaudo periferiche di automazione .....	332
<b>CAPITOLO 04</b>	<b>ESECUZIONE DI PROVE E VERIFICHE SULLE OPERE E SUI MATERIALI .....</b>	<b>333</b>
Art. 88	Premesse generali piano di qualità e controllo dell'opera.....	333
Art. 89	Procedura, stesura e gestione dei piani qualità e dei piani di controllo qualità .....	333
Art. 90	Programma qualità - criteri e modalità di redazione. ....	336
Art. 91	Piani controllo qualità - criteri e modalità di redazione .....	337
Art. 92	Quaderno qualità - modalità di redazione.....	337
Art. 93	Tipologia dei documenti di attestazione .....	338
Art. 94	Gestione dei documenti di attestazione.....	338

Art. 95	Tempistica per l'aggiornamento dei Programmi Qualità e valutazione dei P.C.Q. ....	339
Art. 96	Controlli regolamentari sul conglomerato cementizio .....	340
Art. 97	Controlli sul calcestruzzo fresco .....	343
Art. 98	Controlli sul calcestruzzo in corso d'opera .....	344
Art. 99	Consolidamenti di edifici in cemento armato .....	350
Art. 100	Prove di carico sui pali di fondazione.....	353
Art. 101	Controlli d'integrità dei pali di fondazione .....	355
Art. 102	Controlli non distruttivi sulle strutture in acciaio .....	356
Art. 103	Controlli su manufatti in rete metallica e pietrame .....	359
Art. 104	Prove sugli infissi .....	360
Art. 105	Tubazioni: prove e verifiche varie .....	362
Art. 106	Condotte in ghisa .....	365
Art. 107	Condotte in PRFV .....	366
Art. 108	Condotte in PEa.d. ....	368
Art. 109	Condotte in PVC per fognature .....	369
Art. 110	Condotte in cemento armato .....	370
Art. 111	Condotte in acciaio .....	370
CAPITOLO 05	NORME DI MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI .....	375
Art. 112	Obblighi ed oneri compresi e compensati con i prezzi di appalto .....	375
Art. 113	Lavori incompleti.....	375
Art. 114	Valutazione dei lavori a corpo.....	375

## **CAPITOLO 01 QUALITA', PROVENIENZA E NORME DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI, DEI MANUFATTI E DELLE FORNITURE IN GENERE**

### **Art. 1 Materiali e prodotti per uso strutturale**

#### **1.1 Generalità**

Si definiscono materiali e prodotti per uso strutturale, quelli che consentono ad un'opera ove questi sono incorporati permanentemente di soddisfare in maniera prioritaria il requisito base delle opere n.1 "Resistenza meccanica e stabilità" di cui all'Allegato I del Regolamento UE 305/2011.

I materiali e i prodotti per uso strutturale, in applicazione alle Nuove norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 17 gennaio 2018, e all'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" emanate con D.M. del 17 gennaio 2018, devono essere:

- identificati univocamente a cura del fabbricante del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- qualificati sotto la responsabilità del fabbricante mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nel presente documento;
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

A) materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "Dichiarazione di Prestazione" e della Marcatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011;

B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma europea, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle norme tecniche per le costruzioni. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il fabbricante abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;

C) materiali e prodotti per uso strutturale non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base della pertinente "Valutazione Tecnica Europea" (ETA), oppure dovrà ottenere un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili; con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica".

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

Al fine di dimostrare l'identificazione, la qualificazione e la tracciabilità dei materiali e prodotti per uso strutturale, il fabbricante, o altro eventuale operatore economico (importatore, distributore o mandatario come definiti ai sensi dell'articolo 2 del Regolamento UE 305/2011), secondo le disposizioni e le competenze di cui al Capo III del Regolamento UE n.305/2011, è tenuto a fornire copia della sopra richiamata documentazione di identificazione e qualificazione (casi A, B o C), i cui estremi devono essere riportati anche sui documenti di trasporto, dal fabbricante fino al cantiere, comprese le eventuali fasi di commercializzazione intermedia, riferiti alla specifica fornitura.

Nel redigere la "Dichiarazione di Prestazione" e la documentazione di qualificazione, il fabbricante si assume la responsabilità della conformità del prodotto da costruzione alle prestazioni dichiarate. Inoltre, il fabbricante dichiara di assumersi la responsabilità della conformità del prodotto da costruzione alla "Dichiarazione di Prestazione" o alla documentazione di qualificazione ed a tutti i requisiti applicabili.

Per ogni materiale o prodotto identificato e qualificato mediante Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione di cui al Capo II del Regolamento UE 305/2011, nonché - qualora ritenuto necessario, ai fini della verifica di quanto sopra - copia del certificato di costanza della prestazione del prodotto o di conformità del controllo della produzione in fabbrica, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, rilasciato da idoneo organismo notificato ai sensi del Capo VII dello stesso Regolamento (UE) 305/2011. Per i prodotti non qualificati mediante la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità della documentazione di qualificazione (caso B) o del Certificato di Valutazione Tecnica (caso C). Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori, nell'ambito dell'accettazione dei materiali prima della loro installazione, verificare che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, nonché accertare l'idoneità all'uso specifico del prodotto mediante verifica delle prestazioni dichiarate per il prodotto stesso nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica applicabile per l'uso specifico e dai documenti progettuali.

La mancata rispondenza alle prescrizioni sopra riportate comporta il divieto di impiego del materiale o prodotto.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, come specificato di volta in volta nel seguito, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi del Capo VII del Regolamento UE 305/2011;
- b) laboratori di cui all'art. 59 del DPR 380/2001;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, previo nulla osta del Servizio Tecnico Centrale.

Qualora si applichino specifiche tecniche europee armonizzate, ai fini della marcatura CE, le attività di certificazione di prodotto o del controllo di produzione in fabbrica e di prova dovranno essere eseguite dai soggetti previsti dal relativo sistema di valutazione e verifica della costanza delle prestazioni, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, applicabile al prodotto.

I fabbricanti di materiali, prodotti devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo che ne abbia titolo.

Qualora il fabbricante non sia stabilito sul territorio dell'Unione Europea, questi dovrà nominare un mandatario stabilito sul territorio dell'Unione autorizzato ad agire per conto del Fabbricante in relazione ai compiti indicati nel mandato, nel rispetto dell'articolo 12 del Regolamento (UE) n. 305/2011.

## Art. 2 Calcestruzzo

### 2.1 Specifiche per il calcestruzzo

La resistenza caratteristica a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori. La resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su provini come sopra descritti, confezionati e stagionati come specificato in precedenza, eseguite a 28 giorni di maturazione. Potranno essere indicati altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza ed il corrispondente valore caratteristico. Inoltre, si dovrà tener conto degli effetti prodotti da eventuali processi accelerati di maturazione.

Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo ai fini del controllo (secondo le prestazioni), se possiede le medesime caratteristiche prestazionali (classe di resistenza e classe di esposizione).

## Art. 3 Componenti del calcestruzzo

### 3.1 Leganti per opere strutturali

Nelle opere strutturali devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità (rilasciato da un organismo europeo notificato) a una norma armonizzata della serie **UNI-EN 197-1** ovvero a uno specifico benessere tecnico europeo (ETA), perché idonei all'impiego previsto, nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla legge 26 maggio 1965, n. 595.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi richiamati all'art.1, lettera C della legge n. 595/1965, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

Per la realizzazione di dighe e altre simili opere massive dove è richiesto un basso calore di idratazione, devono essere utilizzati i cementi speciali con calore di idratazione molto basso conformi alla norma europea armonizzata **UNI EN 14216**, in possesso di un certificato di conformità rilasciato da un organismo di certificazione europeo notificato.

I leganti idraulici, qualora immessi sul mercato da un distributore attraverso un centro di distribuzione, devono essere all'origine dotati della marcatura CE sopra richiamata. Il centro di distribuzione, così come definito nella norma UNI EN 197-2, deve possedere un'autorizzazione all'uso di detta marcatura concessa al distributore da un organismo di certificazione notificato, in base alle procedure della norma UNI EN 197-2, a dimostrazione che la conformità del prodotto marcato CE è stata mantenuta durante le fasi di trasporto, ricevimento, deposito, imballaggio e spedizione, unitamente alla sua qualità ed identità.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive, si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e, fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o a eventuali altre specifiche azioni aggressive.

### 3.1.1 Fornitura

I sacchi per la fornitura dei cementi devono essere sigillati e in perfetto stato di conservazione. Se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, il cemento potrà essere rifiutato dalla direzione dei lavori e dovrà essere sostituito con altro idoneo. Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità del cemento potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi presso laboratori ufficiali. L'impresa deve disporre in cantiere di silos per lo stoccaggio del cemento, che ne consentano la conservazione in idonee condizioni termo igrometriche.

### 3.1.2 Marchio di conformità

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
  - numero dell'attestato di conformità;
  - descrizione del cemento;
  - estremi del decreto.

Ogni altra dicitura deve essere stata preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

**Tabella : Requisiti meccanici e fisici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Classe	Resistenza alla compressione (N/mm <sup>2</sup> )				Tempo inizio presa (min)	Espansione (mm)
	Resistenza iniziale		Resistenza normalizzata			
	2 giorni	7 giorni	28 giorni			
32,5	-	>16	>=32.5	<=52,5	>=60	<= 10
32,5 R	>10	-				
4,25	>10	-	>=42.5	<=62,5		
4,25R	>20	-				
52,5	>20	-	>=52.5	-	>=45	
52,5R	>30	-				

**Tabella : Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Proprietà	Prova secondo	Tipo di cemento	Classe di resistenza	Requisiti <sup>1</sup>
Perdita al fuoco	En 196-2	cem I- cem III	Tutte le classi	<= 5,0%
Residuo insolubile	En 196-2	cem I – cem III	Tutte le classi	<= 5,0%
Solfati come (SO <sub>3</sub> )	En 196-2	cem I cem II2 cem IV cem V	32,5 32,5R 42,5	<= 3,5%
			42,5R 52,5 52,5R	<= 4,0 %
			Tutte le classi	
Cloruri	En 196-21	Tutti i tipi <sup>4</sup>	Tutte le classi	<= 0,10%
Pozzolanicità	En 196-5	cem IV	Tutte le classi	Esito positivo della prova

<sup>1</sup> I requisiti sono espressi come percentuale in massa.

<sup>2</sup> Questa indicazione comprende i cementi tipo cem III/a e cem II/b, ivi compresi i cementi Portland composti contenenti solo un altro componente principale, per esempio II/a-s o II/B-V, salvo il tipo cem II/b-t, che può contenere fino al 4,5% di SO<sub>3</sub>, per tutte le classi di resistenza.

<sup>3</sup> Il cemento tipo cem III/c può contenere fino al 4,5% di SO<sub>3</sub>.

<sup>4</sup> Il tipo cem III può contenere più dello 0,100% di cloruri, ma, in tal caso, si dovrà dichiarare il contenuto effettivo in cloruri.

**Tabella : Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)**

Proprietà		Valori limite					
		Classe di resistenza					
		32,5	32,5R	42,5	42,5R	52,5	42,5R
Limite inferiore di resistenza (N/mm <sup>2</sup> )	2 giorni	-	8	8	18	18	28
	7 giorni	14	-	-	-	-	-
	28 giorni	30	30	40	40	50	50
Tempo di inizio presa – Limite inferiore (min)		45			40		
Stabilità (mm) – Limite superiore		11					
Contenuto di SO <sub>3</sub> (%) - Limite superiore	Tipo I Tipo III Tipo IV Tipo V	4,0			4,5		
	Tipo III/A Tipo III/B	4,5					
	Tipo III/C	5					
Contenuto di cloruri (%) – Limite superiore <sup>2</sup>		0,11					
Pozzolanicità		Positiva a 15 giorni					
<sup>1</sup> Il cemento tipo II/B può contenere fino al 5% di SO <sub>3</sub> per tutte le classi di resistenza.							
<sup>2</sup> Il cemento tipo III può contenere più dello 0,11% di cloruri, ma in tal caso deve essere dichiarato il contenuto reale di cloruri.							

### 3.1.1 Metodi di prova

Ai fini dell'accettazione dei cementi la direzione dei lavori potrà effettuare le seguenti prove:

**UNI EN 196-1** – Metodi di prova dei cementi. Parte 1. Determinazione delle resistenze meccaniche;

**UNI EN 196-2** – Metodi di prova dei cementi. Parte 2. Analisi chimica dei cementi;

**UNI EN 196-3** – Metodi di prova dei cementi. Parte 3. Determinazione del tempo di presa e della stabilità;

**UNI CEN/TR 196-4** – Metodi di prova dei cementi - Parte 4: Determinazione quantitativa dei costituenti;

**UNI EN 196-5** – Metodi di prova dei cementi. Parte 5. Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici;

**UNI EN 196-6** – Metodi di prova dei cementi. Parte 6. Determinazione della finezza;

**UNI EN 196-7** – Metodi di prova dei cementi. Parte 7. Metodi di prelievo e di campionatura del cemento;

**UNI EN 196-8** – Metodi di prova dei cementi. Parte 8. Calore d'idratazione. Metodo per soluzione;

**UNI EN 196-9** – Metodi di prova dei cementi. Parte 9. Calore d'idratazione. Metodo semi adiabatico;

**UNI EN 196-10** – Metodi di prova dei cementi. Parte 10. Determinazione del contenuto di cromo (VI) idrosolubile nel cemento;

**UNI EN 196-21** – Metodi di prova dei cementi. Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento;

**UNI EN 197-1** – Cemento. Parte 1. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;

**UNI EN 197-2** – Cemento. Parte 2. Valutazione della conformità;

**UNI EN 197-4** – Cemento. Parte 4. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi d'altoforno con bassa resistenza iniziale;

**UNI10397** – Cementi. Determinazione della calce solubilizzata nei cementi per dilavamento con acqua distillata;

**UNI EN 413-1** – Cemento da muratura. Parte 1. Composizione, specificazioni e criteri di conformità;

**UNI EN 413-2** – Cemento da muratura. Parte 2: Metodi di prova;

**UNI9606** – Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione.

### 3.2 Aggregati

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, oppure provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055.

Il sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione, di tali aggregati, ai sensi del Regolamento UE 305/2011, è indicato nella seguente Tabella:

Specifica Tecnica Europea armonizzata di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Valutazione e Verifica della Costanza della Prestazione
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1	Calcestruzzo strutturale	2 +

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella che segue a condizione che la miscela di calcestruzzo, confezionato con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata, nonché accettata in cantiere, attraverso le procedure di cui alle presenti norme.

Tabella: Limiti di impiego degli aggregati grossi provenienti da riciclo

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	Percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	= C 8/10	fino al 100%
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a. (frammenti di calcestruzzo $\geq$ 90%, UNI EN 933-11:2009)	$\leq$ C20/25	fino al 60%
	$\leq$ C30/37	$\leq$ 30%
	$\leq$ C45/55	$\leq$ 20%
Riutilizzo di calcestruzzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati - da qualsiasi classe	Classe minore del calcestruzzo di origine	fino al 15%
	Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 10%

Per quanto riguarda i controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla verifica delle caratteristiche tecniche riportate nella tabella che segue.

I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle Norme Europee Armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

Tabella: Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Caratteristiche tecniche	Metodo di prova
Descrizione petrografica semplificata	UNI EN 932-3
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)	UNI EN 933-1
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3
Dimensione per il filler	UNI EN 933-10
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)	UNI EN 933-4
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} = C50/60$ )	UNI EN 1097-2

### 3.2.1 Marcatura CE

Gli aggregati che devono riportare obbligatoriamente la marcatura ce sono riportati nella tabella che segue.

La produzione dei prodotti deve avvenire con un livello di conformità 2+, certificato da un organismo notificato.

Tabella: Aggregati che devono riportare la marcatura CE

<b>Impiego aggregato</b>	<b>Norme di riferimento</b>
Aggregati per calcestruzzo	UNI EN 12620
Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate	UNI EN 13043
Aggregati leggeri. Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta da iniezione/boiacca	UNI EN 13055-1
Aggregati grossi per opere idrauliche (armourstone).	Parte 1 UNI EN 13383-1
Aggregati per malte	UNI EN 13139
Aggregati per massicciate ferroviarie	UNI EN 13450

### 3.2.2 Sabbia

Ferme restando le considerazioni dei paragrafi precedenti, la sabbia per il confezionamento delle malte o del calcestruzzo deve essere priva di solfati e di sostanze organiche, terrose o argillose e avere dimensione massima dei grani di 2 mm, per murature in genere, e di 1 mm, per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita da grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose. Prima dell'impiego, se necessario, deve essere lavata con acqua dolce per eliminare eventuali materie nocive.

#### *Verifiche sulla qualità*

La direzione dei lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia e dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego.

Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultino da un certificato emesso in seguito a esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave, e i risultati di tali indagini siano ritenuti idonei dalla direzione dei lavori.

Il prelevamento dei campioni di sabbia deve avvenire normalmente dai cumuli sul luogo di impiego; diversamente, può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai silos. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale e, in particolare, la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi di prova possono riguardare l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

### 3.2.3 Norme per gli aggregati per la confezione di calcestruzzi

Riguardo all'accettazione degli aggregati impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 14.7, può fare riferimento anche alle seguenti norme:

**UNI 8520-1** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Definizione, classificazione e caratteristiche;*

**UNI 8520-2** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Requisiti;*

**UNI 8520-7** – *Aggregati per la confezione calcestruzzi. Determinazione del passante allo staccio 0,075 UNI2332;*

**UNI 8520-8** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili;*

**UNI 8520-13** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini;*

**UNI 8520-16** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro);*

**UNI 8520-17** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi;*

**UNI 8520-20** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi;*

**UNI 8520-21** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note;*

**UNI 8520-22** – *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;*

**UNI EN 1367-2** – *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Prova al solfato di magnesio;*

**UNI EN 1367-4** – *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Determinazione del ritiro per essiccamento;*

**UNI EN 12620** – *Aggregati per calcestruzzo;*

**UNI EN 1744-1** – *Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati. Analisi chimica;*

**UNI EN 13139** – *Aggregati per malta.*

#### 3.2.4 Norme di riferimento per gli aggregati leggeri

Riguardo all'accettazione degli aggregati leggeri impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 14.7, potrà far riferimento anche alle seguenti norme:

**UNI EN 13055-1** – *Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione;*

**UNI EN 13055-2** – *Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati;*

**UNI 11013** – *Aggregati leggeri. Argilla e scisto espanso. Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale.*

### 3.3 Aggiunte

È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450-1** e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalle norme **UNI EN 206** e **UNI 11104**.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

#### 3.3.1 Ceneri volanti

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone, dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, ecc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche, che devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450**.

Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non deve essere computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

Norme di riferimento

**UNI EN 450-1** – *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità;*

**UNI EN 450-2** – *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità;*

**UNI EN 451-1** – *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero;*

**UNI EN 451-2** – *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione della finezza mediante staccatura umida.*

#### 3.3.2 Microsilice

La silice attiva colloidale amorfa è costituita da particelle sferiche isolate di SiO<sub>2</sub>, con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron, e ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferrosilicio, in un forno elettrico ad arco.

La silice fume può essere fornita allo stato naturale, così come può essere ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche.

Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento.

Tale aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Se si utilizzano cementi di tipo I, potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto acqua/cemento una

quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silice fume.

Norme di riferimento

**UNI 8981-8** – *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice;*

**UNI EN 13263-1** – *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;*

**UNI EN 13263-2** – *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità.*

### 3.4 Additivi

L'impiego di additivi, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata.

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue: - fluidificanti; - aeranti; - ritardanti; - acceleranti; - fluidificanti-aeranti;- fluidificanti-ritardanti; - fluidificanti-acceleranti;- antigelo-superfluidificanti.

Gli additivi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea **UNI EN 934-2**.

L'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- non contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- non provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- non interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo. In caso contrario, si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo una valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego.

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

Per le modalità di controllo e di accettazione il direttore dei lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

#### 3.4.1 Additivi acceleranti

Gli additivi acceleranti, allo stato solido o liquido, hanno la funzione di addensare la miscela umida fresca e portare ad un rapido sviluppo delle resistenze meccaniche.

Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. In caso di prodotti che non contengono cloruri, tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto, lo si dovrà opportunamente diluire prima dell'uso.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

#### 3.4.2 Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della direzione dei lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche;
- singoli opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla

penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione devono essere eseguite di regola dopo la stagionatura di 28 giorni e la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

#### 3.4.3 Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento, che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto, prima dell'uso, dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi d'inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

#### 3.4.4 Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo. La direzione dei lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra lo 0,2 e lo 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- la determinazione della consistenza dell'impasto mediante l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla norma **UNI 8020**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la prova di essudamento prevista dalla norma **UNI 7122**.

#### 3.4.5 Additivi aeranti

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra lo 0,005 e lo 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- la determinazione del contenuto d'aria secondo la norma **UNI EN 12350-7**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- prova di resistenza al gelo secondo la norma **UNI 7087**;
- prova di essudamento secondo la norma **UNI 7122**.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

Norme di riferimento

La direzione dei lavori, per quanto non specificato, per valutare l'efficacia degli additivi potrà disporre l'esecuzione delle seguenti prove:

**UNI 7110** – Additivi per impasti cementizi. Determinazione della solubilità in acqua distillata e in acqua satura di calce;

**UNI 10765** – Additivi per impasti cementizi. Additivi multifunzionali per calcestruzzo. Definizioni, requisiti e criteri di conformità;

**UNI EN 480** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;

**UNI EN 480-5** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 5: Determinazione dell'assorbimento capillare;

**UNI EN 480-6** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 6: Analisi all'infrarosso;

**UNI EN 480-8** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Determinazione del tenore di sostanza secca convenzionale;

**UNI EN 480-10** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Determinazione del tenore di cloruri solubili in acqua;

**UNI EN 480-11** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 11: Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di aria nel calcestruzzo indurito;

**UNI EN 480-12** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 12: Determinazione del contenuto di alcali negli additivi;

**UNI EN 480-13** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 13: Malta da muratura di riferimento per le prove sugli additivi per malta;

**UNI EN 480-14** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 14: Determinazione dell'effetto sulla tendenza alla corrosione dell'acciaio di armatura mediante prova elettrochimica potenziostatica;

**UNI EN 934-1** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 1. Requisiti comuni;

**UNI EN 934-2** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

**UNI EN 934-3** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 3. Additivi per malte per opere murarie. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

**UNI EN 934-4** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 4. Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

**UNI EN 934-5** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 5. Additivi per calcestruzzo proiettato. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

**UNI EN 934-6** – Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 6. Campionamento, controllo e valutazione della conformità.

### 3.5 Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica sia indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra il 7 e il 10% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;

- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

Norme di riferimento

**UNI 8146** – Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Idoneità e relativi metodi di controllo;

**UNI 8147** – Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo;

**UNI 8148** – Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo;

**UNI 8149** – Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione della massa volumica.

### 3.6 Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo

Gli eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norme comprese tra **UNI 8656** e **UNI 8660**. L'appaltatore deve preventivamente sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione. Il direttore dei lavori deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (per esempio, con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

Norme di riferimento

**UNI 8656** – *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti;*

**UNI 8657** – *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d'acqua;*

**UNI 8658** – *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento;*

**UNI 8659** – *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco;*

**UNI 8660** – *Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.*

### 3.7 Prodotti disarmanti

Come disarmanti per le strutture in cemento armato, è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

Dovranno, invece, essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norma **UNI 8866** (parti 1 e 2), per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito, specie se a faccia vista.

### 3.8 Acqua di impasto

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali in percentuali dannose (particolarmente solfati e cloruri), priva di materie terrose e non aggressiva.

L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o di uso, potrà essere trattata con speciali additivi, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto.

È vietato l'impiego di acqua di mare.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma **UNI EN 1008**, come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 17 gennaio 2018.

A discrezione della direzione dei lavori, l'acqua potrà essere trattata con speciali additivi, in base al tipo di intervento o di uso, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti d'impasto.

**Tabella 14.8. Acqua di impasto**

Caratteristica	Prova	Limiti di accettabilità
Ph	Analisi chimica	Da 5,5 a 8,5
Contenuto solfati	Analisi chimica	SO <sub>4</sub> minore 800 mg/l
Contenuto cloruri	Analisi chimica	Cl minore 300 mg/l
Contenuto acido solfidrico	Analisi chimica	minore 50 mg/l
Contenuto totale di sali minerali	Analisi chimica	minore 3000 mg/l
Contenuto di sostanze organiche	Analisi chimica	minore 100 mg/l
Contenuto di sostanze solide sospese	Analisi chimica	minore 2000 mg/l

### 3.9 Classi di resistenza del conglomerato cementizio

#### 3.9.1 Classi di resistenza

Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale, si può fare utile riferimento a quanto indicato nella norma **UNI EN 206-1** e nella norma **UNI 11104**.

Sulla base della denominazione normalizzata, vengono definite le classi di resistenza riportate in tabella:

Tabella: Classi di resistenza

<b>Classi di resistenza</b>
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C28/35
C32/40
C35/45
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano impiego secondo quanto riportato nella tabella che segue, fatti salvi i limiti derivanti dal rispetto della durabilità.

Per le classi di resistenza superiori a C45/55, la resistenza caratteristica e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e durabilità del conglomerato devono essere accertate prima dell'inizio dei lavori tramite un'apposita sperimentazione preventiva e la produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

Tabella: Impiego delle diverse classi di resistenza

<b>Strutture di destinazione</b>	<b>Classe di resistenza minima</b>
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11 N.T.)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

### 3.9.2 Costruzioni di altri materiali

I materiali non tradizionali o non trattati nelle Norme tecniche per le costruzioni potranno essere utilizzati per la realizzazione di elementi strutturali o opere, previa autorizzazione del servizio tecnico centrale su parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, autorizzazione che riguarderà l'utilizzo del materiale nelle specifiche tipologie strutturali proposte sulla base di procedure definite dal servizio tecnico centrale.

Si intende qui riferirsi a materiali quali calcestruzzi di classe di resistenza superiore a C70/85, calcestruzzi fibrorinforzati, acciai da costruzione non previsti nel paragrafo 4.2 delle Norme tecniche per le costruzioni, leghe di alluminio, leghe di rame, travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante, materiali polimerici fibrorinforzati, pannelli con poliuretano o polistirolo collaborante, materiali murari non tradizionali, vetro strutturale, materiali diversi dall'acciaio con funzione di armatura da cemento armato.

## Art. 4 Acciaio per cemento armato

### 4.1 Le forme di controllo obbligatorie

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni per tutti gli acciai prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;

- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

- lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 t;
- forniture: sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee;
- lotti di spedizione: sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

#### 4.2 La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve essere costantemente riconoscibile, per quanto concerne le caratteristiche qualitative, e rintracciabile, per quanto concerne lo stabilimento di produzione.

Il marchio indelebile deve essere depositato presso il servizio tecnico centrale e deve consentire, in maniera inequivocabile, di risalire:

- all'azienda produttrice;
- allo stabilimento;
- al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

Per *stabilimento* si intende un'unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali, per esempio, l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane, comunque, l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda le barre e i rotoli.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che, prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.), il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio, nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che gli elementi determinanti della marcatura sono la sua inalterabilità nel tempo e l'impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al servizio tecnico centrale, e deve comunicare tempestivamente le eventuali modifiche apportate.

Il prodotto di acciaio non può essere impiegato in caso di:

- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;
- illeggibilità, anche parziale, della marcatura.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal servizio tecnico centrale.

Nella tabella che segue si riportano i numeri di identificazione del paese di origine del produttore dell'acciaio previsti dalla norma **UNI EN 10080**, caratterizzanti nervature consecutive. Nel caso specifico dell'Italia si hanno quattro nervature consecutive.

Tabella: Numeri di identificazione del paese di origine del produttore dell'acciaio previsti dalla norma UNI EN 10080

<b>Paese produttore</b>	<b>Numero di nervature trasversali normali tra l'inizio della marcatura e la nervatura rinforzata successiva</b>
Austria, Germania	1
Belgio, Lussemburgo, Paesi Bassi, Svizzera	2
Francia	3
Italia	4

Irlanda, Islanda, Regno Unito	5
Danimarca, Finlandia, Norvegia, Svezia	6
Portogallo, Spagna	7
Grecia	8
Altri	9

#### Identificazione del produttore

Il criterio di identificazione dell'acciaio prevede che su un lato della barra/rotolo vengano riportati dei simboli che identificano l'inizio di lettura del marchio (start: due nervature ingrossate consecutive), l'identificazione del paese produttore e dello stabilimento.

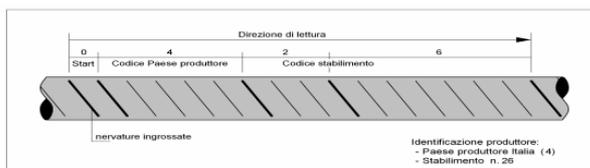


Figura: Identificazione del produttore

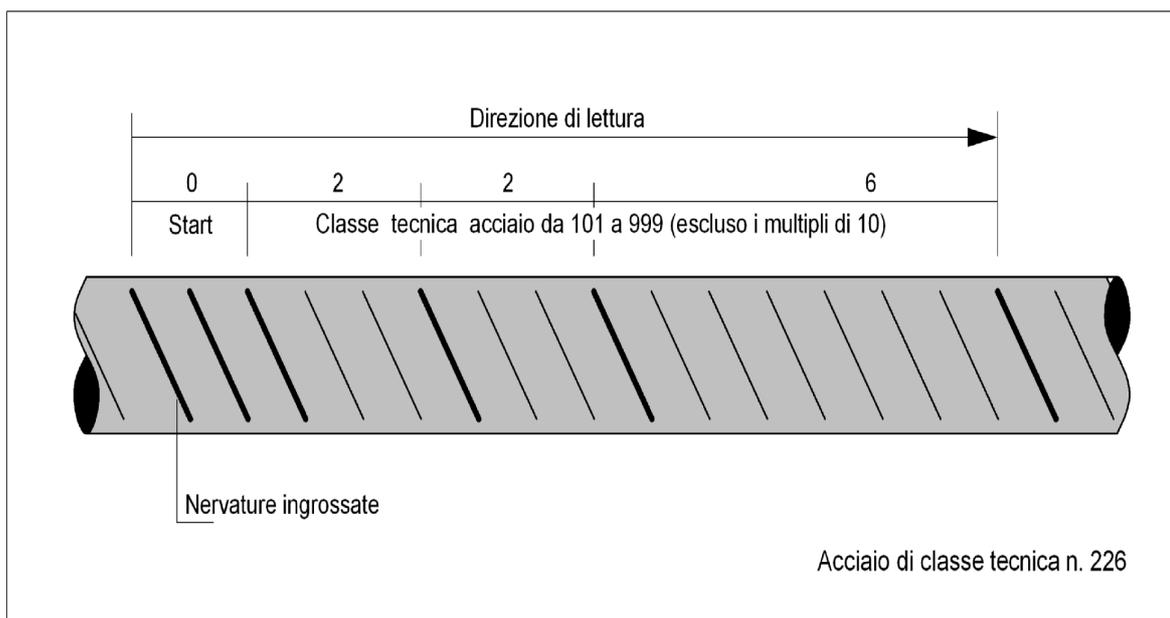
#### Identificazione del produttore

Identificazione della classe tecnica

Sull'altro lato della barra/rotolo, l'identificazione prevede dei simboli che identificano l'inizio della lettura (start: tre nervature ingrossate consecutive) e un numero che identifica la classe tecnica dell'acciaio che deve essere depositata presso il registro europeo dei marchi, da 101 a 999 escludendo i multipli di 10.

La figura che segue è riportato, ad esempio, un acciaio di classe tecnica n. 226.

Figura: Identificazione della classe tecnica



In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio ufficiale non possono assumere valenza ai sensi delle Norme tecniche per le costruzioni e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

#### 4.2.1 Il caso dell'unità marcata scorporata. Le ulteriori indicazioni del DL per le prove di laboratorio

Può accadere che durante il processo costruttivo, presso gli utilizzatori, presso i commercianti o presso i trasformatori intermedi, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marcatura del prodotto. In questo caso, tanto gli utilizzatori quanto i commercianti e i trasformatori intermedi, oltre a dover predisporre idonee zone di stoccaggio, hanno la responsabilità di documentare la provenienza del prodotto mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il servizio tecnico centrale.

In tal caso, i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla so-

praindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal direttore dei lavori.

#### 4.2.2 Conservazione della documentazione d'accompagnamento

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno dieci anni e devono mantenere evidenti le marcature o le etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

#### 4.2.3 Indicazione del marchio identificativo nei certificati delle prove meccaniche

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento sia in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove.

Nel caso i campioni fossero sprovvisti del marchio identificativo, ovvero il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il servizio tecnico centrale, il laboratorio dovrà tempestivamente informare di ciò il servizio tecnico centrale e il direttore dei lavori.

Le certificazioni così emesse non possono assumere valenza ai fini della vigente normativa, il materiale non può essere utilizzato e il direttore dei lavori deve prevedere, a cura e spese dell'impresa, l'allontanamento dal cantiere del materiale non conforme.

#### 4.2.4 Forniture e documentazione di accompagnamento: l'attestato di qualificazione

Le Nuove norme tecniche stabiliscono che tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale (paragrafo 11.3.1.5).

L'attestato di qualificazione può essere utilizzato senza limitazione di tempo, inoltre deve riportare il riferimento al documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

Il direttore dei lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### 4.2.5 Centri di trasformazione

Le Nuove norme tecniche (paragrafo 11.3.1.7) definiscono *centro di trasformazione*, nell'ambito degli acciai per cemento armato, un impianto esterno al produttore e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, per esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.

Il centro di trasformazione deve possedere tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

##### *Rintracciabilità dei prodotti*

Il centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

##### *Documentazione di accompagnamento e verifiche del direttore dei lavori*

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso. In particolare, ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

- da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal servizio tecnico centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il direttore dei lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore statico, che deve riportare nel certificato di collaudo statico gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

#### 4.3 I tipi d'acciaio per cemento armato

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni ammettono esclusivamente l'impiego di acciai saldabili e nervati idoneamente qualificati secondo le procedure previste dalle stesse norme e controllati con le modalità previste per gli acciai

per cemento armato precompresso e per gli acciai per carpenterie metalliche.

#### 4.3.1 L'acciaio per cemento armato B450C

L'acciaio per cemento armato B450C (laminato a caldo) è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

-  $f_{yk}$  nom:  $450 \text{ N/mm}^2$ ;

-  $f_{tk}$  nom:  $540 \text{ N/mm}^2$ .

e deve rispettare i requisiti indicati nella tabella che segue:

Tabella : Acciaio per cemento armato laminato a caldo B450C

Caratteristiche		Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$		$f_{yk} \geq f_{ynom}$	5,0
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$		$f_{tk} \geq f_{tnom}$	5,0
		$1,15 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1,35$	10,0
		$(f_y/f_y \text{ nom})_k \leq 1,25$	10,0
Allungamento		$(A_{gt})_k \geq 7,5\%$	10,0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche	$\emptyset < 12 \text{ mm}$	4 $\emptyset$	-
	$12 \leq \emptyset \leq 16 \text{ mm}$	5 $\emptyset$	-
	per $16 < \emptyset \leq 25 \text{ mm}$	8 $\emptyset$	-
	per $25 < \emptyset \leq 40 \text{ mm}$	10 $\emptyset$	-

#### 4.3.2 L'acciaio per cemento armato B450A

L'acciaio per cemento armato b450a (trafilato a freddo), caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio b450c, deve rispettare i requisiti indicati nella tabella che segue:

Tabella : Acciaio per cemento armato trafileto a freddo B450A

Caratteristiche		Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento		$f_{yk} \geq f_{ynom}$	5,0
Tensione caratteristica di rottura		$f_{tk} \geq f_{tnom}$	5,0
		$(f_t/f_y)_k \geq 1,05$	10,0
		$(f_y/f_y \text{ nom})_k \leq 1,25$	10,0
Allungamento		$(A_{gt})_k \geq 2,5\%$	10,0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a $90^\circ$ e successivo raddrizzamento senza cricche: $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$		4 $\square \square$	

#### 4.3.3 L'accertamento delle proprietà meccaniche

L'accertamento delle proprietà meccaniche degli acciai deve essere condotto secondo le seguenti norme (paragrafo 11.3.2.3 Nuove norme tecniche):

**UNI EN ISO 15630-1** – Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato;

**UNI EN ISO 15630-2** – Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova. Parte 2: Reti saldate.

Per gli acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche devono essere determinate su provette mantenute per 60 minuti a  $100 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$  e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si deve sostituire  $f_y$ , con  $f(0,2)$ .

La prova di piegamento

La prova di piegamento e di raddrizzamento deve essere eseguita alla temperatura di  $20 + 5$  °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 30 minuti a  $100 \pm 10$  °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

La prova di trazione

La prova a trazione per le barre è prevista dalla norma **UNI EN ISO 15630-1**. I campioni devono essere prelevati in contraddittorio con l'appaltatore al momento della fornitura in cantiere. Gli eventuali trattamenti di invecchiamento dei provini devono essere espressamente indicati nel rapporto di prova.

La lunghezza dei campioni delle barre per poter effettuare sia la prova di trazione sia la prova di piegamento deve essere di almeno 100 cm (consigliato 150 cm).

Riguardo alla determinazione di  $A_{gt}$ , allungamento percentuale totale alla forza massima di trazione  $F_m$ , bisogna considerare che:

4.3.4 - se  $A_{gt}$  è misurato usando un estensimetro,  $A_{gt}$  deve essere registrato prima che il carico diminuisca più di 0,5% dal relativo valore massimo;

- se  $A_{gt}$  è determinato con il metodo manuale,  $A_{gt}$  deve essere calcolato con la seguente formula:

$$A_{gt} = A_g + R_m/2000$$

dove

$A_g$  è l'allungamento percentuale non-proporzionale al carico massimo  $F_m$

$R_m$  è la resistenza a trazione ( $\text{N/mm}^2$ ).

La misura di  $A_g$  deve essere fatta su una lunghezza della parte calibrata di 100 mm a una distanza  $r_2$  di almeno 50 mm o  $2d$  (il più grande dei due) lontano dalla frattura. Questa misura può essere considerata come non valida se la distanza  $r_1$  fra le ganasce e la lunghezza della parte calibrata è inferiore a 20 mm o  $d$  (il più grande dei due).

La norma **UNI EN 15630-1** stabilisce che in caso di contestazioni deve applicarsi il metodo manuale.

#### 4.4 Le caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni (paragrafo 11.3.2.4 Nuove norme tecniche).

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

La marcatura dei prodotti deve consentirne l'identificazione e la rintracciabilità.

La documentazione di accompagnamento delle forniture deve rispettare le prescrizioni stabilite dalle Norme tecniche, in particolare è necessaria per quei prodotti per i quali non sussiste l'obbligo della marcatura ce.

Le barre sono caratterizzate dal diametro  $\square\square\square$  della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a  $7,85 \text{ kg/dm}^3$ .

I diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A, in barre e in rotoli, sono riportati nelle tabelle che seguono :

Tabella : Diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A in barre

Acciaio in barre	Diametro $\varnothing$ (mm)
B450C	$6 \leq \varnothing \leq 40$
B450A	$5 \leq \varnothing \leq 10$

Tabella : Diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A in rotoli

Acciaio in rotoli	Diametro $\varnothing$ (mm)
b450c	$6 \leq \varnothing \leq 16$
b450a	$5 \leq \varnothing \leq 10$

#### 4.4.1 La sagomatura e l'impiego

Le Nuove norme tecniche stabiliscono che la sagomatura e/o l'assemblaggio dei prodotti possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della direzione dei lavori;
- in centri di trasformazione, solo se dotati dei requisiti previsti.

Nel primo caso, per *cantiere* si intende esplicitamente l'area recintata del cantiere, all'interno della quale il costruttore e la direzione dei lavori sono responsabili dell'approvvigionamento e lavorazione dei materiali, secondo le competenze e responsabilità che la legge da sempre attribuisce a ciascuno.

Al di fuori dell'area di cantiere, tutte le lavorazioni di sagomatura e/o assemblaggio devono avvenire esclusivamente in centri di trasformazione provvisti dei requisiti delle indicati dalle Nuove norme tecniche.

#### 4.4.2 Le reti e i tralicci elettrosaldati

Gli acciai delle reti e dei tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare i 330 mm.

I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre e assemblati mediante saldature.

Per le reti e i tralicci in acciaio (b450c o b450a), gli elementi base devono avere diametro  $\square\square$  come riportato nella tabella che segue:

Tabella : Diametro  $f$  degli elementi base per le reti e i tralicci in acciaio B450C e B450A

Acciaio tipo	Diametro $\varnothing$ degli elementi base
b450c	$6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$
b450a	$5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$

Il rapporto tra i diametri delle barre componenti le reti e i tralicci deve essere:  $\varnothing_{min} / \varnothing_{max} = 0,6$ .

I nodi delle reti devono resistere a una forza di distacco determinata in accordo con la norma **UNI EN ISO 15630-2** pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a  $450 \text{ N/mm}^2$ . Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo deve essere controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione di seguito riportate.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci, è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio b450a oppure b450c saldabili.

La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti da acciai provvisti di specifica qualificazione o da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.

In ogni caso, il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio.

La marchiatura di identificazione

Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marchiatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso, la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo l'annegamento nel calcestruzzo della rete o del traliccio elettrosaldato.

Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura, con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore. In questo caso, il direttore dei lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere, deve verificare la presenza della predetta etichettatura.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

#### 4.5 La saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella tabella 15.8, dove il calcolo del carbonio equivalente  $C_{eq}$  è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + (Mn/6) + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

**Tabella 15.8. Massimo contenuto di elementi chimici in percentuale (%)**

Elemento	Simbolo	Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,014	0,012
Carbonio equivalente	C <sub>eq</sub>	0,52	0,50

È possibile eccedere il valore massimo di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del C<sub>eq</sub> venga ridotto dello 0,02% in massa.

Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

#### 4.6 Le tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale dei diametri degli elementi d'acciaio deve rispettare le tolleranze riportate nella tabella che segue:

Tabella : Deviazione ammissibile per la massa nominale

Diametro nominale (mm)	Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego
$5 \leq \varnothing \leq 8$	$\pm 6$
$8 < \varnothing \leq 40$	$\pm 4,5$

#### 4.7 Acciai inossidabili

È ammesso l'impiego di acciai inossidabili di natura austenitica o austeno-ferritica, purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai di cui ai precedenti paragrafi, con l'avvertenza di sostituire al termine ft della Tab. : *Acciaio per cemento armato laminato a caldo B450C*, solo nel calcolo del rapporto ft / fy, il termine f7%, tensione corrispondente ad un allungamento totale pari al 7%. La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ed effettuate su campioni realizzati con gli specifici procedimenti di saldatura previsti dal fabbricante per l'utilizzo in cantiere o nei Centri ditrasformazione. Per essi la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione degli acciai per calcestruzzo armato.

#### 4.8 Acciai zincati

È ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai B450C e B450A. Il materiale base da sottoporre a zincatura deve essere qualificato all'origine.

I controlli di accettazione in cantiere e la relativa verifica di quanto sopra indicato, devono essere effettuati sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura, presso un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001. In ogni caso occorre verificare le caratteristiche di aderenza del prodotto finito secondo le procedure indicate per i Centri di trasformazione di prodotti per costruzioni di calcestruzzo armato. Per le modalità di controllo del rivestimento di zinco (qualità superficiale, adesione del rivestimento, massa di rivestimento per unità di superficie) e quale utile guida per la scelta dei quantitativi minimi di zinco, si può fare riferimento alle norme UNI EN 10622 ed UNI EN ISO 1461.

#### 4.9 Giunzioni meccaniche

L'assemblaggio o unione di due barre d'armatura può essere effettuato mediante dispositivi, o giunzioni meccaniche, che ne garantiscano la continuità. Tali giunzioni meccaniche devono essere marchiate, tracciabili e messe in opera in accordo alle apposite istruzioni di installazione e, qualora non marchate CE, devono soddisfare i requisiti contenuti nella norma UNI11240-1:2018. Le prove sulle giunzioni meccaniche devono essere eseguite in accordo alla norma UNI11240-2:2018. Le prove di accettazione in cantiere devono essere effettuate in conformità alla norma UNI11240-2:2018.

#### 4.10 Procedure di controllo per Acciai da Calcestruzzo armato normale – Barre e rotoli

##### 4.10.1 I controlli sistematici

Le prove di qualificazione e di verifica periodica, di cui ai successivi punti, devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti, anche se provenienti dallo stesso stabilimento.

I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marchiatura differenziata.

#### 4.10.2 Le prove di qualificazione

Il laboratorio ufficiale prove incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 75 saggi, ricavati da tre diverse colate o lotti di produzione, 25 per ogni colata o lotto di produzione, scelti su tre diversi diametri opportunamente differenziati, nell'ambito della gamma prodotta.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

Sui campioni devono essere determinati, a cura del laboratorio ufficiale incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura  $f_y$  e  $f_t$ , l'allungamento  $A_{gt}$  ed effettuate le prove di piegamento.

#### 4.10.3 Le prove periodiche di verifica della qualità

Ai fini della verifica della qualità, il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari, ad intervalli non superiori a tre mesi, prelevando tre serie di cinque campioni, costituite ognuna da cinque barre di uno stesso diametro, scelte con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, e provenienti da una stessa colata.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Su tali serie il laboratorio ufficiale deve effettuare le prove di resistenza e di duttilità. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e di rottura vengono introdotti nelle precedenti espressioni, le quali vengono sempre riferite a cinque serie di cinque saggi, facenti parte dello stesso gruppo di diametri, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche, sostitutive delle precedenti (ponendo  $n = 25$ ).

Se i valori caratteristici riscontrati risultano inferiori ai minimi per gli acciai b450c e b450a, il laboratorio incaricato deve darne comunicazione al servizio tecnico centrale e ripetere le prove di qualificazione solo dopo che il produttore ha eliminato le cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di verifica della qualità non soddisfi i requisiti di duttilità per gli acciai b450c e b450a, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi deve essere ripetuto. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della qualificazione.

Le tolleranze dimensionali devono essere riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.

Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'area relativa di nervatura o di dentellatura.

Tabella :Verifica di qualità per ciascuno dei gruppi di diametri

Intervallo di prelievo	Prelievo	Provenienza
≤ 1 mese	3 serie di 5 campioni 1 serie = 5 barre di uno stesso diametro	Stessa colata

Tabella : Verifica di qualità non per gruppi di diametri

Intervallo di prelievo	Prelievo	Provenienza
≤ 1 mese	15 saggi prelevati da 3 diverse colate: - 5 saggi per colata o lotto di produzione indipendentemente dal diametro	Stessa colata o lotto di produzione

#### 4.10.4 La verifica delle tolleranze dimensionali per colata o lotto di produzione

Ai fini del controllo di qualità, le tolleranze dimensionali di cui alla tabella : *Deviazione ammissibile per la massa nominale* devono essere riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.

Qualora la tolleranza sulla sezione superi il  $\pm 2\%$ , il rapporto di prova di verifica deve riportare i diametri medi effettivi.

#### 4.10.5 La facoltatività dei controlli su singole colate o lotti di produzione

I produttori già qualificati possono richiedere, di loro iniziativa, di sottoporsi a controlli su singole colate o lotti di produzione, eseguiti a cura di un laboratorio ufficiale prove. Le colate o lotti di produzione sottoposti a controllo devono essere cronologicamente ordinati nel quadro della produzione globale.

I controlli consistono nel prelievo, per ogni colata e lotto di produzione e per ciascun gruppo di diametri da essi ricavato, di un numero  $n$  di saggi, non inferiore a dieci, sui quali si effettuano le prove di verifica di qualità per gli acciai in barre, reti e tralicci elettrosaldati.

Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura devono essere calcolate con le espressioni per i controlli sistematici in stabilimento per gli acciai in barre e rotoli, nelle quali  $n$  è il numero dei saggi prelevati dalla colata.

#### 4.10.6 I controlli nei centri di trasformazione

I controlli nei Centri di trasformazione, da effettuarsi, prima dell'invio in cantiere, a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001 sul prodotto lavorato, sono obbligatori e devono essere eseguiti:

- in caso di utilizzo di barre, su ciascuna fornitura o comunque ogni 90 t;

- in caso di utilizzo di rotoli, un controllo ogni 30 t per ogni tipologia di macchina e per ogni diametro lavorato della stessa classe di acciaio proveniente dallo stesso stabilimento, anche se con forniture successive, su cui si effettuano prove di trazione e piegamento ed una verifica dell'area relativa di nervatura o di dentellatura. Il campionamento deve garantire che, nell'arco temporale di 3 mesi, vengano controllati tutti i fornitori e tutti i diametri per ogni tipologia di acciaio utilizzato e tutte le macchine raddrizzatrici presenti nel Centro di trasformazione.

Ogni controllo è costituito da 1 prelievo, ciascuno costituito da 3 campioni di uno stesso diametro sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento nonché la stessa classe di acciaio.

Qualora non si raggiungano le quantità sopra riportate, in ogni caso deve essere effettuato almeno un controllo per ogni giorno di lavorazione.

Ciascun controllo deve essere costituito da tre spezzoni di uno stesso diametro per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi alle eventuali forniture provenienti da altri stabilimenti.

I controlli devono consistere in prove di trazione e piegamento e devono essere eseguiti dopo il raddrizzamento.

In caso di utilizzo di rotoli deve altresì essere effettuata, con frequenza almeno mensile, la verifica dell'area relativa di nervatura o di dentellatura, secondo il metodo geometrico di cui alla norma **UNI EN ISO 15630-1**.

Tutte le prove suddette devono essere eseguite dopo le lavorazioni e le piegature atte a dare a esse le forme volute per il particolare tipo di impiego previsto.

Le prove di cui sopra devono essere eseguite e certificate dai laboratori ufficiali prove.

Il direttore tecnico di stabilimento curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

#### 4.10.7 I controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati dal direttore dei lavori entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, in ragione di tre spezzoni marchiati e di uno stesso diametro scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

I valori di resistenza e allungamento di ciascun campione da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti a uno stesso diametro devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella che segue (*Valori di accettazione nei centri di trasformazione – barre e rotoli dopo la raddrizzatura*). Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova.

Nel caso di campionamento e di prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso, occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore di accettazione, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante, che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio ufficiale.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui dieci ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo, secondo quanto sopra riportato. In caso contrario, il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al servizio tecnico centrale.

Tabella : Valori di accettazione nei centri di trasformazione – bare e rotoli dopo la raddrizzatura

Caratteristica	Valore limite	Note
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C (450 – 25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	per acciai B450A e B450C [450 · (1,25 + 0,02)] N/mm <sup>2</sup>
$A_{gt}$ minimo	≥ 6,0%	Per acciai B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 2,0%	Per acciai B450A
Rottura/snervamento ( $f_t/f_y$ )	1,13 ≤ $f_t/f_y$ ≤ 1,37	Per acciai B450C
Rottura/snervamento ( $f_t/f_y$ )	$f_t/f_y$ ≥ 1,03	Per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Assenza di cricche	per acciai B450A e B450C
fr/fp	per 5mm ≤ Ø ≤ 6mm ≥ 0.035 per 6mm ≤ Ø ≤ 12mm ≥ 0.040 per Ø ≥ 12mm ≥ 0.056	per acciai B450A e B450C provenienti da rotolo

#### 4.10.8 Il prelievo dei campioni e la domanda al laboratorio prove

Il prelievo dei campioni di barre d'armatura deve essere effettuato a cura del direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale prove incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un centro di trasformazione, il direttore dei lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i necessari controlli. In tal caso, il prelievo dei campioni deve essere effettuato dal direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del direttore dei lavori. Quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al laboratorio ufficiale autorizzato deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle norme tecniche e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

### Art. 5 Acciaio per cemento armato precompresso

#### 5.1 Generalità

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure previste dalle Norme tecniche per le costruzioni.

#### 5.2 Le caratteristiche dimensionali

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito secondo le forme indicate qui di seguito:

- filo: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;
- barra: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;
- treccia: due o tre fili trafilati avvolti a elica intorno al loro comune asse longitudinale. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;
- trefolo: 6 fili trafilati avvolti a elica intorno a un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

Per quanto non specificato nel presente paragrafo riguardo fili, trecce e trefoli si deve fare riferimento alle norme UNI7675:2016 ed UNI7676:2016.

I fili possono essere tondi o di altre forme e vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipeseante. Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pretese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, o con risalti e vengono individuate mediante il diametro nominale.

I prodotti devono essere dotati di marcatura generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature.

Le forniture devono essere accompagnate dalla prescritta documentazione.

Gli acciai per armature da precompressione possono essere forniti in: rotoli (fili, trecce, trefoli); bobine (trefoli);- fasci (barre).

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm. Il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte, deve essere esente da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; per i trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura, purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfalsate.

All'atto della posa in opera, gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

### 5.3 *I controlli*

Le Nuove norme tecniche per l'acciaio per cemento armato precompresso prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- controlli in stabilimento;
- controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi;
- accettazione in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione (massimo 120 t).

I controlli eseguiti negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi si riferiscono a forniture (massimo 90 t).

L'accettazione eseguita in cantiere si riferisce a lotti di spedizione (massimo 30 t).

A tale riguardo si definiscono:- lotti di produzione;- forniture;- lotti di spedizione.

I lotti di produzione si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrasegni al prodotto finito (numero di rotolo finito, della bobina di trefolo e del fascio di barre). Un lotto di produzione deve avere grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

Le forniture sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

I lotti di spedizione, infine, sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

I controlli in cantiere possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da uno stabilimento di prefabbricazione o da un luogo di formazione dei cavi nel quale sono stati effettuati i controlli di cui al punto precedente.

In quest'ultimo caso, la fornitura del materiale deve essere accompagnata da idonea documentazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra con l'indicazione del cantiere di destinazione.

Resta comunque nella discrezionalità del direttore dei lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni.

### 5.4 *Le prescrizioni comuni. Le modalità di prelievo*

I saggi sugli acciai da cemento armato precompresso destinati ai controlli:

- non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o del rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio incaricato delle prove e in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

### 5.5 *I controlli nei centri di trasformazione*

I controlli nei centri di trasformazione sono obbligatori e devono essere effettuati a cura del direttore tecnico dello stabilimento. I controlli devono essere eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.

Effettuato un prelievo di tre saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, e

appartenenti a una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio ufficiale, i corrispondenti valori minimi di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_p(1)$ ,  $f_p(0,1)$ .

I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore. Nel caso in cui anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche, come di seguito indicato.

Il campione da sottoporre a prove supplementari è costituito da almeno dieci saggi prelevati da altrettanti rotoli, bobine o fasci. Se il numero dei rotoli, bobine o fasci costituenti il lotto è inferiore a dieci, da alcUNIrotoli o bobine verranno prelevati due saggi, uno da ciascuna estremità. Per le barre vengono prelevati due saggi da due barre diverse dello stesso fascio.

Ogni saggio deve recare contrassegni atti a individuare il lotto e il rotolo, la bobina o il fascio di provenienza.

Effettuato il prelievo supplementare, si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio ufficiale, i corrispondenti valori medi  $g_{mn}$  e le deviazioni standard  $s_n$  di  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_p(1)$ ,  $f_p(0,1)$ .

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se:

- per le tensioni di rottura  $f_{pt}$ :

$$g_{mn} = 1,03 f_{ptk}$$

$$s_n = 0,05 f_{ptk}$$

- per le grandezze  $f_{pt}$ ,  $f_p(1)$ ,  $f_p(0,1)$ :

$$g_{mn} = 1,04 (f_{pyk} \cdot f_p(1)k \cdot f_p(0,1)k)$$

$$s_n = 0,07 (f_{pyk} \cdot f_p(1)k \cdot f_p(0,1)k)$$

- i valori del modulo di elasticità longitudinale  $E_p$  sono conformi al valore garantito dal produttore, con una tolleranza del  $\pm 5\%$ .

Se tali disuguaglianze non sono verificate, o se non sono rispettate le prescrizioni riguardanti le proprietà e le tolleranze, si ripeteranno le prove su altri dieci saggi, previo avviso al produttore.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

In tal caso, il direttore tecnico del centro di trasformazione deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato del controllo sia al servizio tecnico centrale.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore tecnico del centro di trasformazione che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Per le caratteristiche dei certificati emessi dai laboratori, è fatta eccezione per il marchio di qualificazione, normalmente non presente sugli acciai da cemento armato precompresso, per il quale si potrà fare riferimento ad eventuali cartellini identificativi ovvero ai dati dichiarati del richiedente.

Il direttore tecnico del centro di trasformazione deve curare la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

Tutte le forniture provenienti da un centro di trasformazione devono essere accompagnate dalla documentazione prevista.

## 5.6 I controlli di accettazione in cantiere e gli obblighi del direttore dei lavori

I controlli in cantiere, demandati al direttore dei lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al precedente paragrafo, con l'avvertenza che il prelievo preliminare dei saggi deve essere effettuato per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura di cavi preformati provenga da un centro di trasformazione, il direttore dei lavori, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso di tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche, che il suddetto centro di trasformazione è tenuto a trasmettergli, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli previsti. In tal caso, il prelievo dei campioni deve essere effettuato dal direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del direttore dei lavori. Quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al precedente paragrafo.

## Art. 6 Acciaio per strutture metalliche

### 6.1 Generalità

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte, si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie **UNI EN 10025-1** (per i laminati), **UNI EN 10210-1** (per i tubi senza saldatura) e **UNI EN 10219-1** (per i tubi saldati), recanti la marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+ e per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato sulla guue. Al termine del periodo di coesistenza, il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE, prevista dalla direttiva 89/106/cee sui prodotti da costruzione (cpd), recepita in Italia dal D.P.R. n. 246/1993, così come modificato dal D.P.R. n. 499/1997.

Per gli acciai di cui alle norme armonizzate **UNI EN 10025-1**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1**, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità e in favore di sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  – da utilizzare nei calcoli – si assumono i valori nominali  $f_y = R_{eH}$  e  $f_t = R_m$ , riportati nelle relative norme di prodotto.

Per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, può configurarsi il caso di prodotti per i quali non sia applicabile la marcatura ce e non sia disponibile una norma armonizzata, ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, e per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Norme tecniche per le costruzioni. È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la marcatura ce. Si applicano anche le procedure di controllo per gli acciai da carpenteria.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova, devono rispondere alle prescrizioni delle norme **UNI EN ISO 377:2017**, **UNI EN ISO 6892-1:2016**, **UNI EN ISO 148-1:2016**.

#### 6.1.1 Acciai Laminati

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono:

##### Prodotti lunghi

- laminati mercantili (angolari, L, T, piatti e altri prodotti di forma);
- travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN
- laminati ad U;
- palancole.

##### Prodotti piani

- lamiere e piatti;
- nastri;
- nastri zincati di spessore  $\pm 4$  mm.

##### Profilati cavi

- tubi prodotti a caldo

##### Prodotti derivati

- travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo);
- profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo)
- tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo);
- lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo).

Gli spessori nominali dei laminati, per gli acciai di cui alle norme europee **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219-1**, sono riportati nelle tabelle che seguono:

Tabella : Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t = 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )
<b>UNI EN 10025-2</b>				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
<b>UNI EN 10025-3</b>				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
<b>UNI EN 10025-4</b>				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
<b>UNI EN 10025-5</b>				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tabella : Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t = 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )
<b>UNI EN 10210-1</b>				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
<b>UNI EN 10219-1</b>				
S 235 H	235	360	-	-
S 275 H	275	430	-	-
S 355 H	355	510	-	-
S 275 NH/NLH	275	370	-	-
S 355 NH/NLH	355	470	-	-
S 275 MH/MLH	275	360	-	-
S 355 MH/MLH	355	470	-	-
S 420 MH/MLH	420	500	-	-
S460 MH/MLH	460	530	-	-

## 6.2 L'acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare acciai conformi alla norma **UNI EN 10293:2015**

Quando tali acciai debbano essere saldati, valgono le stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza similare.

## 6.3 L'acciaio per strutture saldate

### 6.3.1 La composizione chimica degli acciai

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni generali, devono avere composizione chimica conforme

a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili previste dalle Nuove norme tecniche.

### 6.3.2 Il processo di saldatura. La qualificazione dei saldatori

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma **UNI EN ISO 4063:2011**. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN ISO 9606-1:2017** da parte di un ente terzo. Ad integrazione di quanto richiesto in tale norma, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma **UNI EN ISO 14732:2013**. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN ISO 15614-1:2017**

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura a innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori a innesco sulla punta), si applica la norma **UNI EN ISO 14555:2017**. Valgono, perciò, i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 dell'appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un ente terzo. In assenza di prescrizioni in proposito, l'ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme **UNI EN 1011-1:2009** ed **UNI EN 1011-2:2005** per gli acciai ferritici ed **UNI EN 1011-3:2005** per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma **UNI EN ISO 9692-1:2013**.

In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma **UNI EN ISO 3834** (parti 2 e 4). Il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. Tali requisiti sono riassunti nella tabella che segue (*Tipi di azione sulle strutture soggette a fatica in modo più o meno significativo*).

La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un ente terzo scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore secondo criteri di indipendenza e di competenza.

Tabella : Tipi di azione sulle strutture soggette a fatica in modo più o meno significativo

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	
Riferimento				D
Materiale base: spessore minimo delle membrature	S235, $s \leq 30$ mm S275, $s \leq 30$ mm	S355, $s \leq 30$ mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, $s \leq 30$ mm	S235 S275 S355 S460 Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (1)
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834	Elementare EN ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Medio EN ISO 3834-3	Completo EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719	Di base	Specifico	Completo	Completo
(1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo.				

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma **UNI EN ISO 5817:2014** e il livello B per strutture soggette a fatica. L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma **UNI EN ISO 17635**. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN ISO 9712:2012** almeno di secondo livello

## 6.4 I bulloni e i chiodi

### 6.4.1 I bulloni

I bulloni sono organi di collegamento tra elementi metallici, introdotti in fori opportunamente predisposti, composti dalle seguenti parti:

- gambo, completamente o parzialmente filettato con testa esagonale (vite);
- dado di forma esagonale, avvitato nella parte filettata della vite;
- rondella (o rosetta) del tipo elastico o rigido.

In presenza di vibrazioni dovute a carichi dinamici, per evitare lo svitamento del dado, vengono applicate rondelle elastiche oppure dei controdadi.

I bulloni – conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme **UNI EN ISO 4016** e **UNI 5592** – devono appartenere alle sottoindicate classi della norma **UNI EN ISO 898-1**, associate nel modo indicato nelle tabelle che seguono:

Tabella : Classi di appartenenza di viti e dadi

Elemento	Normali			Ad alta resistenza	
	4,6	5,6	6,8	8,8	10,9
Vite	4,6	5,6	6,8	8,8	10,9
Dado	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenenti alle classi indicate nella tabella di sopra sono riportate nella tabella seguente

Tabella : Tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti

Classe	$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )
<b>4,6</b>	240	400
<b>5,6</b>	300	500
<b>6,8</b>	480	600
<b>8,8</b>	649	800
<b>10,9</b>	900	1000

### 6.4.2 I bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della tabella che segue (viti e dadi) :

**Tabella 17.6. Bulloni per giunzioni ad attrito**

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8,8-10,9 secondo UNI EN ISO 898-1	UNI EN 14399 (parti 3 e 4)
Dadi	8-10 secondo UNI EN 20898-2	
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2: temperato e rinvenuto hrc 32÷40	UNI EN 14399 (parti 5 e 6)
Piastrine Acciaio	C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto hrc 32÷40	

Gli elementi di collegamento strutturali ad alta resistenza adatti al precarico devono soddisfare i requisiti di cui alla norma europea armonizzata **UNI EN 14399-1** e recare la relativa marcatura ce, con le specificazioni per i materiali e i prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato sulla guue. Al termine del periodo di coesistenza, il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura ce, prevista dalla direttiva 89/106/cee sui prodotti da costruzione (cpd), recepita in Italia dal D.P.R. n.

246/1993, così come modificato dal D.P.R. n. 499/1997.

#### 6.4.3 I chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma **UNI EN 10263:2017**.

Le unioni con i chiodi sono rare perché di difficile esecuzione (foratura del pezzo, montaggio di bulloni provvisori, riscaldamento dei chiodi e successivo alloggiamento e ribaditura), a differenza delle unioni con bulloni più facili e veloci da eseguire. Tuttavia, non è escluso che le chiodature possano essere impiegate in particolari condizioni, come ad esempio negli interventi di restauro di strutture metalliche del passato.

#### 6.4.4 I connettori a piolo

Nel caso in cui si utilizzino connettori a piolo, l'acciaio deve essere idoneo al processo di formazione dello stesso e compatibile per saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli stessi. Esso deve avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

- allungamento percentuale a rottura (valutato su base  $L_0 = 5,65\sqrt{A_0}$  dove  $A_0$  è l'area della sezione trasversale del saggio)  $\geq 12$ ;

- rapporto  $f_t/f_y \geq 1,2$ .

Quando i connettori vengono uniti alle strutture con procedimenti di saldatura speciali, senza metallo d'apporto, essi devono essere fabbricati con acciai la cui composizione chimica soddisfi le limitazioni seguenti:

- C = 0,18%;

- Mn = 0,9%;

- S = 0,04%;

- P = 0,05%.

### 6.5 L'impiego di acciai inossidabili

Nell'ambito delle indicazioni generali per gli acciai di cui alle norme armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219-1**, in assenza di specifici studi statistici di documentata affidabilità e in favore della sicurezza, per i valori delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  – da utilizzare nei calcoli – si assumono i valori nominali  $f_y = R_{eH}$  e  $f_t = R_m$  riportati nelle relative norme di prodotto, ed è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

In particolare, per i prodotti laminati la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione per tutte le tipologie di acciaio e al controllo nei centri di trasformazione nell'ambito degli acciai per carpenteria metallica.

### 6.6 Le specifiche per gli acciai da carpenteria in zona sismica

L'acciaio costituente le membrature, le saldature e i bulloni deve essere conforme ai requisiti riportati nelle norme sulle costruzioni in acciaio.

Per le zone dissipative si devono applicare le seguenti regole addizionali:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura  $f_{tk}$  (nominale) e la tensione di snervamento  $f_{yk}$  (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;

- la tensione di snervamento massima  $f_{y,max}$  deve risultare  $f_{y,max} = 1,2 f_{yk}$ ;

- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8,8 o 10,9.

### 6.7 Procedure di controllo su acciai da carpenteria

#### 6.7.1 I controlli in stabilimento di produzione

##### *La suddivisione dei prodotti*

Sono prodotti qualificabili sia quelli raggruppabili per colata che quelli per lotti di produzione.

Ai fini delle prove di qualificazione e di controllo, i prodotti nell'ambito di ciascuna gamma merceologica per gli acciai laminati sono raggruppabili per gamme di spessori, così come definito nelle norme europee armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1**.

Agli stessi fini, sono raggruppabili anche i diversi gradi di acciai (JR, J0, J2, K2), sempre che siano garantite per tutti le caratteristiche del grado superiore del raggruppamento.

Un lotto di produzione è costituito da un quantitativo compreso fra 30 e 120 t, o frazione residua, per ogni profilo, qualità e gamma di spessore, senza alcun riferimento alle colate che sono state utilizzate per la loro produzione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione corrisponde all'unità di collaudo come definita dalle norme europee armonizzate **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1** in base al numero dei pezzi.

### *Le prove di qualificazione*

Ai fini della qualificazione, con riferimento ai materiali e ai prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata, ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Nuove norme tecniche, è fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la marcatura CE, il produttore deve predisporre un'adeguata documentazione sulle caratteristiche chimiche, ove pertinenti, e meccaniche, riscontrate per quelle qualità e per quei prodotti che intende qualificare.

La documentazione deve essere riferita ad una produzione relativa ad un periodo di tempo di almeno sei mesi e ad un quantitativo di prodotti tale da fornire un quadro statisticamente significativo della produzione stessa e comunque  $\geq 500$  t oppure ad un numero di colate o di lotti  $\geq 25$ . Tale documentazione di prova deve basarsi sui dati sperimentali rilevati dal produttore, integrati dai risultati delle prove di qualificazione effettuate a cura di un laboratorio ufficiale incaricato dal produttore stesso.

Le prove di qualificazione devono riferirsi a ciascun tipo di prodotto, inteso individuato da gamma merceologica, classe di spessore e qualità di acciaio ed essere relative al rilievo dei valori caratteristici; per ciascun tipo verranno eseguite almeno trenta prove su saggi appositamente prelevati.

La documentazione del complesso delle prove meccaniche deve essere elaborata in forma statistica calcolando, per lo snervamento e la resistenza a rottura, il valore medio, lo scarto quadratico medio e il relativo valore caratteristico delle corrispondenti distribuzioni di frequenza.

### *Il controllo continuo della qualità della produzione*

Con riferimento ai materiali e ai prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Nuove norme tecniche, il servizio di controllo interno della qualità dello stabilimento produttore deve predisporre un'accurata procedura atta a mantenere sotto controllo con continuità tutto il ciclo produttivo.

Per ogni colata o per ogni lotto di produzione, contraddistinti dal proprio numero di riferimento, viene prelevato dal prodotto finito un saggio per colata e, comunque, un saggio ogni 80 t oppure un saggio per lotto e, comunque, un saggio ogni 40 t o frazione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione è definito dalle relative norme UNI di prodotto, in base al numero dei pezzi.

Dai saggi di cui sopra, verranno ricavati i provini per la determinazione delle caratteristiche chimiche e meccaniche previste dalle norme europee armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1**, rilevando il quantitativo in tonnellate di prodotto finito cui la prova si riferisce.

Per quanto concerne  $f_y$  e  $f_t$ , i dati singoli raccolti, suddivisi per qualità e prodotti (secondo le gamme dimensionali), vengono riportati su idonei diagrammi per consentire di valutare statisticamente nel tempo i risultati della produzione rispetto alle prescrizioni delle presenti Norme tecniche.

I restanti dati relativi alle caratteristiche chimiche, di resilienza e di allungamento vengono raccolti in tabelle e conservati, dopo averne verificato la rispondenza alle norme **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1** per quanto concerne le caratteristiche chimiche e, per quanto concerne resilienza e allungamento, alle prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie **UNI EN 10025**, ovvero alle tabelle di cui alle norme europee **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219** per i profilati cavi.

È cura e responsabilità del produttore individuare, a livello di colata o di lotto di produzione, gli eventuali risultati anomali che portano fuori limite la produzione e di provvedere a ovviarne le cause. I diagrammi sopraindicati devono riportare gli eventuali dati anomali.

I prodotti non conformi devono essere deviati ad altri impieghi, previa punzonatura di annullamento, e tenendone esplicita nota nei registri.

La documentazione raccolta presso il controllo interno di qualità dello stabilimento produttore deve essere conservata a cura del produttore.

### *La verifica periodica della qualità*

Con riferimento ai materiali e ai prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza e per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Nuove norme tecniche, il laboratorio incaricato deve effettuare periodicamente a sua discrezione e senza preavviso, almeno ogni sei mesi, una visita presso lo stabilimento produttore, nel corso della quale su tre tipi di prodotto, scelti di volta in volta tra qualità di acciaio, gamma merceologica e classe di spessore, effettuerà per ciascun tipo non meno di trenta prove a trazione su provette ricavate sia da saggi prelevati direttamente dai prodotti sia da saggi appositamente accantonati dal produttore in numero di almeno due per colata o lotto di produzione, relativa alla produzione intercorsa dalla visita precedente.

Inoltre, il laboratorio incaricato deve effettuare le altre prove previste (resilienza e analisi chimiche) sperimentando su provini ricavati da tre campioni per ciascun tipo sopradetto.

Infine, si controlla che siano rispettati i valori minimi prescritti per la resilienza e quelli massimi per le analisi chimiche.

Nel caso in cui i risultati delle prove siano tali per cui viene accertato che i limiti prescritti non sono rispettati, vengono prelevati altri saggi (nello stesso numero) e ripetute le prove.

Ove i risultati delle prove, dopo ripetizione, fossero ancora insoddisfacenti, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al servizio tecnico centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha avviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Per quanto concerne le prove di verifica periodica della qualità per gli acciai, con caratteristiche comprese tra i tipi S235 e S355, si utilizza un coefficiente di variazione pari all'8%.

Per gli acciai con snervamento o rottura superiore al tipo S355 si utilizza un coefficiente di variazione pari al 6%.

Per tali acciai la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua nell'ultimo semestre e anche nei casi in cui i quantitativi minimi previsti non siano rispettati, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

#### *I controlli su singole colate*

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici, i produttori possono richiedere di loro iniziativa di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un laboratorio ufficiale, su singole colate di quei prodotti che, per ragioni produttive, non possono ancora rispettare le condizioni quantitative minime per qualificarsi.

Le prove da effettuare sono quelle relative alle norme europee armonizzate **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1** e i valori da rispettare sono quelli di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie **UNI EN 10025**, ovvero delle tabelle di cui alle norme europee **UNI EN 10210** e **UNI EN 10219** per i profilati cavi.

#### 6.7.2 I controlli nei centri di trasformazione

##### *I centri di produzione di lamiere grecate e profilati formati a freddo. Le verifiche del direttore dei lavori*

Si definiscono *centri di produzione di prodotti formati a freddo e lamiere grecate* tutti quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio nastri o lamiere in acciaio e realizzano profilati formati a freddo, lamiere grecate e pannelli composti profilati, ivi compresi quelli saldati, che però non siano sottoposti a successive modifiche o trattamenti termici. Per quanto riguarda i materiali soggetti a lavorazione, può farsi utile riferimento alle norme **UNI EN 10326** e **UNI EN 10149** (parti 1, 2 e 3).

Oltre alle prescrizioni applicabili per tutti gli acciai, i centri di produzione di prodotti formati a freddo e lamiere grecate devono rispettare le seguenti prescrizioni. Per le lamiere grecate da impiegare in solette composte, il produttore deve effettuare una specifica sperimentazione

e l'elaborazione dei risultati sperimentali devono essere conformi alle prescrizioni dell'appendice B3 alla norma **UNI EN 1994-1**. Questa sperimentazione e l'elaborazione dei risultati sperimentali devono essere eseguite da laboratorio indipendente di riconosciuta competenza. Il rapporto di prova deve essere trasmesso in copia al servizio tecnico centrale e deve essere riprodotto integralmente nel catalogo dei prodotti.

Nel caso di prodotti coperti da marcatura ce, il centro di produzione deve dichiarare, nelle forme e con le limitazioni previste, le caratteristiche tecniche previste dalle norme armonizzate applicabili.

I centri di produzione possono, in questo caso, derogare agli adempimenti previsti per tutti i tipi d'acciaio, relativamente ai controlli sui loro prodotti (sia quelli interni sia quelli da parte del laboratorio incaricato), ma devono fare riferimento alla documentazione di accompagnamento dei materiali di base, soggetti a marcatura ce o qualificati come previsto nelle presenti norme. Tale documentazione sarà trasmessa insieme con la specifica fornitura e farà parte della documentazione finale relativa alle trasformazioni successive.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di trasformazione e, inoltre, ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata.

Gli utilizzatori dei prodotti e/o il direttore dei lavori sono tenuti a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

##### *I centri di prelaborazione di componenti strutturali*

Le Nuove norme tecniche definiscono *centri di prelaborazione o di servizio* quegli impianti che ricevono dai produttori di acciaio elementi base (prodotti lunghi e/o piani) e realizzano elementi singoli prelaborati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di produzione che realizzano strutture complesse nell'ambito delle costruzioni.

I centri di prelaborazione devono rispettare le prescrizioni applicabili, di cui ai centri di trasformazione valevoli per tutti i tipi d'acciaio.

##### *Le officine per la produzione di carpenterie metalliche. Le verifiche del direttore dei lavori*

I controlli nelle officine per la produzione di carpenterie metalliche sono obbligatori e devono essere effettuati a cura del direttore tecnico dell'officina.

Con riferimento ai materiali e ai prodotti per uso strutturale e per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle Nuove norme tecniche, i controlli devono essere eseguiti secondo le modalità di seguito indi-

cate.

Devono essere effettuate per ogni fornitura minimo tre prove, di cui almeno una sullo spessore massimo e una sullo spessore minimo.

I dati sperimentali ottenuti devono soddisfare le prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee armonizzate della serie **UNI EN 10025**, ovvero le prescrizioni della tabella "Laminati a caldo con profili a sezione aperta" per quanto concerne l'allungamento e la resilienza, nonché delle norme europee armonizzate della serie **UNI EN 10025**, **UNI EN 10210-1** e **UNI EN 10219-1** per le caratteristiche chimiche.

Ogni singolo valore della tensione di snervamento e di rottura non deve risultare inferiore ai limiti tabellari.

Deve inoltre controllarsi che le tolleranze di fabbricazione rispettino i limiti indicati nelle norme europee applicabili sopra richiamate e che quelle di montaggio siano entro i limiti indicati dal progettista. In mancanza, deve essere verificata la sicurezza con riferimento alla nuova geometria.

Il prelievo dei campioni deve essere effettuato a cura del direttore tecnico dell'officina, che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Per le caratteristiche dei certificati emessi dal laboratorio è fatta eccezione per il marchio di qualificazione, non sempre presente sugli acciai da carpenteria, per il quale si potrà fare riferimento a eventuali cartellini identificativi ovvero ai dati dichiarati dal produttore.

Il direttore tecnico dell'officina deve curare la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

Tutte le forniture provenienti da un'officina devono essere accompagnate dalla seguente documentazione:

- dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal servizio tecnico centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;

- attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il direttore dei lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore statico, che riporterà, nel certificato di collaudo, gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

Per quanto riguarda le specifiche dei controlli, le procedure di qualificazione e i documenti di accompagnamento dei manufatti in acciaio prefabbricati in serie, si rimanda agli equivalenti paragrafi del § 11.8. delle Nuove norme tecniche, ove applicabili.

#### *Le officine per la produzione di bulloni e di chiodi. Le verifiche del direttore dei lavori*

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo produttivo per assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma **UNI EN ISO 9001** e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme **UNICEI en iso/iec 17021**.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di bulloni o chiodi da carpenteria devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità.

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica sono tenuti a dichiarare al servizio tecnico centrale la loro attività, con specifico riferimento al processo produttivo e al controllo di produzione in fabbrica, fornendo copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al servizio tecnico centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto alla precedente dichiarazione, ovvero nella quale siano descritte le avvenute variazioni.

Il servizio tecnico centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione.

Ogni fornitura di bulloni o chiodi in cantiere o nell'officina di formazione delle carpenterie metalliche deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata e della relativa attestazione da parte del servizio tecnico centrale.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### 6.7.3 I controlli di accettazione in cantiere da parte del direttore dei lavori

I controlli in cantiere, demandati al direttore dei lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni valevoli per i centri di trasformazione, effettuando un prelievo di almeno tre saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura, di elementi lavorati, provenga da un centro di trasformazione, il direttore dei lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso, il prelievo dei campioni deve essere effettuato dal direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del direttore dei lavori. Quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni per i centri di trasformazione.

## 6.8 Norme di riferimento

### 6.8.1 Esecuzione

**UNI552** – *Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni;*

**UNI3158** – *Acciai non legati di qualità in getti per costruzioni meccaniche di impiego generale. Qualità, prescrizioni e prove;*

**UNI ENv 1090-1** – *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici;*

**UNI ENv 1090-2** – *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per componenti e lamiere di spessore sottile formati a freddo;*

**UNI ENv 1090-3** – *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per gli acciai ad alta resistenza allo snervamento;*

**UNI ENv 1090-4** – *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per strutture reticolari realizzate con profilati cavi;*

**UNI ENv 1090-6** – *Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per l'acciaio inossidabile;*

**UNI EN ISO 377** – *Acciaio e prodotti di acciaio. Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche;*

**UNI EN 10002-1** – *Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente);*

**UNI EN 10045-1** – *Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova.*

### 6.8.2 Elementi di collegamento

**UNI EN ISO 898-1** – *Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio. Viti e viti prigioniere;*

**UNI EN 20898-2** – *Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso;*

**UNI EN 20898-7** – *Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Prova di torsione e coppia minima di rottura per viti con diametro nominale da 1 mm a 10 mm;*

**UNI EN 5592** – *Dadi esagonali normali. Filettatura metrica iso a passo grosso e a passo fine. Categoria C;*

**UNI EN ISO 4016** – *Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato. Categoria C.*

### 6.8.3 Profilati cavi

**UNI EN 10210-1** – *Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura;*

**UNI EN 10210-2** – *Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo;*

**UNI EN 10219-1** – *Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Condizioni tecniche di fornitura;*

**UNI EN 10219-2** – *Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate - Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo.*

### 6.8.4 Prodotti laminati a caldo

**UNI EN 10025-1** – *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;*

**UNI EN 10025-2** – *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;*

**UNI EN 10025-3** – *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato;*

**UNI EN 10025-4** – *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica;*

**UNI EN 10025-5** – *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;*

**UNI EN 10025-6** – *Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciaio per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento, bonificati.*

## Art. 7 Componenti Prefabbricati in c.a. e c.a.p.

### 7.1 Generalità

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate. In particolare, deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del calcestruzzo, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito. Detto sistema di controllo deve comprendere anche la produzione del calcestruzzo secondo quanto prescritto al § 11.2. delle NTC 0018. Per tutti gli elementi prefabbricati qualificati secondo quanto previsto nei punti A oppure C del § 11.1 delle NTC 2018 si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'articolo 58 del DPR 380/2001. Resta comunque l'obbligo degli adempimenti di cui al DPR 380/01 presso il competente ufficio territoriale, nonché, nel caso di edifici con struttura a pannelli portanti quellidell'articolo 56 del DPR 380/2001.

Per la dichiarazione delle prestazioni ed etichettatura si applicano i metodi previsti dalla norme europee armonizzate, ed in particolare:

- *Metodo 1:* Dichiarazione delle caratteristiche geometriche e delle proprietà del materiale.
- *Metodo 2:* Dichiarazione delle proprietà di prodotto, da valutarsi applicando le vigenti Appendici Nazionali agli Eurocodici
- *Metodo 3:* Dichiarazione basata su una determinata specifica di progetto, per la quale si applicano le presenti norme tecniche.

In ogni caso ai fini dell'accettazione e dell'impiego, tutti i componenti o sistemi strutturali devono rispondere ai requisiti della norma NTC 2018. In particolare i materiali base devono essere qualificati all'origine ai sensi del §11.1. delle NTC 2018. Per tutti gli elementi prefabbricati ai quali non sia applicabile quanto specificato al punto A oppure al punto C del § 11.1 delle NTC 2018, valgono le disposizioni di seguito riportate. In questo ambito, gli elementi costruttivi di produzione occasionale devono essere comunque realizzati attraverso processi sottoposti ad un sistema di controllo della produzione, secondo quanto di seguito indicato.

### 7.2 Requisiti minimi degli stabilimenti e degli impianti di produzione

Il processo di produzione degli elementi costruttivi prefabbricati, deve essere caratterizzato almeno da:

- a) impianti in cui le materie costituenti siano conservate in sili, tramogge e contenitori che ne evitino ogni possibilità di confusione, dispersione o travaso;
- b) dosaggio a peso dei componenti solidi e dosaggio a volume, o a peso, dei soli componenti liquidi, mediante utilizzo di idonei strumenti soggetti a taratura secondo le normative applicabili;
- c) organizzazione mediante una sequenza completa di operazioni essenziali in termini di produzione e controllo;
- d) organizzazione di un sistema permanente di controllo documentato della produzione;
- e) rispetto delle norme di protezione dei lavoratori e dell'ambiente.

### 7.3 Controllo di Produzione

Gli impianti per la produzione di elementi costruttivi prefabbricati, devono essere idonei ad una produzione continua, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Il fabbricante di elementi prefabbricati deve dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNICEI EN ISO/IEC 17021-1.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità il fabbricante e l'organismo di certificazione di processo potranno fare riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili.

I controlli sui materiali dovranno essere eseguiti in conformità a quanto riportato nella presente norma o alle normative comunque applicabili.

#### 7.4 *Controllo sui materiali per elementi di serie*

Per il calcestruzzo impiegato con fini strutturali nei centri di produzione dei componenti prefabbricati di serie, il Direttore tecnico di Stabilimento dovrà effettuare il controllo continuo del calcestruzzo stesso secondo le prescrizioni contenute nel § 11.2 delle NTC 2018, operando con apparecchiature di misura di forza e spostamenti tarate annualmente da uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 o da organismi terzi di taratura appositamente accreditati secondo i regolamenti vigenti nel settore.

Il tecnico suddetto provvederà alla trascrizione giornaliera dei risultati su appositi registri di produzione con data certa, da conservare per dieci anni da parte del fabbricante. Detti registri devono essere disponibili per i competenti organi del Consiglio Superiore dei lavori pubblici - Servizio Tecnico Centrale, per i direttori dei lavori e per tutti gli aventi causa nella costruzione.

Le prove di stabilimento dovranno essere eseguite a 28 giorni di stagionatura e ai tempi significativi nelle varie fasi del ciclo tecnologico, secondo le modalità precisate in § 11.2.4 delle NTC 2018.

La resistenza caratteristica dovrà essere determinata secondo il metodo di controllo di tipo B di cui al § 11.2.5 delle NTC 2018, ed immediatamente registrata.

Inoltre dovranno eseguirsi controlli del calcestruzzo a 28 giorni di stagionatura, presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n.380/2001, per non meno di un prelievo ogni cinque giorni di produzione effettiva per ogni tipo di calcestruzzo omogeneo; tali risultati dovranno soddisfare il controllo di tipo A di cui al § 11.2.5 delle NTC 2018, operando su tre prelievi consecutivi, indipendentemente dal quantitativo di calcestruzzo prodotto.

Sarà responsabilità del Direttore Tecnico dello stabilimento la trascrizione sullo stesso registro dei risultati delle prove di stabilimento e quelli del laboratorio esterno.

Infine, il direttore tecnico dovrà predisporre periodicamente, almeno su base annua, una verifica della conformità statistica dei risultati dei controlli interni e di quelli effettuati da laboratorio esterno, tra loro e con le prescrizioni contenute nelle vigenti norme tecniche.

Per l'acciaio d'armatura impiegato con fini strutturali nei centri di produzione dei componenti prefabbricati di serie, il direttore tecnico di stabilimento deve verificare che il materiale in ingresso sia provvisto della documentazione di qualificazione prevista e sia accompagnato dai documenti di cui al punto 11.3.1.5 delle NTC 2018 (attestato di qualificazione del STC, documenti di trasporto, etc.). Il Direttore tecnico di stabilimento è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Nel caso di piegatura, saldatura e raddrizzatura dell'acciaio, è responsabilità del Direttore tecnico di Stabilimento verificare, tramite opportune prove, che le lavorazioni non alterino le caratteristiche meccaniche e geometriche originarie del prodotto. Le prove devono essere eseguite dopo le lavorazioni. Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si può fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

La prova di piegatura va eseguita su tre campioni ogni 90 tonnellate di acciaio lavorato (in uscita dalla/e apparecchiatura/e dello stabilimento), e comunque almeno 1 volta al mese, secondo la norma UNI EN ISO 15630-1:2010. Vanno usati mandrini di diametro opportuno. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

Le prove sulle saldature strutturali, eseguite da operatore qualificato, devono essere definite all'interno del controllo di produzione in fabbrica aziendale. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alla norma UNI EN ISO 17635. Ogni due anni, al rinnovo della qualifica dell'operatore, verranno effettuate sulle saldature tutte le prove previste dalle norme europee applicabili.

A valle dell'operazione di raddrizzamento dei rotoli, verrà effettuata una prova a trazione su tre campioni ogni 10 rotoli presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il Direttore tecnico di stabilimento curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno e del laboratorio esterno su apposito registro di produzione, da conservare per dieci anni, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

I suddetti controlli si applicano solo a prodotti per i quali non sia applicabile la marcatura CE, per i quali si applica integralmente quanto previsto dalle norme pertinenti specifiche tecniche armonizzate.

#### 7.5 *Marchiatura*

Ogni elemento prefabbricato prodotto in serie, deve essere appositamente contrassegnato da marchiatura fissa, indelebile o comunque non rimovibile, in modo da garantire la rintracciabilità del fabbricante e dello stabilimento di produzione, nonché individuare la serie di origine dell'elemento.

Inoltre, per manufatti di peso superiore ad 8 kN, dovrà essere indicato in modo visibile, per lo meno fino all'eventuale getto dicompletamento, anche il peso dell'elemento.

### Art. 8 **Muratura portante e malte**

#### 8.1 *Elementi per muratura*

Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 e,

secondo quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 delle NTC 2018, recare la marcatura ce.

## 8.2 Gli elementi resistenti

### 8.2.1 Gli elementi artificiali

Per gli elementi resistenti artificiali (laterizio o calcestruzzo) da impiegare con funzione resistente si applicano le prescrizioni per le norme d'accettazione previste dalle NTC 2018.

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (foratura verticale) oppure in direzione parallela (foratura orizzontale). Gli elementi possono essere rettificati sulla superficie di posa.

Gli elementi sono classificati in base alla percentuale di foratura  $\phi$  e all'area media della sezione normale di ogni singolo foro  $f$ . I fori devono essere distribuiti pressoché uniformemente sulla faccia dell'elemento.

La percentuale di foratura è espressa dalla relazione  $\phi = 100 F/A$

Dove  $F$  = area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti

$A$  = area lorda della faccia dell'elemento di muratura delimitata dal suo perimetro.

Nel caso dei blocchi in laterizio estrusi, la percentuale di foratura  $\phi$  coincide con la percentuale in volume dei vuoti, come definita dalla norma UNI EN 772-9.

Gli elementi possono avere incavi di limitata profondità destinati ad essere riempiti dal letto di malta.

Elementi di laterizio di area lorda  $A$  maggiore di 300 cm<sup>2</sup> possono essere dotati di un foro di presa di area massima pari a 35 cm<sup>2</sup>, da computare nella percentuale complessiva della foratura, avente lo scopo di agevolare la presa manuale. Per  $A$  superiore a 580 cm<sup>2</sup> sono ammessi due fori, ciascuno di area massima pari a 35 cm<sup>2</sup>, oppure un foro di presa o per l'eventuale alloggiamento dell'armatura la cui area non superi 70 cm<sup>2</sup>.

Le tabelle che seguono riportano la classificazione per gli elementi in laterizio e calcestruzzo.

Tabella : Classificazione di elementi in laterizio

Elementi	Percentuale di foratura $\phi$	Area $f$ della sezione normale del foro
Pieni	$\phi \leq 15\%$	$f = 9 \text{ cm}^2$
Semipieni	$15\% < \phi \leq 45\%$	$f = 12 \text{ cm}^2$
Forati	$45\% < \phi \leq 55\%$	$f = 15 \text{ cm}^2$

Tabella : Classificazione di elementi in calcestruzzo

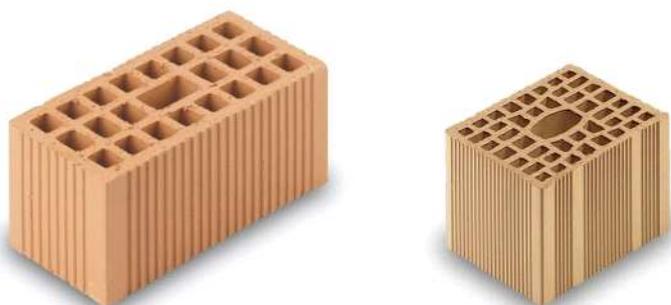
Elementi	Percentuale di foratura $\phi$	Area $f$ della sezione normale del foro	
		$A = 900 \text{ cm}^2$	$A > 900 \text{ cm}^2$
Pieni	$\phi = 15\%$	$f = 0,10 A$	$f = 0,15 A$
Semipieni	$15\% < \phi \leq 45\%$	$f = 0,10 A$	$f = 0,15 A$
Forati	$45\% < \phi \leq 55\%$	$f = 0,10 A$	$f = 0,15 A$



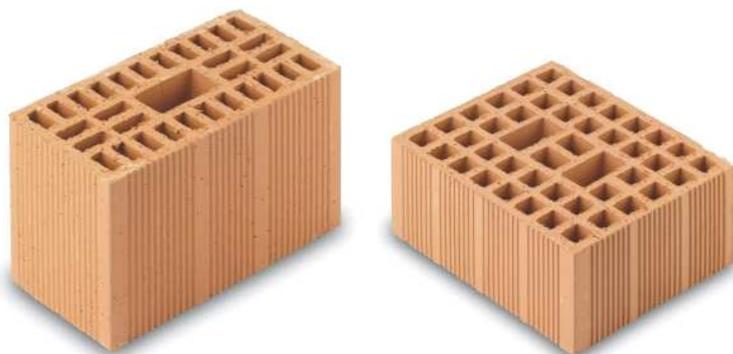
Esempio di mattone pieno  $\phi = 15\%$  in laterizio per murature portanti



**Esempio di mattone semipieno  $15\% < \varphi \leq 45\%$  in laterizio per murature portanti**



**Esempi di blocchi semipieni  $15\% < \varphi \leq 45\%$  in laterizio per murature portanti**



**Esempi di blocchi forati  $45\% < \varphi \leq 55\%$  in laterizio per murature portanti**

#### 8.2.2 Gli elementi naturali

Gli elementi naturali sono ricavati da materiale lapideo che deve essere non friabile o sfaldabile e resistente al gelo. Non devono contenere in misura sensibile sostanze solubili o residui organici. Gli elementi murari devono essere integri e non devono presentare zone alterate o removibili.

Gli elementi devono possedere i requisiti di resistenza meccanica e adesività alle malte determinati, secondo le modalità descritte nel paragrafo 11.10 delle NCT 2018.

#### 8.2.3 L'attestazione di conformità

Gli elementi per muratura portante devono essere conformi alle norme europee armonizzate della serie UNI EN 771 e, secondo quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 delle NCT 2018, recare la marcatura ce, secondo il

sistema di attestazione della conformità indicato nella tabella “Sistema di attestazione della conformità”.

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio e approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del D.P.R. n. 246/1993.

Gli elementi di categoria I hanno un controllo statistico eseguito in conformità con le citate norme armonizzate, che fornisce resistenza caratteristica “a compressione” riferita al frattile 5%. Gli elementi di categoria II non soddisfano questi requisiti.

L'uso di elementi per muratura portante di categoria I e II è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza di progetto, del corrispondente coefficiente di sicurezza  $m$ .

Tabella : Sistema di attestazione della conformità

Specifica tecnica europea di riferimento	Categoria	Sistema di attestazione della conformità
Specifica per elementi per muratura: elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), in calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata, pietra naturale UNI EN 771-1, 771-2, 771-3, 771-4, 771-5, 771-6	Categoria I	2+
	Categoria II	4

#### 8.2.4 Le prove di accettazione

Oltre a quanto previsto al punto A del paragrafo 11.1 delle NCT 2018, il direttore dei lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sugli elementi per muratura portante pervenuti in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nelle citate norme armonizzate.

Le prove di accettazione su materiali di cui al presente paragrafo sono obbligatorie e devono essere eseguite e certificate presso un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

La resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali o naturali

Il controllo di accettazione in cantiere ha lo scopo di accertare se gli elementi da mettere in opera abbiano le caratteristiche dichiarate dal produttore.

Tale controllo sarà effettuato su almeno tre campioni, costituiti ognuno da tre elementi da sottoporre a prova di compressione. Per ogni campione siano  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  la resistenza a compressione dei tre elementi con:

$$f_1 < f_2 < f_3$$

Il controllo si considera positivo se risultino verificate entrambe le disuguaglianze:

$$(f_1 + f_2 + f_3)/3 = 1,20 f_{bk} \quad f_1 = 0,90 f_{bk}$$

dove

$f_{bk}$  è la resistenza caratteristica a compressione dichiarata dal produttore.

Al direttore dei lavori spetta comunque l'obbligo di provare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove ai laboratori siano effettivamente quelli prelevati in cantiere, con indicazioni precise sulla fornitura e sulla posizione che nella muratura occupa la fornitura medesima.

Le modalità di prova sono riportate nella norma UNI EN 772-1.

Norme di riferimento

Per la terminologia, il sistema di classificazione, i limiti di accettazione e i metodi di prova si farà riferimento alle seguenti norme:

UNI EN 771-1 – Specifica per elementi per muratura. Parte 1: Elementi per muratura di laterizio;

UNI EN 771-2 – Specifica per elementi di muratura. Parte 2: Elementi di muratura di silicato di calcio;

UNI EN 771-3 – Specifica per elementi di muratura. Parte 3: Elementi per muratura di calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri);

UNI EN 771-4 – Specifica per elementi di muratura. Parte 4: Elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato;

UNI EN 771-5 – Specifica per elementi di muratura. Parte 5: Elementi per muratura di pietra agglomerata;

UNI EN 771-6 – Specifica per elementi di muratura. Parte 6. Elementi di muratura di pietra naturale;

UNI EN 772-1 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della resistenza a compressione;

UNI EN 772-2 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione dell'area percentuale dei vuoti in elementi di muratura in calcestruzzo (metodo dell'impronta su carta);

UNI EN 772-3 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica;

UNI EN 772-4 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della massa volumica reale ed apparente e della porosità aperta e totale degli elementi di muratura in pietra naturale;

UNI EN 772-5 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione del tenore di sali solubili attivi degli elementi di muratura di laterizio;

UNI EN 772-6 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della resistenza a trazione per flessione degli elementi di muratura di calcestruzzo;

UNI EN 772-7 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione dell'assorbimento d'acqua di strati impermeabili all'umidità di elementi di muratura di laterizio mediante bollitura in acqua;

UNI EN 772-9 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione del volume e della percentuale dei vuoti e del volume netto degli elementi di muratura in silicato di calcio mediante riempimento con sabbia;

UNI EN 772-10 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione del contenuto di umidità in elementi di muratura in silicato di calcio e in calcestruzzo aerato autoclavato;

UNI EN 772-11 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione dell'assorbimento d'acqua degli elementi di muratura di calcestruzzo, di materiale lapideo agglomerato e naturale dovuta alla capillarità e al tasso iniziale di assorbimento d'acqua degli elementi di muratura di laterizio;

UNI EN 772-14 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della variazione di umidità di elementi di muratura di calcestruzzo e di materiale lapideo agglomerato;

UNI EN 772-15 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della permeabilità al vapore acqueo di elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato;

UNI EN 772-16 – Metodi di prova per elementi di muratura. Parte 16: Determinazione delle dimensioni;

UNI EN 772-18 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della resistenza al gelo/disgelo degli elementi di muratura di silicato di calcio;

UNI EN 772-19 – Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della dilatazione all'umidità di grandi elementi da muratura in laterizio con fori orizzontali;

UNI EN 772-20 – Metodi di prova per elementi di muratura. Parte 20: Determinazione della planarità delle facce degli elementi di muratura.

### 8.3 Malte per muratura e ripristini di strutture in cemento armato

#### 8.3.1 Le malte a prestazione garantita

La malta per muratura portante deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere conforme alla norma armonizzata UNI EN 998-2 e, per i materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato sulla guue, recare la marcatura ce, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella tabella *Sistema di attestazione della conformità delle malte per muratura portante*. Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche, grasse, terrose o argillose. Le calci aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche e i requisiti previsti dalle norme vigenti.

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione  $f_m$ . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza  $f_m$  espressa in N/mm<sup>2</sup> secondo la tabella *Classi di malte a prestazione garantita*. Per l'impiego in muratura portante non è ammesso l'impiego di malte con resistenza  $f_m < 2,5$  N/mm<sup>2</sup>.

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nella norma UNI EN 1015-11.

Tabella : Sistema di attestazione della conformità delle malte per muratura portante

Specifica tecnica europea di riferimento	Uso previsto	Sistema di attestazione della conformità
Malta per murature UNI EN 998-2	Usi strutturali	2+

Tabella : Classi di malte a prestazione garantita

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d <sup>1</sup>
Resistenza a compressione (N/mm <sup>2</sup> )	2,5	5	10	15	20	d
<sup>1</sup> d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm <sup>2</sup> dichiarata dal produttore.						

### 8.3.2 Le malte a composizione prescritta

Le classi di malte a composizione prescritta sono definite in rapporto alla composizione in volume, secondo la tabella *Rapporti di miscela delle malte (aitec)*

Malte di diverse proporzioni nella composizione, preventivamente sperimentate con le modalità riportate nella norma UNI EN 1015-11, possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione non risulti inferiore a quanto previsto in tabella *Classi di malte a composizione prescritta*

Tabella : Classi di malte a composizione prescritta

Classe	Tipo di malta	Composizione				
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia	Pozzolana
M 2,5	Idraulica	-	-	1	3	-
M 2,5	Pozzolonica	-	1	-	-	3
M 2,5	Bastarda	1	-	2	9	-
M 5	Bastarda	1	-	1	5	-
M 8	Cementizia	2	-	1	8	-
M 12	Cementizia	1	-	-	3	-

Tabella : Rapporti di miscela delle malte (aitec)

Tipo di malta	Rapporti in volume	Quantità per 1 m <sup>3</sup> di malta (kg)
Calce idrata, sabbia	1: 3,5	142-1300
	1: 4,5	110-1300
Calce idraulica, sabbia	1:3	270-1300
	1:4	200-1300
Calce eminentemente idraulica, sabbia	1:3	330-1300
	1:4	250-1300
Calce idrata, cemento, sabbia	2:1:8	125-150-1300
	2:1:9	110-130-1300
Cemento, sabbia	1:3	400-1300
	1:4	300-1300

### 8.3.3 Malte premiscelate

L'impiego di malte premiscelate e pronte per l'uso è consentito purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi.

Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

### 8.3.4 Malte speciali

Le malte speciali a base cementizia (espansive, autoportanti, antiritiro, ecc.) composte da cementi ad alta resistenza, inerti, silice, additivi, da impiegarsi nei ripristini di elementi strutturali in cemento armato, impermeabilizzazioni, iniezioni armate, devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo. In caso di applicazione di prodotti equivalenti, gli stessi devono essere accettati e autorizzati dalla direzione dei lavori.

Norme di riferimento

UNI8993 – Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Definizione e classificazione (ritirata senza sostituzione);

UNI8994 – Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Controllo dell'idoneità (ritirata senza sostituzione);

UNI8995 – Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della massa volumica della malta fresca (ritirata senza sostituzione);

UNI8996 – Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione dell'espansione libera in fase plastica (ritirata senza sostituzione);

UNI8997 – Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Malte superfluide. Determinazione della consistenza mediante cabaletta (ritirata senza sostituzione);

UNI8998 – Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (ritirata senza sostituzione);

UNI EN 12190 – Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo. Metodi di prova. Determinazione della resistenza a compressione delle malte da riparazione.

### 8.3.5 Metodi di prova delle malte cementizie

Norme di riferimento

Sulle malte cementizie la direzione dei lavori può fare eseguire le seguenti prove:

UNI7044 – Determinazione della consistenza delle malte cementizie mediante l'impiego di tavola a scosse;

UNI EN 1015-1 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 1. Determinazione della distribuzione granulometrica (mediante staccatura);

UNI EN 1015-2 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 2. Campionamento globale e preparazione delle malte di prova;

UNI EN 1015-3 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 3. Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante tavola a scosse);

UNI EN 1015-4 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 4. Determinazione della consistenza della malta fresca (mediante penetrazione della sonda);

UNI EN 1015-6 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 6. Determinazione della massa volumica apparente della malta fresca;

UNI EN 1015-7 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 7. Determinazione del contenuto d'aria della malta fresca;

UNI EN 1015-9 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 9: Determinazione del tempo di lavorabilità e del tempo di correzione della malta fresca;

UNI EN 1015-10 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 10: Determinazione della massa volumica apparente della malta indurita essiccata;

UNI EN 1015-17 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Parte 17: Determinazione del contenuto di cloruro solubile in acqua delle malte fresche;

UNI EN 1015-18 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità della malta indurita;

UNI EN 1015-19 – Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua delle malte da intonaco indurite;

UNI EN 1170-8 – Malte e paste di cemento rinforzate con fibre di vetro (grc). Prova mediante cicli climatici.

## 8.4 Verifica sperimentale dei parametri meccanici della muratura

Le proprietà fondamentali in base alle quali si classifica una muratura sono le seguenti:

- la resistenza caratteristica a compressione  $f_k$ ;

- la resistenza caratteristica a taglio in assenza di azione assiale  $f_{vk0}$ ;
- il modulo di elasticità normale secante  $E$ ;
- il modulo di elasticità tangenziale secante  $G$ .

La resistenze caratteristiche  $f_k$  e  $f_{vk0}$  devono essere determinate o per via sperimentale su campioni di muro o, con alcune limitazioni, in funzione delle proprietà dei componenti.

In ogni caso, i valori delle caratteristiche meccaniche utilizzate per le verifiche deve essere indicata nel progetto delle opere.

Per progetti nei quali la verifica di stabilità richiede un valore di  $f_k$  maggiore o uguale a 8 N/mm<sup>2</sup>, la direzione dei lavori deve procedere al controllo del valore di  $f_k$ , mediante prove sperimentali.

#### 8.4.1 La resistenza a compressione

- La determinazione sperimentale della resistenza a compressione

La resistenza caratteristica sperimentale a compressione si determina su  $n$  muretti ( $n = 6$ ), seguendo sia per la confezione sia per la prova, le modalità indicate qui di seguito.

I provini (muretti) devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame e ognuno di essi deve essere costituito almeno da tre corsi di elementi resistenti e deve rispettare le seguenti limitazioni:

- lunghezza ( $b$ ) pari ad almeno due lunghezze di blocco;
- rapporto altezza/spessore ( $l/t$ ) variabile tra 2,4 e 5.

La confezione è eseguita su di un letto di malta alla base e la faccia superiore è finita con uno strato di malta. Dopo una stagionatura di 28 giorni a 20 °C e al 70% di umidità relativa, prima di effettuare la prova, la faccia superiore di ogni provino viene eventualmente livellata con gesso. Il muretto può anche essere contenuto fra due piastre metalliche rettificata, utili per gli spostamenti e il suo posizionamento nella pressa.

Il provino viene posto fra i piatti della macchina di prova (uno dei quali articolato) e si effettua, quindi, la centratura del carico. In proposito, è consigliabile procedere anche a un controllo estensimetrico. Il carico deve essere applicato con una velocità di circa 0,5 MPa ogni 20 secondi.

La resistenza caratteristica  $f_k$  è data dalla relazione:

$$f_k = f_m \cdot k^s$$

dove

$f_m$  = resistenza media

$s$  = stima dello scarto

$k$  = coefficiente riportato nel prospetto seguente:

n	6	8	10	12	20
k	2,33	2,19	2,1	2,05	1,93

La determinazione della resistenza caratteristica deve essere completata con la verifica dei materiali, da condursi come segue:

- malta: n. 3 provini prismatici 40 · 40 · 160 mm da sottoporre a flessione e, quindi, a compressione sulle sei metà risultanti, secondo la norma UNI EN 998-2;
- elementi resistenti: n. 10 elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa.
- Norma di riferimento

UNI EN 998-2 – Specifiche per malte per opere murarie. Malte da muratura.

- La stima della resistenza a compressione

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni, il valore di  $f_k$  può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta tramite i dati della tabella 19.8. La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm.

Per valori non contemplati nella tabella *Valori della  $f_k$  per murature in elementi artificiali pieni e semipieni*, è ammessa l'interpolazione lineare. In nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Tabella : Valori della  $f_k$  per murature in elementi artificiali pieni e semipieni

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento (N/mm <sup>2</sup> )	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	-

Nel caso di murature costituite da elementi naturali, si assume convenzionalmente la resistenza caratteristica a compressione dell'elemento  $f_{bk}$  pari a:

$$f_{bk} = 0,75 f_{bm}$$

dove  $f_{bm}$  rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata.

Il valore della resistenza caratteristica a compressione della muratura  $f_k$  può essere dedotto dalla resistenza caratteristica a compressione degli elementi  $f_{bk}$  e dalla classe di appartenenza della malta tramite la tabella *Valori della  $f_k$  per murature in elementi naturali di pietra squadrata*

Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare. In nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Tabella : Valori della  $f_k$  per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in N/mm<sup>2</sup>)

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
$\geq 40,0$	14,3	12,0	10,4	-

La resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali

La determinazione sperimentale della resistenza a taglio

La resistenza caratteristica sperimentale a taglio si determina su  $n$  campioni ( $n \geq 6$ ) seguendo, sia per la confezione che per la prova, le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-3 e, per quanto applicabile, la norma UNI EN 1052-4.

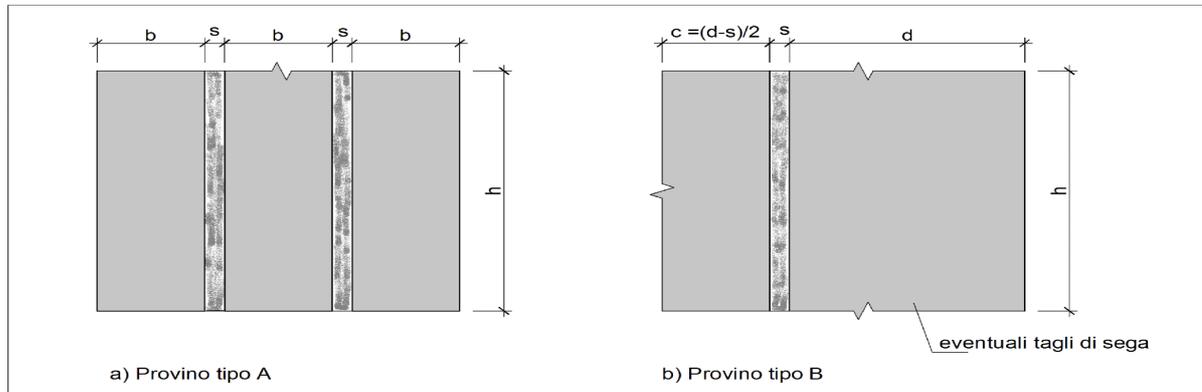
I provini, distinti nelle classi tipo A (se  $b \leq 200$  mm) e tipo B (se  $b > 200$  mm), secondo la norma UNI EN 1052-3, devono avere le dimensioni riportate nella tabella *Dimensioni dei provini*

Tabella : Dimensioni dei provini

Dimensioni elemento		Tipo e dimensioni dei provini	
h (mm)	b (mm)	Tipo	Dimensioni (mm)

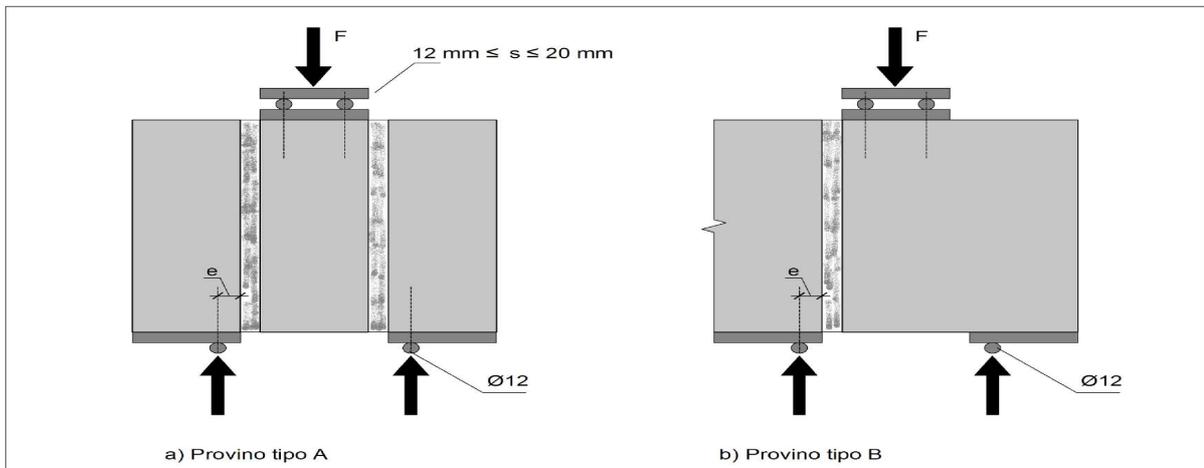
<= 300	<= 200	A	$h = l_u^1$
> 300	<= 200	A	$h = 300$
<= 300	> 200	B	$c = 300$ $h = l_u$
> 300	> 200	B	$c = 200$ $h = 300$

<sup>1</sup> La lunghezza ( $l_u$ ) degli elementi è in conformità alla norma en 772-16.



Figura

Dimensioni dei provini di muratura per prova, per la determinazione sperimentale della resistenza a taglio (modificata UNI EN 1052-3)



Figura

Carico di prova per la determinazione sperimentale della resistenza a taglio

(modificata UNI EN 1052-3)

Per ogni provino deve essere determinata la resistenza a taglio  $f_{voi}$  più vicina a  $0,01 \text{ N/mm}^2$ , mediante le seguenti relazioni:

$$f_{voi} = (N / \text{mm}^2) \quad f_{i,max} \frac{F_{i,max}}{2 \cdot A_i}$$

dove

$F_{i,max}$  = carico di taglio massimo (N)

$A_i$  = area della sezione trasversale del provino parallela ai giunti orizzontali ( $\text{mm}^2$ ).

La resistenza caratteristica  $f_{vk0}$  sarà dedotta dalla resistenza media  $f_{vm}$ , ottenuta dai risultati delle prove, mediante la relazione:

$$f_{vk0} = 0,7 \cdot f_{vm}$$

La stima della resistenza a taglio

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni ovvero in pietra naturale

squadrata, il valore di  $f_{vk0}$  può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi, tramite la tabella *Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali  $f_{vko}$* . La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta, le cui dimensioni sono comprese tra 5 e 15 mm. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare. In nessun caso sono ammesse estrolazioni.

Tabella : Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali  $f_{vko}$  (valori in N/mm<sup>2</sup>)

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Classe di malta	$f_{vko}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Laterizio pieno e semipieno	$f_{bk} > 15$	M10 $\leq$ M $\leq$ M20	0,30
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	M5 $\leq$ M $\leq$ M10	0,20
	$f_{bk} \leq 7,5$	M2,5 $\leq$ M $\leq$ M5	0,10
Calcestruzzo; silicato di calcio; elemento autoclavato; pietra naturale squadrata	$f_{bk} > 15$	M10 $\leq$ M $\leq$ M20	0,20
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	M5 $\leq$ M $\leq$ M10	0,15
	$f_{bk} \leq 7,5$	M2,5 $\leq$ M $\leq$ M5	0,10

La resistenza caratteristica a taglio in presenza di tensioni di compressione

In presenza di tensioni di compressione, la resistenza caratteristica a taglio della muratura  $f_{vk}$  è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione:

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4 \cdot n$$

Dove :  $f_{vko}$  è la resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali

$n$  è la tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Per elementi resistenti artificiali semipieni o forati deve risultare soddisfatta la relazione:

$$f_{vk} \leq f_{vk,lim} = 1,4 \bar{f}_{bk}$$

Dove :  $f_{vk,lim}$  è il valore massimo della resistenza caratteristica a taglio che può essere impiegata nel calcolo

$\bar{f}_{bk}$  è il valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro, da ricavare secondo le modalità descritte nella relativa norma della serie UNI EN 771.

- I moduli di elasticità secanti

Il modulo di elasticità normale secante della muratura deve essere valutato sperimentalmente su  $n$  muretti ( $n = 6$ ), seguendo sia per la confezione sia per la prova le modalità indicate nella norma UNI EN 1052-1. Per ogni provino deve essere calcolata la resistenza a compressione arrotondata a 0,1 N/mm<sup>2</sup> con la relazione:

$$f_i = \frac{F_{i,max}}{A}$$

(N/ mm<sup>2</sup>)

Il valore del modulo elastico secante è dato dalla media delle deformazioni dei quattro punti di misura che si sono verificati in uno sforzo pari ad 1/3 dello sforzo massimo ottenuto:

$$E_i = \frac{F_{i,max}}{3 \cdot \epsilon_i \cdot A_i}$$

(N/ mm<sup>2</sup>)

Il calcolo del valore modulo di elasticità medio deve essere arrotondato a 100 N/mm<sup>2</sup>.

## Art. 9 Tubazioni

Prima *dell'accettazione di ciascun lotto di fornitura di tubi e accessori*, il direttore dei lavori, in contraddittorio con l'appaltatore, deve eseguire dei controlli presso gli stabilimenti di produzione sul prodotto da fornire, secondo le modalità di seguito indicate e comunque nel rispetto delle norme UNIdi riferimento:

- presso gli stabilimenti di produzione e/o di rivestimento:- verifica del ciclo di produzione e controllo dimensionale dei tubi;- controllo della composizione chimica;- controllo delle caratteristiche meccaniche; - prova di trazione sia sul materiale base del tubo sia sul cordone di saldatura (per la determinazione del carico unitario di rottura, del carico unitario di snervamento e dell'allungamento percentuale);- prova di curvatura (bending test);- prova di schiacciamento;- prova di piegamento;- prove non distruttive (radiografiche, elettromagnetiche, a ultrasuoni, con liquidi penetranti);- controllo dei rivestimenti (spessori e integrità), controllo con holiday detector a 15 kV del rivestimento esterno, e quant'altro previsto dalle norme.

- presso il deposito di stoccaggio:- controllo visivo volto ad accertare l'integrità dei tubi, in particolare della smussatura per la saldatura di testa e del rivestimento interno ed esterno dei tubi.

Nel caso in cui il controllo della qualità in fase di accettazione risultasse non conforme alle specifiche di progetto e delle specifiche norme UNI, il direttore dei lavori notificherà per iscritto i difetti riscontrati all'appaltatore, che avrà cinque giorni di tempo per effettuare le proprie verifiche e presentare le proprie controdeduzioni in forma scritta.

In caso di discordanza tra i risultati ottenuti, si provvederà entro i dieci giorni successivi ad attuare ulteriori verifiche, da eseguire in conformità alle normative di riferimento presso laboratori esterni autorizzati, scelti insindacabilmente dal committente e abilitati al rilascio delle certificazioni a norma di legge, eventualmente alla presenza di rappresentanti del committente e dell'appaltatore. Tali ulteriori verifiche saranno a totale carico dell'appaltatore e avranno valore definitivo, ai fini dell'accettazione, circa la rispondenza o meno della fornitura ai requisiti contrattuali.

## 9.1 Tubi in acciaio

Per le condizioni tecniche generali di fornitura si farà riferimento alla norma UNI5447. I tubi dovranno essere costituiti da acciaio non legato e corrispondere alla normativa generale di unificazione di seguito riportata:

**UNI663** - Tubi senza saldatura di acciaio non legato. Tubi lisci per usi generici. Qualità, prescrizioni e prove (sostituita in parte da UNI7287).

**UNI7091**- Tubi saldati di acciaio non legato. Tubi lisci per usi generici (sostituita in parte da UNI7288).

**UNI7287**- Tubi con estremità lisce, senza saldatura, di acciaio non legato senza prescrizioni di qualità.

**UNI7288**- Tubi con estremità lisce, saldati, di acciaio non legato senza prescrizioni di qualità.

Per la classificazione, i tubi senza saldatura UNI663 ed UNI7287 verranno distinti, secondo il tipo di materiale, il grado di precisione della lavorazione ed i particolari requisiti chimico-meccanici, nelle seguenti categorie:

1) - *Tubi senza prescrizioni di qualità* (ex commerciali: acciaio Fe 320)

2) - *Tubi di classe normale*

3) - *Tubi di classe superiore*

Analogamente, i tubi saldati UNI7091 ed UNI7288 verranno distinti nelle stesse categorie delle quali, la prima, prevede tubi fabbricati con acciaio tipo Fe 320, la seconda e la terza, tubi con acciaio di qualità superiore.

I tubi dovranno risultare ragionevolmente diritti a vista e presentare sezione circolare entro le tolleranze prescritte; saranno privi di difetti superficiali (interni ed esterni) che possano pregiudicare l'impiego: nel caso, è ammessa la loro eliminazione purché lo spessore non scenda sotto il minimo prescritto.

I tubi ed i relativi pezzi speciali dovranno avere la superficie interna ed esterna protetta con rivestimenti appropriati e specificati in Elenco. Tali rivestimenti saranno del tipo:

a) - *Zincato*: effettuato con zinco ZN A 98,25 UNI2013 secondo le prescrizioni della norma UNI EN 10240.

b) - *Bituminoso esterno tipo "normale"*: costituito da una leggera pellicola di bitume ed uno strato protettivo isolante, di adeguato spessore, di miscela bituminosa armata con doppio strato di feltro di vetro impregnato con la stessa miscela.

c) - *Bituminoso esterno tipo "pesante"*: costituito come in precedenza ma armato con uno strato di feltro e l'altro di tessuto di vetro

d) - *Bituminoso interno*: costituito da semplice bitumatura o da rivestimento a spessore con pellicola di bitume e strato di miscela.

e) - *Interno ed esterno polimerici*: costituito da polimeri di vario tipo, in diverso spessore ed ordinariamente polietilene per esterno e resina epossidica per l'interno.

f) - *Speciale*: specificato in Elenco o prescritto dalla Direzione Lavori e studiato in rapporto alle particolari esigenze d'impiego.

In ogni caso, qualunque fosse il tipo di rivestimento, questo dovrà risultare omogeneo, continuo, ben aderente ed impermeabile.

In generale, è valido il riferimento alla C.M. 5 maggio 1966, n. 2136, che riporta le prescrizioni per i tubi di acciaio per acquedotti, ricavati da lamiera curvate con saldature longitudinali o elicoidali, con estremità per giunzioni di testa o a bicchiere. Tali indicazioni, però, devono essere integrate con le norme UNI applicabili.

L'acciaio delle lamiere deve essere di qualità e avere, di norma, caratteristiche meccaniche e chimiche rientranti in uno dei tipi di acciaio saldabili delle tabelle **UNI EN 10025** o caratteristiche analoghe, purché rientranti nei seguenti limiti:

- carico unitario di rottura a trazione non minore di  $34 \text{ kg/mm}^2$ ;
- rapporto tra carico di snervamento e carico di rottura non superiore a 0,80;
- contenuto di carbonio non maggiore di 0,29%;
- contenuto di fosforo non maggiore di 0,05%;
- contenuto di zolfo non maggiore di 0,05%;

- contenuto di fosforo e zolfo nel complesso non maggiore di 0,08%;
- contenuto di manganese non maggiore di 1,20%;
- contenuto di carbonio e di manganese tali che la somma del contenuto di carbonio e di 1/6 di quello di manganese non sia superiore a 0,45%.

Norme di riferimento

**UNI EN 10224** – *Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano. Condizioni tecniche di fornitura;*

**UNI EN 10326** – *Nastri e lamiere di acciaio per impieghi strutturali rivestiti per immersione a caldo in continuo. Condizioni tecniche di fornitura;*

**UNI EN 10025** – *Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura.*

**UNI EN 9099** - *Tubi di acciaio impiegati per tubazioni interrato o sommerse. Rivestimento esterno di polietilene applicato per estrusione.*

**UNI EN 10290** - *Tubi e raccordi di acciaio per condotte terrestri e marine - Rivestimenti esterni in poliuretano e poliuretano- modificato applicato allo stato liquido.*

**Decreto 6 aprile 2004, n. 174, Ministero della Salute:** Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano.

#### 9.1.1 Tolleranze

La C.M. 5 maggio 1966, n. 2136 stabilisce le seguenti tolleranze

:- spessore della lamiera al di fuori dei cordoni di saldatura: - in meno: 12,5% ed eccezionalmente 15% in singole zone per lunghezze non maggiori del doppio del diametro del tubo; - in più: limitate dalle tolleranze sul peso; - diametro esterno  $\pm 1,5\%$  con un minimo di 1 mm.

- diametro esterno delle estremità calibrate dei tubi con estremità liscia per saldatura di testa per una lunghezza non maggiore di 200 mm dalle estremità: - 1 mm per tubi del diametro fino a 250 mm; - 2,5 mm; - 1 millimetro per tubi del diametro oltre i 250 mm.

L'ovalizzazione delle sezioni di estremità sarà tollerata entro limiti tali da non pregiudicare l'esecuzione a regola d'arte della giunzione per saldatura di testa.

- sul diametro interno del bicchiere per giunti a bicchiere per saldatura: + 3 mm. Non sono ammesse tolleranze in meno;

- sul peso calcolato in base alle dimensioni teoriche e al peso specifico di  $7,85 \text{ kg/cm}^3$  sono ammesse le seguenti tolleranze: - sul singolo tubo: + 10%; - 8%; - per partite di almeno 10 t:  $\pm 7,5\%$ .

#### 9.1.2 Tipologie tubi

I tubi di acciaio possono essere senza saldatura o saldati e a ogni diametro deve corrispondere una pressione massima d'esercizio.

Le tubazioni di uso più frequente hanno uno spessore detto *della serie normale*, mentre quelle con spessore minimo si definiscono *della serie leggera*.

Tubi senza saldatura

Per l'accettazione dei tubi con saldatura si farà riferimento alle seguenti norme:

**UNI EN 10224** – *Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano. Condizioni tecniche di fornitura;*

**UNI EN 10216-1** – *Tubi senza saldatura di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi di acciaio non legato per impieghi a temperatura ambiente;*

**UNI EN 10255** – *Tubi di acciaio non legato adatti alla saldatura e alla filettatura. Condizioni tecniche di fornitura;*

**UNI EN 10208-1** – *Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi della classe di prescrizione A;*

**UNI EN 10208-2** – *Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi della classe di prescrizione B.*

Tubi con saldatura

Per l'accettazione dei tubi con saldatura si farà riferimento alle seguenti norme:

**UNI EN 10224** – Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano. Condizioni tecniche di fornitura;

**UNI EN 10217-1** – Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Tubi di acciaio non legato per impiego a temperatura ambiente;

**UNI EN 10217-2** – Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 2: Tubi saldati elettricamente di acciaio non legato e legato per impieghi a temperatura elevata;

**UNI EN 10217-3** – Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 3: Tubi di acciaio legato a grano fine;

**UNI EN 10217-4** – Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 4: Tubi saldati elettricamente di acciaio non legato per impieghi a bassa temperatura;

**UNI EN 10217-5** – Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 5: Tubi saldati ad arco sommerso di acciaio non legato e legato per impieghi a temperatura elevata;

**UNI EN 10217-6** – Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 6: Tubi saldati ad arco sommerso di acciaio non legato per impieghi a bassa temperatura;

**UNI EN 10217-7** – Tubi saldati di acciaio per impieghi a pressione. Condizioni tecniche di fornitura. Parte 7: Tubi di acciaio inossidabile.

#### 9.1.3 Designazione e marcatura dei materiali

La designazione dei tubi d'acciaio deve comprendere:- la denominazione "tubo";- la norma UNIdi riferimento;- il diametro esterno;- altre indicazioni facoltative;- tolleranze sulla lunghezza;- lunghezza, se diversa da quella normale.

#### 9.1.4 Tubi per condotte

Potranno essere senza saldatura o saldati (con saldatura longitudinale od elicoidale), saranno fabbricati con acciaio non legato e dovranno corrispondere alle prescrizioni della seguente norma di unificazione:

**UNI EN 10224:2006** Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di liquidi acquosi inclusa l'acqua per il consumo umano. Condizioni tecniche di fornitura.

Diametri esterni e spessori saranno conformi al Prospetto 4 della norma. Le tolleranze sul diametro esterno (tubi del tipo BW, saldati testa a testa ed EW, saldati elettricamente) saranno del  $\pm 1\%$ , con un minimo di  $\pm 0,5$  mm, per i tubi con diametro  $\leq 219,1$  mm e del  $\pm 0,75\%$  per i tubi con diametro maggiore. Per i tubi senza saldatura sarà fatto riferimento, in funzione del rapporto spessore/diametro, al Prospetto 7 della norma.

#### 9.1.5 Rivestimento esterno

I rivestimenti esterni delle tubazioni in acciaio possono essere realizzati mediante (**UNIISO 127**): - primo strato bituminoso, di catrame o di resina sintetica; - uno o più strati protettivi a base di bitume;- uno o più strati di armatura in velo di vetro inserito in ogni strato protettivo.

Il rivestimento esterno, al controllo visivo, deve essere uniforme e privo di difetti.

La classe di spessore del rivestimento deve essere conforme alla norma **UNIISO 127**.

Per ulteriori sistemi di rivestimento (protezione catodica, antisolare, ambiente aggressivo, meccanica, ecc.) si rimanda alla citata norma **UNIISO 127**.

La protezione meccanica con feltro o altro materiale simile deve essere applicata sul rivestimento ancora caldo e non indurito e prima dell'applicazione della protezione antisolare. Negli altri, la protezione meccanica può essere applicata durante la posa in opera della tubazione.

I rivestimenti di cui sopra possono essere realizzati in cantiere dopo il montaggio della tubazione o in stabilimento. In generale, la superficie da rivestire deve essere opportunamente preparata e pulita per l'applicazione del rivestimento, per favorirne l'aderenza.

Tabella : Tubazioni in acciaio serie leggera

dn	Diametro esterno	Spessore	Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura
	D (mm)	s (mm)	max (mm)	min (mm)	Estremità lisce (kg/m)	Estremità filettate e manicottate (kg/m)	
10	17,2	2,0	17,4	16,7	0,742	0,748	3/8
15	21,3	2,3	21,7	21,0	1,08	1,09	1/2
20	26,9	2,3	27,1	26,4	1,39	1,40	3/4
25	33,7	2,9	34,0	33,2	2,20	2,22	1
32	42,4	2,9	42,7	41,9	2,82	2,85	1 ¼
40	48,3	2,9	48,6	47,8	3,24	3,28	1 ½
50	60,3	3,2	60,7	59,6	4,49	4,56	2
65	76,1	3,2	76,3	75,2	5,73	5,85	2 ½
80	88,9	3,6	89,4	87,9	7,55	7,72	3
100	114,3	4,0	114,9	113,0	10,8	11,1	4

Tabella : Tubazioni in acciaio serie media

dn	Diametro esterno	Spessore	Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura
	D (mm)	s (mm)	max (mm)	min (mm)	Estremità lisce (kg/m)	Estremità filettate e manicottate (kg/m)	
10	17,2	2,3	17,5	16,7	0,893	0,845	3/8
15	21,3	2,6	21,8	21,0	1,21	1,22	1/2
20	26,9	2,6	27,3	26,5	1,56	1,57	3/4
25	33,7	3,2	34,2	33,3	2,41	2,43	1
32	42,4	3,2	42,9	42,0	3,10	3,13	1 ¼
40	48,3	3,2	48,8	47,9	3,56	3,60	1 ½
50	60,3	3,6	60,8	59,7	5,03	5,10	2
65	76,1	3,6	76,6	75,3	6,42	6,54	2 ½
80	88,9	4,0	89,5	88,0	8,36	8,53	3
100	114,3	4,5	115,0	113,1	12,2	12,5	4

Tabella : Tubazioni in acciaio serie pesante

dn	Diametro esterno	Spessore	Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura
	D (mm)	s (mm)	max (mm)	min (mm)	Estremità lisce (kg/m)	Estremità filettate e manicottate (kg/m)	
10	17,2	2,9	17,5	16,7	1,02	1,03	3/8
15	21,3	3,2	21,8	21,0	1,44	1,45	1/2
20	26,9	3,2	27,3	26,5	1,87	1,88	3/4
25	33,7	4,0	34,2	33,3	2,93	2,95	1 1
32	42,4	4,0	42,9	42,0	3,79	3,82	¼
40	48,3	4,0	48,8	47,9	4,37	4,41	1 ½
50	60,3	4,5	60,8	59,7	6,19	6,26	2
65	76,1	4,5	76,6	75,3	7,93	8,05	2 ½
80	88,9	5,0	89,5	88,9	10,3	10,5	3
100	114,3	5,4	115,0	113,1	14,5	14,8	4

Tabella : Valori di tolleranza per i tubi in acciaio con riferimento alla norma UNI8863

Tipo	Spessore		Massa lineica	
	+	-	+	-
Saldati	No	10%	10%	8%
Non saldati	No	12,5%	10%	10%

## 9.2 Tubi in ghisa

### 9.2.1 Ghisa a grafite sferoidale per getti

Dovrà rispondere alle prescrizioni delle seguente norma di unificazione:

**UNI EN 1563:2018** : Fonderia - Ghise sferoidali

La norma europea definisce i tipi di ghisa sferoidale e i corrispondenti requisiti.

La norma europea specifica 2 gruppi di tipi di ghisa sferoidale in base alle caratteristiche meccaniche misurate su provini ottenuti mediante lavorazione di macchina di campioni colati. Il primo gruppo interessa principalmente i tipi ferritico-perlitici. Il secondo gruppo interessa i tipi ferritici rafforzati per soluzione solida.

### 9.2.2 Tubi per condotte

Norme di riferimento

Le norme di riferimento sono le seguenti:

- **UNI EN 545:2010** Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte d'acqua. Prescrizioni e metodi di prova.
- **UNI 9163:2010** Tubi, raccordi e pezzi accessori in ghisa sferoidale per condotte in pressione. Giunto elastico automatico. Dimensioni di accoppiamento e accessori di giunto.
- **UNI EN 681-1:2004** Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Gomma vulcanizzata.
- **UNI ISO 8180:1986** Condotte di ghisa sferoidale. Manicotto di polietilene.
- **UNI EN 15189** Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale - Rivestimento esterno di poliuretano dei tubi - Requisiti e metodi di prova.
- **UNI EN 14628** Tubi, raccordi ed accessori in Ghisa Sferoidale- Rivestimento esterno di polietilene per tubi – requisiti e metodi di prova.
- **UNI EN 14901** Tubazioni, raccordi e accessori di ghisa duttile - Rivestimento epossidico (rinforzato) dei raccordi e degli accessori di ghisa duttile - Requisiti e metodi di prova.
- **UNI ISO 10802** Tubazioni di ghisa a grafite sferoidale. Prove idrostatiche dopo posa.
- **D.M. n. 174 del 06/04/2004** Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, di trattamento, di adduzione e di distribuzione delle acque destinate al consumo umano.
- **D.Lgs 50/2016** Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE, 2014/25/UE, in particolare l'art. 137 relativamente alle offerte contenenti prodotti originari di Paesi terzi.
- **Decreto 6 aprile 2004, n. 174, Ministero della Salute:** Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano.

### 9.2.3 Campo di applicazione

Di seguito si specificano gli aspetti generali dei sistemi di tubazioni in ghisa sferoidale, nel campo della distribuzione dell'acqua per uso umano, incluso il trasporto prima del trattamento (secondo il D.M. n. 174 del 06/04/2004, ex Circolare del Ministero della Sanità n° 102 del 02.123.1978) e si applica ai tubi in ghisa sferoidale, raccordi, valvole, loro giunzioni ed accessori ed a raccordi con altri componenti di altri materiali e relativi accessori.

### 9.2.4 Tubazioni raccordi e pezzi speciali

I tubi, i raccordi e gli accessori in ghisa sferoidale potranno essere in getti ottenuti con qualsiasi procedimento di fonderia, oppure fabbricati a partire da componenti in getti.

I tubi ed i raccordi devono essere progettati per risultare a tenuta stagna alla loro pressione di prova ammissibile.

I tubi, i raccordi e gli accessori in ghisa sferoidale dovranno rispettare, se non diversamente indicato nel presente capitolato, le prescrizioni tecniche ed i prospetti dimensionali delle norme UNI EN 545 inerenti materiali, dimensioni, tolleranze, caratteristiche meccaniche, prestazioni, ecc.

Tutti i tubi ed i raccordi devono essere sottoposti a prova secondo il paragrafo 6.5 della norma UNI EN 545, e non devono mostrare perdite visibili o trasudamenti, né alcun segno di cedimento.

Per quanto concerne le caratteristiche meccaniche del materiale, dovranno essere garantite le seguenti:

- resistenza a trazione minima  $R_m$ : 420 Mpa
- allungamento minimo dopo rottura A
  - da DN40 a DN1000: 10 % per tubi centrifugati  
5 % per tubi non centrifugati, raccordi, accessori
  - da DN1100 a DN2000: 7 % per tubi centrifugati  
5 % per tubi non centrifugati, raccordi, accessori
- carico unitario di scostamento dalla proporzionalità 0,2%:
  - > 270 Mpa , con  $A \geq 12\%$ , per DN da 40 a 1000,  
con  $A \geq 10\%$ , per DN superiori a 1000
  - > 300 Mpa, negli altri casi.
- Durezza Brinell [HB]:
  - $\leq 230$  per i tubi
  - $\leq 250$  per raccordi e accessori

I tubi potranno essere fabbricati con procedimento scelto dalla ditta fornitrice purché rispondano alle caratteristiche specificate nelle presenti istruzioni.

Per quanto riguarda i tubi con giunto a bicchiere e ad estremità liscia, le dimensioni minime dovranno rispondere a quanto indicato nella seguente tabella di cui alla norma di riferimento:

DN	Diametro esterno DE mm		Spessore di parete in ghisa						
	Nominale	Tolleranza	Classe 20 mm	Classe 25 mm	Classe 30 mm	Classe 40 mm	Classe 50 mm	Classe 64 mm	Classe 100 mm
40	56	+1/-1.2				3,0	3,5	4	4,7
50	66	+1/-1.2				3,0	3,5	4	4,7
60	77	+1/-1.2				3,0	3,5	4	4,7
65	82	+1/-1.2				3,0	3,5	4	4,7
75	75	+0,5/-1,8		3					
80	98	+1/-2,7				3,0	3,5	4	4,7
90	90	+0,6/-2,8		3					
100	118	+1/-2,8				3,0	3,5	4	4,7
110	110	+0,7/-2,8		3					
125	125	+0,8/-2,8		3					
125	144	+1/-2,8				3,0	3,5	4	5
140	140	+0,9/-2,8		3,1					
150	170	+1/-2,9				3,0	3,5	4	5,9
160	160	+1/-2,8		3,2					
200	222	+1/-3,0				3,1	3,9	5	7,7
250	274	+1/-3,1				3,9	4,8	6,1	9,5
300	326	+1/-3,3				4,6	5,7	7,3	11,2
350	378	+1/-3,4			4,7	5,3	6,6	8,5	13
400	429	+1/-3,5			4,8	6,0	7,5	9,6	14,8
450	480	+1/-3,6			5,1	6,8	8,4	10,7	16,6
500	532	+1/-3,8			5,6	7,5	9,3	11,9	18,3
600	635	+1/-4,0			6,7	8,9	11,1	14,2	21,9
700	738	+1/-4,3		6,8	7,8	10,4	13,0	16,5	
800	842	+1/-4,5		7,5	8,9	11,9	14,8	18,8	
900	945	+1/-4,8		8,4	10,0	13,3	16,6		
1.000	1.048	+1/-5,0		9,3	11,1	14,8	18,4		
1.100	1.152	+1/-6,0	8,2	10,2	12,2	16,2	20,2		
1.200	1.255	+1/-5,8	8,9	11,1	13,3	17,7	22,0		
1.400	1.462	+1/-6,6	10,4	12,9	15,5				
1.500	1.565	+1/-7,0	11,1	13,9	16,6				
1.600	1.668	+1/-7,4	11,9	14,8	17,7				
1.800	1.875	+1/-8,2	13,3	16,6	19,9				
2.000	2.082	+1/-9,0	14,8	18,4	22,1				

I tubi potranno essere muniti dei seguenti tipi di giunti:

- giunti elastici;
- giunti elastici antisfilamento;
- giunti a flangia.

Il Fabbricante dei tubi, raccordi ed accessori dovrà operare in regime di Qualità Aziendale certificata secondo la ISO 9001:2015 per gli scopi di progettazione, produzione commercializzazione e l'Organismo Terzo di certificazione dovrà avere firmato il protocollo europeo per l'accreditamento

#### 9.2.5 Giunti

I materiali costituenti le guarnizioni in elastomero devono essere conformi ai requisiti della norma UNI EN 681-1, tipo WA per impiego acqua.

In ogni caso, le guarnizioni dovranno possedere i requisiti richiesti dal D.M. 174 e alle prescrizioni equivalenti dello stesso.

Per quanto riguarda i requisiti di prestazione dei giunti, dovranno essere rispettate le prescrizioni delle già citate norme UNI EN 545.

#### 9.2.6 Giunti Elastici

I tubi ed i raccordi con giunti elastici devono essere conformi a quanto previsto dalle norme UNI EN 545, per quanto concerne il diametro esterno dell'estremità liscia e le tolleranze. Ciò comporta la possibilità di interconnessione tra componenti dotati di differenti tipi di giunti elastici, secondo quanto descritto dalle suddette norme.

Tutti i tipi di giunti elastici dovranno essere supportati da prove di prestazione nelle condizioni descritte nelle norme UNI EN 545 e certificate da Organismo terzo che abbia eseguito le prove di prestazione dei giunti presso la Fabbrica di produzione: il certificato dovrà riportare i valori delle pressioni raggiunte nel corso delle prove.

I giunti elastici, in pratica giunti a bicchiere con guarnizione in gomma, debbono consentire piccoli spostamenti angolari e longitudinali del tubo senza che venga meno la perfetta tenuta.

La deviazione angolare ammissibile deve essere dichiarata dal fabbricante, e non deve essere minore di:

- 3° 30' da DN40 a DN300
- 2° 30' da DN350 a DN600
- 1° 30' da DN700 a DN2000.

Anche il gioco assiale ammissibile deve essere dichiarato dal fabbricante.

I giunti elastici potranno essere a serraggio meccanico o a serraggio automatico.

- giunto elastico a serraggio meccanico

Il bicchiere termina con una flangia e la tenuta viene ottenuta con una guarnizione di gomma che viene stretta contro la sede nel bicchiere mediante una controflangia che dovrà proteggere i bulloni dal contatto diretto con il terreno di posa. L'operatore dovrà pulire accuratamente il bicchiere e l'estremità liscia del tubo, passare all'interno del bicchiere e all'esterno dell'estremità liscia del tubo una pasta lubrificante, poi infilare dal lato dell'estremità liscia del tubo da installare prima la controflangia e poi la guarnizione, infine il tubo da installare viene spinto entro il bicchiere e tenendolo contratto si spinge la controflangia verso il bicchiere del tubo già installato; infilando poi i bulloni ed i relativi dadi nei fori costituiti alla bisogna nella controflangia e serrandoli a mezzo di una chiave dinamometrica in opportuna sequenza in croce secondo le coppie di serraggio indicate dal Fabbricante, si ottiene lo schiacciamento della guarnizione contro la sua sede nel bicchiere e contro la parete esterna del tubo. In ogni caso l'estremità del tubo non dovrà toccare il fondo del bicchiere ma tenersene scostato per consentire eventuali deviazioni.

- giunto elastico a serraggio automatico

Il meccanismo di tenuta di tale giunto dovrà essere conforme alla norma UNI EN 545. La tenuta è ottenuta automaticamente attraverso la forma della guarnizione che è bloccata in una sede apposita nel bicchiere. La guarnizione quindi non viene infilata nel tubo da installare come nei casi del giunto a serraggio meccanico, ma nel bicchiere del tubo, avendo cura di cospargere con pasta lubrificante a corredo, la guarnizione, l'estremità liscia del tubo e la sede della guarnizione nel bicchiere, durante la fase di congiunzione delle barre e dei raccordi.

#### 9.2.7 Giunti Elastici Antisfilamento

Lo scostamento angolare ammissibile dichiarato dal fabbricante deve risultare non minore della metà di quello indicato per i giunti elastici al punto precedente.

Per i giunti antisfilamento valgono le medesime prescrizioni del paragrafo suddetto riguardo alle prove di prestazione.

#### 9.2.8 Giunti a flangia

Le flange dovranno essere fabbricate in modo da poter essere collegate con flange le cui dimensioni e tolleranze siano conformi alla norma EN 1092-2. Ciò assicura l'interconnessione tra tutti i componenti flangiati (tubi, raccordi, valvole, ecc.) della stessa PN e dello stesso DN, nonché una adeguata prestazione del giunto.

I bulloni ed i dadi devono essere almeno conformi alle prescrizioni della norma EN ISO 4016:2000 e della EN ISO 4034:2000, grado 4.6. Quando applicabile, le rondelle devono essere conformi alla EN ISO 7091.

Il fabbricante deve precisare nei suoi cataloghi se i suoi prodotti sono normalmente forniti con flange fisse o con flange orientabili, anche se tale elemento non ha influenza sull'interconnessione.

Le guarnizioni dei giunti a flangia possono essere fra quelle indicate nella norma EN 1514. Qualora poi le guarnizioni dovessero essere per necessità costituite da materiale diverso dalla gomma, tale materiale dovrà risultare conforme alla corrispondente norma europea oppure, in assenza di questa, alla corrispondente norma ISO.

### 9.2.9 Rivestimenti interni ed esterni per tubi

Se non diversamente specificato tutti i tubi devono essere forniti:

- DN 60 – 1000: con rivestimento esterno in lega di zinco-alluminio che potrà essere additivata con altro metallo avente riconosciute proprietà tali da inibire la biocorrosione localizzata, avente una massa non minore di 400g/m<sup>2</sup> con strato di finitura di vernice preferibilmente ottenuta a partire da emulsione in fase acquosa di resina acrilica-pvdc esente da bisfenoli, applicato conformemente alle prescrizioni della norma UNI EN 545;
- DN 1100 – 2000 con rivestimento esterno in lega di zinco-alluminio che potrà essere additivata con altro metallo avente riconosciute proprietà tali da inibire la biocorrosione localizzata, avente una massa non minore di 400g/m<sup>2</sup> con strato di finitura di vernice preferibilmente ottenuta a partire da emulsione in fase acquosa di resina acrilica-pvdc esente da bisfenoli, applicato conformemente alle prescrizioni della norma UNI EN 545.
- DN 60 – 2000 con un rivestimento interno in malta cementizia d'altoforno resistente ai solfati applicata per centrifugazione, conforme alla norma UNI EN 545

Possono altresì essere forniti i seguenti rivestimenti, in relazione alle condizioni di impiego esterne ed interne, e sotto indicazioni della Direzione Lavori:

#### a) Rivestimenti esterni:

- rivestimento con manicotto di polietilene (in aggiunta al rivestimento di zinco con strato di finitura);
- rivestimento in polietilene estruso conforme alla norma EN 14628-1;
- rivestimento in poliuretano conforme alla norma EN 15189;
- rivestimento in malta di cemento rinforzata con fibre avente uno spessore nominale non minore di 5 mm conforme alla norma EN 15542;

#### b) Rivestimenti interni:

- rivestimento in poliuretano conforme alla norma EN 15655.
- resina termoplastica

#### c) Rivestimento della zona di giunzione:

- resina epossidica;
- rivestimento in poliuretano
- resina termoplastica

Tali rivestimenti esterni ed interni devono essere conformi alle corrispondenti norme europee oppure, ove non esistano norme europee, a norme nazionali o a norme ISO, oppure ad una specifica tecnica concordata.

Per i rivestimenti indicati in c), qualora sussista l'accordo tra stazione appaltante e, per il tramite dell'appaltatore, il fabbricante, lo scostamento superiore limite sul diametro esterno dell'estremità liscia rivestita può essere maggiore di quello indicato al paragrafo 8.1 della norma UNI EN 545, a condizione che sia assicurata l'interconnessione dei prodotti.

Tutti i rivestimenti interni ed esterni devono essere conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 545.

#### Rivestimento esterno del tipo poliuretano

Nel caso in cui il rivestimento esterno sia del tipo poliuretano, tutti i tubi dovranno essere protetti all'esterno con tale rivestimento, applicato secondo le prescrizioni della norma EN 15189 ed avente i seguenti requisiti:

- essere continuo e con una aderenza > 8 MPa;
- allungamento a rottura minimo >2,5 %;
- spessori minimi 0,7 mm conformi alla norma UNI EN 15189;
- resistenza dielettrica per la verifica di assenza di porosità di almeno 4,2 kV;

- durezza pari ad almeno 70 Shore D secondo la norma ISO 868
- resistenza alle temperature esterne fino a 120 °C.

Nel caso in cui il rivestimento esterno dei tubi sia del tipo poliuretano i raccordi in ghisa sferoidale da utilizzare con detti tubi saranno muniti di un rivestimento esterno di vernice epossidica di spessore minimo pari a 250 µm secondo la norma UNI EN 14901.

- Rivestimento esterno del tipo in polietilene estruso

Nel caso in cui il rivestimento esterno sia del tipo in polietilene estruso tutti i tubi dovranno essere protetti all'esterno con tale rivestimento, applicato secondo le prescrizioni della norma EN 14628-1 e preferibilmente secondo le opzioni PE-C, PE-E, PE-G, ed avente i seguenti requisiti:

- essere continuo ben aderente e fabbricato a partire da materiale vergine;
- spessori di polietilene secondo quanto indicato a norma EN 14628 in Tab. 2;
- allungamento a rottura minimo >200 %;
- avere gli spessori minimi indicati nella norma;
- resistenza dielettrica per la verifica di assenza di porosità a mezzo di elettrodi da 25 kV;
- resistenza alle temperature esterne fino a 50 °C.

Nel caso in cui il rivestimento esterno dei tubi sia del tipo in polietilene estruso suddetto i raccordi in ghisa sferoidale da utilizzare con detti tubi saranno muniti di un rivestimento esterno di vernice epossidica di spessore minimo pari a 250 µm secondo la norma UNI EN 14901.

- Rivestimento esterno in Lega di zinco-alluminio ed eventualmente un altro metallo avente proprietà contro la biocorrosione localizzata più uno strato di finitura a base acquosa

Nel caso in cui il rivestimento esterno sia costituito da uno strato di lega zinco – alluminio, che potrà essere additivata con altro metallo avente riconosciute proprietà tali da inibire la biocorrosione localizzata, tutto come da appendice D della UNI EN 545:2010, tale rivestimento dovrà avere una massa minima di 400 g/m<sup>2</sup> con uno strato di finitura preferibilmente ottenuto a partire da emulsione in fase acquosa di resina acrilica-pvdc esente da bisfenoli, e i raccordi in ghisa sferoidale saranno muniti di un rivestimento elettrodepositato avente uno spessore minimo di 70 µm applicato su una superficie granigliata e fosfatata, oppure con rivestimento epossidico di spessore minimo di almeno 250 µm secondo la norma UNI EN 14901.

#### Rivestimento interno del tipo poliuretano

Nel caso in cui il rivestimento interno sia del tipo poliuretano da utilizzare solo per il convogliamento di acque grezze e/o comunque per acque con pH acido normalmente non per uso potabile, tutti i tubi dovranno essere protetti all'interno con un rivestimento in poliuretano secondo la norma EN15655 che possieda i seguenti requisiti:

- essere continuo e con una aderenza > 8 MPa;
- allungamento a rottura minimo >2,5 %;
- spessori minimi superiori a 0,8 mm per un valore medio di 1,3 mm fino al DN 200 mm e di 1,5 mm per diametri maggiori, (secondo il progetto di norma EN del CEN TC 203 WG8);
- resistenza dielettrica per la verifica di assenza di porosità di almeno 3,0 kV per DN ≤ 700 mm e 4,0 kV per diametri superiori;
- durezza pari ad almeno 70 Shore D secondo la norma ISO 868
- resistenza chimica per soluzioni saline, acide o basiche compresa tra pH=1 e pH=14.

L'estremità liscia ed il profilo interno del bicchiere potranno essere rivestiti con uno dei seguenti rivestimenti:

- vernice epossidica di spessore pari a 0,25 mm, conformemente alla norma UNI EN 14901
- poliuretano avente uno spessore minimo pari a 0,10 mm.
- vernice bituminosa (solo per acqua potabile)

- vernice multistrato a base epossidica o poliuratanico-epossidica

Nel caso in cui il rivestimento interno sia del tipo poliuretano i raccordi in ghisa sferoidale saranno muniti di un rivestimento esterno e soprattutto interno di vernice epossidica di spessore minimo pari a 250  $\mu$ m secondo la norma UNI EN 14901.

Il rivestimento protettivo in poliuretano all'interno dei tubi dovrà essere certificato per l'idoneità al contatto con acque destinate al consumo umano qualora eccezionalmente utilizzato per acque ad uso potabile.

#### Rivestimento interno con resina termoplastica

Nel caso in cui il rivestimento interno sia di resina termoplastica, questo deve offrire i seguenti requisiti:

- Densità (pellicola secca): 0,96 g/cm<sup>3</sup>
- Aderenza (Iso 4624):  $\geq 10$  Mpa su piastra d'acciaio;
- Durezza shore D: 44;
- Allungamento a rottura (ISO 527)  $\geq 400\%$ ;
- Stress cracking (ASTM D 1693)  $> 1000$  h;
- Tempo di induzione prima dell'ossidazione a 200 °C (EN 728)  $> 10$  min con O<sub>2</sub>

Nel caso in cui il rivestimento interno sia con resina termoplastica, i raccordi in ghisa sferoidale saranno muniti di un rivestimento esterno e soprattutto interno di vernice epossidica di spessore minimo pari a 250  $\mu$ m secondo la norma UNI EN 14901.

#### 9.2.10 Rivestimenti interni ed esterni per i raccordi e gli accessori

Tutti gli accessori ed i raccordi dovranno essere forniti con un rivestimento interno ed esterno di vernice sintetica o epossidica, e/o con un rivestimento elettrodepositato epossidico di spessore di almeno 70  $\mu$ m, applicato su una superficie preliminarmente granigliata e fosfatata e comunque conformemente alle prescrizioni del paragrafo 4.5.2 della norma UNI EN 545;

Possono altresì essere forniti i seguenti rivestimenti, in relazione alle condizioni di impiego esterne ed interne, secondo quanto indicato nelle appendici D ed E della norma UNI EN 545:

##### a) Rivestimenti esterni:

- rivestimento di vernice ricca di zinco con strato di finitura;
- rivestimento con manicotto di polietilene (in aggiunta al rivestimento di zinco con strato di finitura) tale rivestimento dovrà essere conforme alla norma UNI ISO 8180:1986;
- in caso di terreni assai aggressivi in vernice epossidica di spessore pari a 250  $\mu$ m, conformemente alla norma UNI EN 14901

##### b) Rivestimenti interni:

- rivestimento di malta cementizia rinforzato;
- rivestimento di malta cementizia con mano di riempimento a spessore (seal coat);
- rivestimento in poliuretano;
- rivestimento in smalto;
- rivestimento epossidico di spessore pari a 250  $\mu$ m, conformemente alla norma UNI EN 14901

Tali rivestimenti esterni ed interni devono essere conformi alle corrispondenti norme europee oppure, ove non esistano norme europee, a norme nazionali o a norme ISO, oppure ad una specifica tecnica concordata.

Tutti i rivestimenti interni ed esterni devono essere conformi alle prescrizioni del paragrafo 4.1.4 della norma UNI EN 545.

#### 9.2.11 Marcatura dei tubi e dei raccordi

Dovrà essere eseguita in conformità alla norma UNI EN 545.

In particolare, tutti i tubi e i raccordi dovranno riportare, marcati in modo leggibile e durevole, almeno i seguenti dati:

- nome e marchio della ditta produttrice;

- anno di fabbricazione;
- designazione della ghisa sferoidale;
- diametro nominale DN;
- se del caso, la classificazione delle flange secondo la PN;
- il riferimento alla norma UNI EN 545;
- la designazione della classe di spessore dei tubi centrifugati;

Potranno essere concordate eventuali altre indicazioni delle caratteristiche principali, da riportare a vernice.

#### 9.2.12 Certificazioni e documentazione

La fornitura dovrà essere accompagnata dai seguenti documenti che dovranno essere forniti all'Ente Appaltante direttamente dal/dai Fornitore/i dei tubi e dei raccordi per l'accettazione preliminare dei prodotti:

1. Certificato del Sistema di Gestione Qualità ISO 9001:2015 emesso da organismo terzo accreditato da organismo firmatario del protocollo europeo per l'accreditamento secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17021.
2. Certificato del Sistema di Gestione Ambientale ISO14001 emesso da organismo terzo accreditato da organismo firmatario del protocollo europeo per l'accreditamento secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17021.
3. Certificato di Prodotto per la conformità alla norma EN 545:2010 per i tubi offerti, emesso da organismo terzo accreditato da organismo firmatario del protocollo europeo per l'accreditamento secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17065. Il certificato di prodotto dovrà essere relativo allo stabilimento di produzione dove verranno fabbricati i tubi offerti per la fornitura in oggetto e sarà probante dell'origine dei prodotti stessi.
4. Certificato delle Prove di Prestazione di cui al punto 7 della norma EN 545:2010 per tutti i giunti compresi nell'offerta emesso da organismo terzo che comprovi l'effettuazione delle prove da parte di un laboratorio accreditato da organismo firmatario del protocollo europeo per l'accreditamento secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17025.
  - Conformità della tenuta idraulica dei giunti elastici nei confronti della pressione interna positiva.
  - Conformità della tenuta idraulica dei giunti elastici nei confronti della pressione interna negativa.
  - Conformità della tenuta idraulica dei giunti elastici nei confronti della pressione esterna positiva.
  - Conformità della tenuta idraulica dei giunti elastici nei confronti della pressione interna dinamica.
5. Certificato di accreditamento del Laboratorio presso il quale sono state eseguite le Prove di Prestazione di cui al punto 4.
6. Certificato comprovante per i DN previsti nella fornitura in oggetto le deviazioni angolari massime dei giunti con le quali sono state effettuate le prove di prestazione, emesso da organismo terzo.
7. Certificato di ente terzo per la rispondenza delle guarnizioni alla norma EN 681-1.
8. Certificati di alimentarietà rilasciati da Laboratorio di analisi di primaria importanza, avente sede in Italia e/o Unione Europea, attestante la conformità alle disposizioni del Decreto Ministeriale n. 174 del 06/04/2004 per tutte le parti a contatto con l'acqua dei materiali offerti per il lavoro in oggetto ed in particolare per ogni singola miscela di elastomero per le guarnizioni e per ogni singola vernice utilizzata per i rivestimenti.
9. Certificato rilasciato da organismo terzo per la conformità della malta cementizia alla resistenza a compressione del cemento secondo EN 545, § 7.1
10. Certificato rilasciato da organismo terzo per la conformità della malta cementizia alla Direttiva Europea 98/83/EC secondo EN 545, § 4.5.3.1
11. Certificato rilasciato da organismo terzo per la conformità della malta cementizia alla norma EN197-1 secondo EN 545, § 4.5.3.1
12. Certificato di conformità CE del cemento impiegato per la malta cementizia secondo quanto richiesto dalla norma EN197-1 all'Allegato ZA, rilasciato da ente terzo notificato dalla Comunità Europea.

13. Certificato di evidenza delle prestazioni a lungo termine secondo quanto richiesto dalla norma EN 545:2010 – Appendice D Paragrafo D.2.2. per il rivestimento esterno costituito da una lega di zinco/alluminio o da una lega di zinco/alluminio additivata in rame (o altro metallo con proprietà contro la corrosione batterica) in ragione di 400 gr/m<sup>2</sup>, emesso da organismo terzo.

A discrezione dell'Ente Appaltante la verifica dei suddetti requisiti dei Fabbrikanti potrà essere valutata annualmente dall'Ente Appaltante.

Qualora necessario l'Ente appaltante si riserva la possibilità di richiedere per le certificazioni di terza parte sopra indicate l'originale o la copia conforme.

#### 9.2.13 Accettazione dei tubi e dei pezzi speciali

##### - Controlli e prove per l'accettazione

Nel caso che la Stazione Appaltante decida per un collaudo specifico dei materiali da fornire, la stessa richiederà preliminarmente all'ordine certificazioni di tipo 3.1 secondo la norma UNI EN 10204 o di tipo 3.2 qualora la Stazione Appaltante decida di recarsi presso lo/gli Stabilimento/i del Produttore dei tubi e/o dei pezzi speciali.

Al fine dell'effettuazione dei controlli e delle prove in fase di produzione, finalizzati all'accettazione dei tubi e dei pezzi speciali, la stazione appaltante ha la facoltà di inviare un proprio rappresentante o di incaricare un laboratorio qualificato di sua fiducia.

A tale scopo, la stazione appaltante dovrà essere preavvertita in tempo utile dell'inizio delle operazioni di produzione. La ditta produttrice dovrà eventualmente fornire le macchine di prova, il materiale, gli strumenti di controllo ed il personale necessario al fine di consentire agli incaricati della stazione appaltante l'effettuazione di tutte le verifiche ritenute utili all'accertamento della rispondenza della produzione alle prescrizioni del presente capitolato.

Qualora la stazione appaltante non si avvalga della suddetta facoltà, la ditta produttrice potrà comunque procedere alla produzione.

La stazione appaltante disporrà comunque sulla fornitura approvvigionata in cantiere – a cura di un proprio rappresentante o di un laboratorio qualificato di sua fiducia – al fine di eseguire tutti i controlli e prove a campione, ritenute utili all'accertamento della rispondenza della fornitura alle prescrizioni del presente disciplinare, e comunque in corrispondenza a quanto indicato dalle norme UNI EN 545:2010.

La Stazione appaltante peraltro si riserva la decisione di non eseguire prove di collaudo specifiche delle partite per operare, in vece di queste, un controllo generale della qualità dei materiali forniti da effettuarsi presso lo/gli Stabilimenti di fabbricazione ed anche su materiali non facenti parte degli ordini ma anche similari per diametro e/o per tecnologia produttiva.

In tale occasione la Stazione Appaltante si riserva di verificare che tutte le procedure di verifica e controllo ispettivo del Fabbrikante corrispondano ad uno specifico piano di controllo della qualità e del processo in Fabbrica valido per qualsivoglia fornitura e prodotto: in tale caso la fornitura potrà essere accompagnata da certificati di tipo 2.1 secondo la Norma UNI EN 10204.

La stazione appaltante abbinerà altresì solo di certificazioni di tipo 2.1 secondo la Norma UNI EN 10204 qualora il Fabbrikante dei tubi e dei raccordi oggetto di fornitura possieda certificazione di Prodotto emessa da Organismo Terzo accreditato, secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17065, che abbia firmato il Protocollo europeo di accreditamento: tale certificazione dovrà essere direttamente consegnata all'Ente Appaltante dal/dai Fornitore/i dei tubi e dei raccordi.

##### - Formazione delle partite

L'intera fornitura potrà venire suddivisa in singole partite di materiali il più possibile omogenee dal punto di vista sia della forma sia della fabbricazione.

La formazione delle partite di materiali approntati, su cui saranno eseguite le operazioni di controllo e prova da parte del rappresentante della stazione appaltante, avverrà di norma secondo i seguenti criteri, salvo particolari accordi che verranno presi tra le parti in relazione ai quantitativi effettivi di materiali compresi nell'appalto.

I tubi verranno suddivisi in partite di cento elementi di uguale diametro e spessori, fabbricati in successione.

I pezzi speciali in partite del peso complessivo di 10 ton circa, composte possibilmente da elementi colati in successione e che abbiano ricevuto, eventualmente, lo stesso trattamento termico.

Dalle partite di materiali prodotti verranno prelevati, a discrezione del rappresentante della stazione appaltante, saggi per le prove in numero esuberante rispetto a quello strettamente necessario, per eventuali prove ripetute. I saggi dovranno essere prelevati dalle testate lisce dei tubi stessi e dai raccordi.

Tutti i tubi, sui quali saranno stati prelevati saggi per le prove di accettazione, saranno accettati dalla stazione appaltante come se avessero la loro lunghezza normale.

Le prove di collaudo idraulico o ad aria per i pezzi speciali potranno avvenire solo su elementi non rivestiti.

- Controllo dei difetti superficiali

Il controllo dei difetti superficiali sarà eseguito sui tubi e sui pezzi speciali approvvigionati in cantiere. Le pareti interne ed esterne dovranno essere sbavate con cura e pulite.

Il controllo sarà effettuato a vista, e cioè senza il soccorso di apparecchiature di ingrandimento.

Al controllo i tubi ed i pezzi speciali dovranno risultare esenti da difetti superficiali tali da nuocere al loro impiego.

- Controllo delle dimensioni

Il controllo delle dimensioni sarà eseguito sui tubi e sui pezzi speciali allo stato di fornitura, secondo quanto previsto dalle norme UNI EN 545.

- Prova di tenuta idraulica

La prova di tenuta dovrà essere eseguita durante il ciclo di produzione mediante prova di pressione interna, su tutti i tubi ed i pezzi speciali non rivestiti.

La prova di tenuta dei tubi e dei raccordi sarà effettuata secondo quanto previsto dalle norme UNI EN 545.

- Prova di trazione

Per i controlli e le prove di accettazione effettuate in periodo successivo a quello di fabbricazione, sulla fornitura già approvvigionata in cantiere, la prova di trazione sarà eseguita su provette estratte da un saggio per ogni partita, prelevato a scelta del rappresentante della stazione appaltante.

La prova di trazione sarà effettuata secondo quanto previsto dal paragrafo 6.3 della norma UNI EN 545.

- Prova di durezza

Per i controlli e le prove di accettazione effettuate in periodo successivo a quello di fabbricazione, sulla fornitura già approvvigionata in cantiere, la prova di durezza sarà eseguita su un campione per ogni partita, prelevato a scelta del rappresentante della stazione appaltante.

La prova di durezza, che potrà essere eseguita sia sulla superficie esterna che sulle sezioni delle stesse provette utilizzate per le prove meccaniche, consisterà nella determinazione della durezza Brinell.

La prova sarà effettuata in conformità al paragrafo 6.4 della norma UNI EN 545.

- Prove sui rivestimenti

In conformità ai paragrafi 4.5.2.1 e 4.5.2.2 della norma EN545:2010, al fine di avere garantita l'aderenza alla parete del tubo del rivestimento in zinco o lega di zinco-alluminio, qualora l'applicazione del rivestimento stesso avvenga in differita rispetto alla centrifugazione ed al trattamento termico, si richiede che i tubi vengano prima sottoposti ad un'operazione di granigliatura e che il fabbricante dichiari in quale stabilimento i tubi sono stati centrifugati e rivestiti esternamente. Sarà quindi facoltà della stazione appaltante eseguire presso un ente terzo qualificato, a carico del fabbricante ed a pena del rifiuto del materiale, delle verifiche sui tubi forniti per stabilire l'entità dello strato di ossido e lo stato della superficie al di sotto del rivestimento esterno in lega di zinco-alluminio.

Le prove sulle masse dei rivestimenti di zinco o lega Zn-Al, lo spessore dei rivestimenti di vernice e del rivestimento interno di malta cementizia, saranno eseguite ciascuna su un campione per ogni partita, conformemente alle prescrizioni dei paragrafi 6.6, 6.7, 6.8 della norma UNI EN 545. Il controllo sulla costituzione della lega Zn-Al secondo quanto descritto all'appendice D della UNI EN 545 (al fine di verificare eventuali difformità dovute a rivestimenti realizzati sotto forma di pseudo-lega) avverrà tramite specifica analisi metallografica.

- Provenienza dei materiali

Ai sensi dell'art. 137 comma 2 del D.lgs. nr. 50/2016, l'offerta sarà respinta se il valore economico dei prodotti fabbricati in paesi terzi, ai sensi del regolamento (UE) n. 952/2013 del Parlamento Europeo, supera il 50 per cento del valore totale dei prodotti offerti.

La norma di cui al presente paragrafo, si applica a tutte le tipologie di appalto.

#### 9.2.14 Effetto dei risultati ottenuti nel controllo dei tubi e dei pezzi speciali

##### - Controllo dei difetti superficiali

Qualora alcUNI tubi o pezzi speciali presentassero leggere imperfezioni superficiali la ditta produttrice potrà rimediare sotto la propria responsabilità, nei modi che riterrà opportuno.

Difetti, sempre di secondaria importanza, potranno essere riparati solamente con il consenso preventivo del rappresentante della stazione appaltante. Nella riparazione la ditta produttrice potrà impiegare qualsiasi provvedimento precedentemente sperimentato, anche la saldatura, assumendosi comunque ogni responsabilità sulla riuscita del lavoro di riparazione.

I tubi ed i pezzi speciali che presentassero imperfezioni o difetti, ritenuti a giudizio del rappresentante della stazione appaltante di notevole importanza ai fini dell'impiego, saranno senz'altro rifiutati.

##### - Controllo delle dimensioni

I tubi ed i pezzi speciali, le cui dimensioni presentassero al controllo differenze rispetto alle dimensioni normali oltrepassanti le tolleranze ammesse, saranno rifiutati.

##### - Prova di trazione

Se i valori della resistenza a rottura, del limite elastico allo 0,2% e dell'allungamento percentuale a rottura risultassero, nella prova di trazione di una provetta, inferiori ai minimi prescritti in precedenza, la prova sarà ripetuta ancora su due provette ricavate dagli altri saggi della medesima partita dei materiali.

I risultati di queste due riprove dovranno soddisfare alle prescrizioni altrimenti la partita dei materiali, cui le prove si riferiscono, sarà rifiutata.

Qualora i risultati della prova di trazione non rispondessero alle prescrizioni a causa di inadeguato trattamento termico dei materiali prodotti, i materiali stessi ed i relativi saggi in causa potranno, con il consenso preventivo del rappresentante della stazione appaltante, essere oggetto di un nuovo trattamento termico e successivamente sottoposti di nuovo alla prova di accettazione.

Nell'esame dei risultati della prova di trazione non si terrà conto dell'esito di prove eseguite su provette che presentassero evidenti difetti di natura accidentale.

##### - Prove di durezza

Se il valore della durezza Brinell risultasse superiore ai massimi prescritti in precedenza, la prova sarà ripetuta ancora su due provette ricavate dagli altri saggi della medesima partita dei materiali.

I risultati di queste due riprove dovranno soddisfare alle prescrizioni altrimenti la partita dei materiali, cui le prove si riferiscono, sarà rifiutata.

Qualora i risultati della prova di durezza non rispondessero alle prescrizioni a causa di inadeguato trattamento termico dei materiali prodotti, i materiali stessi ed i relativi saggi in causa potranno, con il consenso preventivo del rappresentante della stazione appaltante, essere oggetto di un nuovo trattamento termico e successivamente sottoposti di nuovo alla prova di accettazione.

##### - Prove sui rivestimenti

Se il rivestimento risultasse non conforme alle indicazioni del seguente capitolato tecnico, e comunque in generale difforme dalle prescrizioni della UNI EN 545 e della ISO 16631, la prova sarà ripetuta ancora su due campioni ricavati dagli altri saggi della medesima partita dei materiali.

I risultati di queste due riprove dovranno soddisfare le prescrizioni del capitolato, altrimenti la partita dei materiali, cui le prove si riferiscono, sarà rifiutata. Un'eventuale recidività delle non conformità sulle partite successive di materiale potrà determinare l'applicazione delle penali previste a livello contrattuale.

#### 9.2.15 Accettazione delle guarnizioni di gomma

##### - Controlli e prove per l'accettazione

La stazione appaltante potrà disporre sulla fornitura delle guarnizioni approvvigionata in cantiere – a cura di un proprio rappresentante o di un laboratorio qualificato di sua fiducia – tutti i controlli e prove ritenute

utili all'accertamento della rispondenza della fornitura alle prescrizioni del presente capitolato, come di seguito specificato.

- Controlli generali

Su un quantitativo non maggiore del 10% (dieci per cento) del numero di elementi approvvigionati saranno effettuati i seguenti controlli:

- o controllo dei difetti superficiali;
- o controllo delle dimensioni.

Al controllo dei difetti superficiali le guarnizioni di gomma dovranno presentare omogeneità di materiale, assenze di bolle d'aria, vescichette, forellini e tagli. Saranno tollerati solamente segni, ridottissimi in numero e dimensioni, derivanti da eventuale stampaggio per iniezione. La superficie degli anelli deve essere liscia e perfettamente stampata, esente da difetti, impurità o particelle di materiale estraneo. Sono escluse anche porosità o inclusioni d'aria nella massa.

Le sbavature dovranno essere ridotte ad un minimo che non pregiudichi la tenuta dell'acqua. Eventualmente l'asportazione della bava può essere ottenuta mediante leggera molatura.

Il controllo delle dimensioni potrà riguardare la corrispondenza dimensionale, ove possibile, alle misure indicative descritte nella norma relativa al tipo di giunto utilizzato.

- Prove fisiche-chimiche

Su un quantitativo non maggiore dell'1% (uno per cento) del numero di elementi costituenti le singole partite saranno effettuate le prove necessarie a verificare la rispondenza del materiale costitutivo alle prescrizioni della norma EN 681.1 tipo WA.

Le prove chimiche, che potranno essere effettuate sui campioni di gomma, avranno lo scopo di accertare la presenza nella miscela di elementi non ammessi dalle presenti norme e di verificare, inoltre, che i tenori percentuali rientrino nei valori prescritti.

#### 9.2.16 Effetto dei risultati ottenuti nel controllo delle guarnizioni

- Controlli generali

Gli anelli di guarnizione, che presentassero difetti superficiali, ritenuti a giudizio del rappresentante della Stazione appaltante nocivi ai fini del loro impiego, saranno senz'altro rifiutati.

Gli anelli di guarnizione, le cui dimensioni presentassero, al controllo, differenze rispetto alle dimensioni normali oltrepassanti le tolleranze ammesse, saranno rifiutati.

- Prove fisiche-chimiche

Se le caratteristiche degli anelli di guarnizione risultassero, nelle prove fisiche sull'1% (uno per cento) del quantitativo fornito, non rispondenti alle prescrizioni, le prove saranno ripetute ancora su un altro quantitativo pari al 2% (due per cento).

In caso di esito positivo gli anelli di guarnizione forniti verranno senz'altro accettati; in caso contrario saranno rifiutati.

In ogni caso, qualora dalle analisi chimiche risulti la non idoneità all'impiego per fini potabili, gli anelli di guarnizione saranno senz'altro rifiutati.

#### 9.2.17 Movimentazione

I tubi sono in genere forniti nelle seguenti confezioni:

- dal DN 100 al 300 impacchettati su pallets, con un numero di strati e di tubi dipendente dal DN;
- oltre il DN 300 non impacchettati.

Saranno utilizzati preferibilmente veicoli o rimorchi che presentino una attrezzatura laterale obbligatoria per rendere stabile il carico (sponde di dimensioni sufficienti su ciascun lato).

Nel trasporto dei tubi i piani di appoggio devono essere privi di ingombri e di asperità. I tubi devono essere adeguatamente supportati, evitando sporgenze eccessive al di fuori del piano di carico e disposti sul fondo del rimorchio in orizzontale su due file parallele di assi di legno di buona qualità, fissate al fondo stesso.

Le imbracature per il fissaggio del carico possono essere realizzate con fUNIo bande di canapa o nylon o similari adottando gli opportUNIaccorgimenti in maniera da non creare pressioni sul tubo.

Il sollevamento potrà essere effettuato:

- dalle estremità con l'utilizzo di ganci omologati di forma appropriata rivestiti di una protezione in gomma;
- dalla canna con l'impiego di cinghia piatta e di larghezza adeguata stretta da una fibbia, con l'esclusione di cinghie metalliche che possono danneggiare il rivestimento;
- i pacchi (per tubi fino al DN 300) sono scaricati con l'ausilio di cinghie tessili piatte

Accatastamento dei tubi

I pacchi possono essere accatastati in pile su intercalari, con tre o quattro pacchi per fila e non oltrepassando l'altezza di 2,5 m.

I tubi di diametro maggiore, non forniti in pacchi, potranno essere accatastati secondo tre modalità:

1. In pila continua con il bicchiere disposto in posizione alternata strato per strato. Il primo strato poggia su due assi paralleli, con i bicchieri non a contatto col suolo. Gli strati consecutivi presentano le canne a contatto ed i bicchieri debordanti di 10 cm oltre il bicchiere dall'estremità liscia del tubo sottostante per evitare deformazioni. Per il sollevamento devono impiegarsi i ganci.
2. In pila continua, con i bicchieri dalla stessa parte. Dopo il primo strato su assi, i tubi si allineano verticalmente con l'impiego di intercalari di spessore adeguato tra strato e strato. Permette ogni modalità di sollevamento.
3. In quadrato con canne a contatto e tubazioni su ogni strato aventi il bicchiere in posizione alternata. Gli strati consecutivi sono disposti perpendicolarmente. Secondo il tipo di impilamento e il DN dei tubi, si raccomanda di non oltrepassare i valori della tabella sottostante.

Altezza di immagazzinamento

NUMERO MASSIMO DI STRATI IN FUNZIONE DELLA FORMAZIONE DELLE PILE			
DIAMETRO NOMINALE DN	LUNGHEZZA UNITARIA m	MODALITA' 1	MODALITA' 2 e 3
100	8	58	27
125	8	47	24
150	8	40	22
200	8	31	18
250	8	25	16
300	8	21	14
(350)	8	18	12
400	8	15	11
(450)	8	12	9
500	8	10	8
600	8	7	6
700	7	6	5
800	7	5	4
900	7	4	3
1000	7	3	2
(1100)	7	3	3
1200	8	2	2
1400	8	2	2
(1500)	8	2	2
1600	8	2	1
1800	8	2	1

## Immagazzinamento delle guarnizioni

Le guarnizioni dovranno essere immagazzinate secondo le raccomandazioni delle norme NFT 46-022 e 150-2230 al fine di conservarne la qualità e l'efficacia; in particolare dovranno essere al riparo dalla luce diretta del sole o artificiale con temperatura di immagazzinamento inferiore a 25 °C. Prima della messa in opera le guarnizioni conservate a bassa temperatura dovranno essere riportate a 20 °C per alcune ore riportarle alla flessibilità originaria, evitando di deformarle a freddo. Il magazzino non dovrà contenere materiale capace di produrre ozono per la sua azione particolarmente nociva sugli elastomeri.

### 9.2.18 Collaudo in opera delle condotte in ghisa sferoidale

Il collaudo idraulico delle condotte in ghisa sferoidale consiste nell'esecuzione di una prova in conformità a quanto descritto dalla ISO 10802, con le modalità che di seguito si riportano.

Prima della prova, dovrà essere debitamente ancorato ogni cambiamento di direzione e/o sezione, per mezzo di blocchi di ancoraggio o giunti antisfilamento. L'isolamento del tronco da collaudare non dovrebbe essere superiore a 500÷1000 m.

La prima parte della prova, salvo diverse disposizioni della direzione lavori, verrà effettuata a giunti scoperti, avendo cura di ricoprire la restante parte dei tubi.

Il riempimento della tratta da provare, verrà effettuato dall'estremo più depresso, fino al raggiungimento della pressione di prova, avendo cura di disporre dei dispositivi di evacuazione dell'aria nei punti più alti.

Inizialmente si porterà la condotta alla pressione di esercizio mantenendola per il tempo sufficiente alla stabilizzazione della stessa. Successivamente, si procederà ad esaminare visivamente lo stato dei giunti e dei blocchi per ravvisarne eventuali difetti.

Quando l'esame visivo dia esito positivo, si porterà gradatamente la pressione al valore di collaudo, in ragione di non più di una atmosfera al minuto primo.

Lo schema idraulico da adottare nelle operazioni di collaudo dovrà essere conforme a quello indicato nella seguente fig. 1. Il registratore manometrico dovrà essere corredato di certificato di taratura e tale da permettere un apprezzamento di differenze di pressione di 0,5 bar.

I manometri a bagno di glicerina, preliminarmente all'esecuzione della prova, dovranno essere testati in modo da verificarne la omogeneità delle misurazioni, con riferimento a quelle fornite dal manometro registratore.

La scelta della pressione di collaudo avverrà in funzione di quella di esercizio PE, pari al massimo valore di pressione che può verificarsi in asse alla tubazione per il più gravoso funzionamento idraulico dello schema.

La pressione di collaudo dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

<i>Durata della prova</i>	<i>Pressione di esercizio</i>	<i>Pressione di collaudo</i>
		Come da EN 10802
4 ore	$P_E \leq 10 \text{ bar}$	$1,5 P_E$
4 ore	$P_E > 10 \text{ bar}$	$P_E + 5 \text{ bar}$

La pressione di collaudo non deve essere superiore a quella massima prescritta dalle norme applicabili agli accessori idraulici eventualmente ricadenti nella tratta, nonché a quella di calcolo dei dispositivi di ancoraggio.

La tolleranza ammessa sull'esito della prova sarà quella descritta nella norma 10802

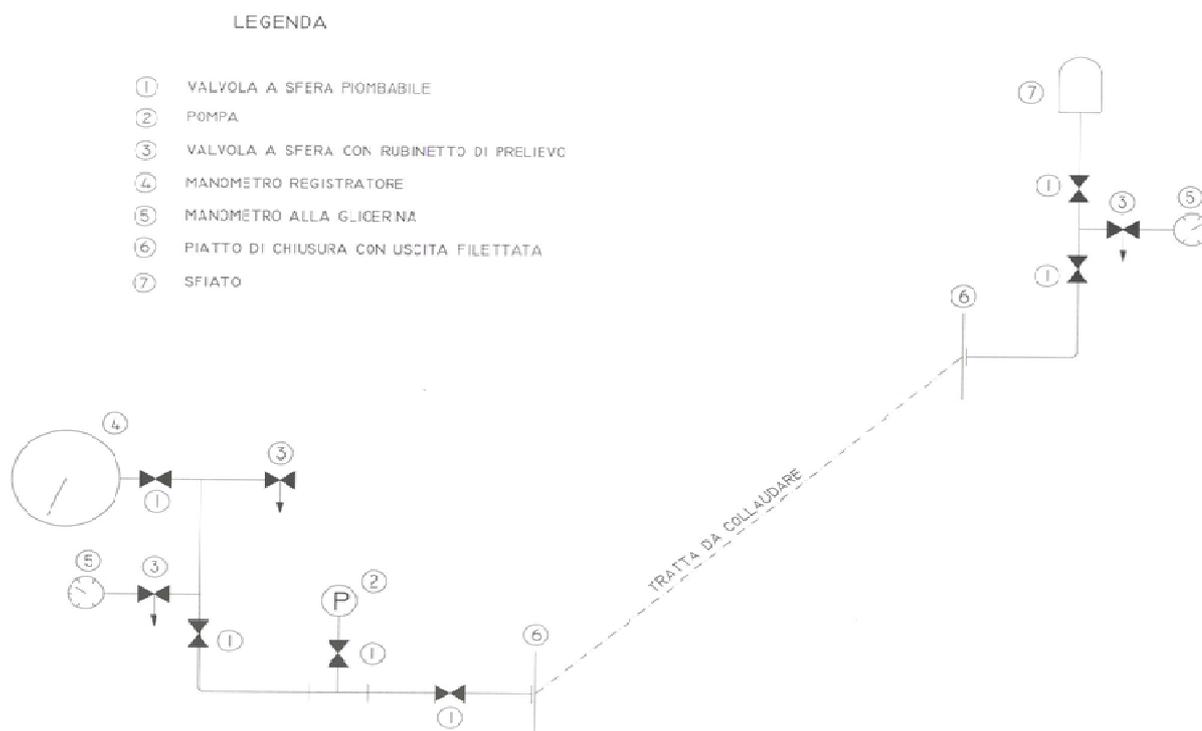


Fig. 1 – Schema installazione apparecchiature per il collaudo di tubazioni in ghisa

#### 9.2.19 Elenco certificati da produrre

1. Certificato del Sistema di Gestione Qualità ISO 9001:2015 emesso da organismo terzo accreditato da organismo firmatario del protocollo europeo per l'accREDITAMENTO secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17021.
2. Certificato del Sistema di Gestione Ambientale ISO14001 emesso da organismo terzo accreditato da organismo firmatario del protocollo europeo per l'accREDITAMENTO secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17021.
3. Certificato di Prodotto per la conformità alla norma EN 545:2010 per i tubi offerti, emesso da organismo terzo accreditato da organismo firmatario del protocollo europeo per l'accREDITAMENTO secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17065. Il certificato di prodotto dovrà essere relativo allo stabilimento di produzione dove verranno fabbricati i tubi offerti per la fornitura in oggetto e sarà probante dell'origine dei prodotti stessi.
4. Certificato delle Prove di Prestazione di cui al punto 7 della norma EN 545:2010 per tutti i giunti compresi nell'offerta emesso da organismo terzo che comprovi l'effettuazione delle prove da parte di un laboratorio accreditato da organismo firmatario del protocollo europeo per l'accREDITAMENTO secondo la norma UNICEI EN ISO/IEC 17025.
  - Conformità della tenuta idraulica dei giunti elastici nei confronti della pressione interna positiva.
  - Conformità della tenuta idraulica dei giunti elastici nei confronti della pressione interna negativa.
  - Conformità della tenuta idraulica dei giunti elastici nei confronti della pressione esterna positiva.
  - Conformità della tenuta idraulica dei giunti elastici nei confronti della pressione interna dinamica.
5. Certificato di accREDITAMENTO del Laboratorio presso il quale sono state eseguite le Prove di Prestazione di cui al punto 4.
6. Certificato comprovante per i DN previsti nella fornitura in oggetto le deviazioni angolari massime dei giunti con le quali sono state effettuate le prove di prestazione, emesso da organismo terzo.

7. Certificato di ente terzo per la rispondenza delle guarnizioni alla norma EN 681-1.
8. Certificati di alimentarietà rilasciati da Laboratorio di analisi di primaria importanza, avente sede in Italia e/o Unione Europea, attestante la conformità alle disposizioni del Decreto Ministeriale n. 174 del 06/04/2004 per tutte le parti a contatto con l'acqua dei materiali offerti per il lavoro in oggetto ed in particolare per ogni singola miscela di elastomero per le guarnizioni e per ogni singola vernice utilizzata per i rivestimenti.
9. Certificato rilasciato da organismo terzo per la conformità della malta cementizia alla resistenza a compressione del cemento secondo EN 545, § 7.1
10. Certificato rilasciato da organismo terzo per la conformità della malta cementizia alla Direttiva Europea 98/83/EC secondo EN 545, § 4.5.3.1
11. Certificato rilasciato da organismo terzo per la conformità della malta cementizia alla norma EN197-1 secondo EN 545, § 4.5.3.1
12. Certificato di conformità CE del cemento impiegato per la malta cementizia secondo quanto richiesto dalla norma EN197-1 all'Allegato ZA, rilasciato da ente terzo notificato dalla Comunità Europea.
13. Certificato di evidenza delle prestazioni a lungo termine secondo quanto richiesto dalla norma EN 545:2010 – Appendice D Paragrafo D.2.2. per il rivestimento esterno costituito da una lega di zinco/alluminio o da una lega di zinco/alluminio additivata in rame (o altro metallo con proprietà contro la corrosione batterica) in ragione di 400 gr/m<sup>2</sup>, emesso da organismo terzo.

### 9.3 Tubazioni in pvc

Le principali norme di riferimento per le condotte in pvc pieno e strutturato sono:

- per i fluidi in pressione: **UNI EN 1452**;
- per gli scarichi nei fabbricati: **UNI EN 1329** e **UNI1543** (pvc strutturato);
- per le fognature: **UNI EN 1401**;
- per gli scarichi industriali: **UNI EN ISO 15493**.

#### 9.3.1 Tubazioni per adduzione d'acqua

La norma **UNI EN 1452-1** specifica gli aspetti generali dei sistemi di tubazioni di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u) nel campo dell'adduzione d'acqua. Le parti comprese tra la seconda e la quinta della stessa norma si applicano ai tubi, raccordi, valvole e attrezzature ausiliarie di pvc-u e anche alle loro giunzioni e alle giunzioni con componenti di altri materiali plastici e non plastici, che possono essere utilizzati per gli impieghi seguenti:

- condotte principali e diramazioni interrate;
- trasporto di acqua sopra terra sia all'esterno che all'interno degli edifici;
- fornitura di acqua sotto pressione a circa 20 °C (acqua fredda), destinata al consumo umano e per usi generali.

La norma è anche applicabile ai componenti per l'adduzione d'acqua fino 45 °C compresi.

Le caratteristiche della polvere di pvc devono rispondere ai requisiti della norma **UNI EN 1452-1** e soddisfare la tabella 34.5.

Tabella : Caratteristiche della resina (polvere) di pvc

Caratteristiche	Requisiti
Valore <i>K</i>	65÷70
Peso specifico apparente	0,5÷0,6
Granulometria	> 250 mm 5% max < 63 mm 5% max
vcm residuo (vinil cloruro monomero)	< 1 ppm (1 mg/kg max)
Sostanze volatili	0,003

Composizione di pvc-u

Il materiale con cui sono prodotti i tubi in pvc-u, i raccordi e le valvole deve essere una composizione (compound) di policloruro di vinile non plastificato. Questa composizione deve consistere di una resina pvc-u, alla quale sono aggiunte le sostanze necessarie per facilitare la fabbricazione di tubi, raccordi e valvole conformi alle varie parti della norma **UNI EN 1452**.

Nessuno degli additivi deve essere utilizzato, separatamente o insieme agli altri, in quantità tali da costituire un pericolo tossico, organolettico o microbiologico o per influenzare negativamente la fabbricazione o le proprietà di incollaggio del prodotto o, ancora, per influire negativamente sulle sue proprietà, fisiche o meccaniche (in particolare la resi-

stenza agli urti e la resistenza meccanica a lungo termine), come definito in varie parti della norma **UNI EN 1452**.

Non è ammesso l'impiego di:

- plastificanti e/o cariche minerali che possano alterare le caratteristiche meccaniche e igieniche del tubo;
- pvc proveniente dalla rigenerazione di polimeri di recupero, anche se selezionati;
- materiale di primo uso estruso, ottenuto cioè dalla molitura di tubi e raccordi, già estrusi anche se aventi caratteristiche conformi alla presente specifica.

Le caratteristiche del blend in forma di tubo devono rispondere ai requisiti della norma **UNI EN 1452-1** e soddisfare la tabella 34.6.

Tabella : Caratteristiche della miscela

Caratteristiche	Requisiti
M.R.S. (secondo iso/tr 9080)	= 25 MPa
Peso specifico	1,35÷1,46 g/cm <sup>3</sup>
Carico unitario a snervamento	= 48 MPa
Allungamento a snervamento	< 10%
Modulo di elasticità	> 3000 MPa
Coefficiente di dilatazione termica lineare	0,06 ÷ 0,08 mm/m°C
Conduttività termica	0,13 kcal/mh°C

#### Aspetto e colore dei tubi

I tubi all'esame visivo senza ingrandimento devono avere le superfici interne ed esterne lisce, pulite ed esenti da screpolature, cavità e altri difetti superficiali suscettibili di impedire la conformità alla presente norma. Il materiale non deve contenere alcuna impurità visibile senza ingrandimento. Le estremità dei tubi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse del tubo.

I tubi devono essere di colore grigio, blu o crema. Il colore dei tubi deve essere uniforme per tutto il loro spessore. Per le applicazioni sopra terra non devono essere impiegati tubi di colore crema. In considerazione dell'eventuale esposizione ai raggi solari, un pur minimo abbassamento della tonalità del colore su di una parte del tubo non deve compromettere l'idoneità del tubo all'impiego e costituire un conseguente motivo di rifiuto della fornitura.

La parete del tubo deve essere opaca e non deve trasmettere più dello 0,2% della luce visibile, misurata secondo la norma **UNI EN 578**. Questo requisito non è applicabile ai tubi di colore crema.

#### Caratteristiche meccaniche

Le caratteristiche meccaniche e fisiche dei tubi devono rispondere ai requisiti della norma **UNI EN1452-2** e soddisfare la tabella 34.7.

Tabella : Caratteristiche meccaniche e fisiche dei tubi

Caratteristiche	Requisiti		Metodi di prova
Resistenza all'urto	T = 0 °C-TIR < 10%		conformi al prospetto 6 della norma <b>UNI EN 1452-2</b> <b>UNI EN 744</b>
Resistenza alla pressione intera	Nessun cedimento durante la prova 20 °C/1h/sigma= 42 MPa 20 °C/100 h/sigma= 35 MPa 60 °C/1000 h/sigma= 12,5 MPa		<b>UNI EN 921</b>
Temperatura di ram-mollimento Vicat (vst)	> 80 °C	conformi alla norma <b>UNI EN 727</b>	<b>UNI EN 727</b>
Ritiro longitudinale	<= 5% Il tubo non deve presentare delaminazione, bolle o rotture	temperatura di prova: 150 °C tempo di immersione: - e = 8 mm: 15 min; - e > 8 mm: 30 min. oppure: temperatura di prova: 150 °C tempo di immersione: - e = 8 mm: 30 min; - e > 8 mm: 60 min,	<b>UNI EN 734. Metodo A: bagno liquido</b>
			<b>UNI EN 734. Metodo B: in aria</b>
Resistenza al dicloro-	Nessun attacco in al-	temperatura di prova: 15 °C tempo di	<b>UNI EN 580</b>

metano ad una temperatura specificata	cuna parte della superficie della provetta	immersione: 30 min	
---------------------------------------	--	--------------------	--

#### Caratteristiche geometriche

I tubi devono essere dei formati (sdr) previsti dalla premessa nazionale alla norma **UNI EN 1452** e avere dimensioni conformi ai valori riportati nei prospetti 1, 2 e 3 del capitolo 6 della norma **UNI EN 1452-2** –*Caratteristiche geometriche*.

Il diametro esterno nominale  $d_n$  di un tubo deve essere conforme al prospetto 1 della norma **UNI EN 1452-2**.

Il diametro esterno medio  $d_{em}$  di un tubo deve essere conforme al relativo diametro esterno nominale  $d_n$  entro le tolleranze date nel prospetto 1 della norma **UNI EN 1452-2**.

Le tolleranze per lo scostamento della circolarità devono essere conformi al prospetto 1 norma **UNI EN 1452-2**.

La lunghezza nominale del tubo, normalmente di 6 m, deve essere una lunghezza minima, che non deve comprendere la profondità delle parti del bicchiere.

Tabella : Spessori minimi di parete dei tubi

Diametro esterno nominale $d_n$ (mm)	Spessore di parete nominale (minimo) (mm)			
	PN 6 bar	PN 10 bar	PN 16 bar	PN 20 bar
20	-	-	1,5	1,9
25			1,9	2,3
32			1,6	2,4
40	1,5	1,9	3,0	3,7
50	1,6	2,4	3,7	4,6
63	2,0	3,0	4,7	5,8
75	2,3	3,6	5,6	6,8
90	2,8	4,3	6,7	8,2
110	2,7	4,2	6,6	8,1
125	3,1	4,8	7,4	9,2
140	3,5	5,4	8,3	10,3
160	4,0	6,2	9,5	11,8
180	4,4	6,9	10,7	13,3
200	4,9	7,7	11,9	14,7
225	5,5	8,6	13,4	16,6
250	6,2	9,6	14,8	18,4
280	6,9	10,7	16,6	20,6
315	7,7	12,1	18,7	23,2
355	8,7	13,6	21,1	26,1
400	9,8	15,3	23,7	29,4
450	11,0	17,2	26,7	33,1
500	12,3	19,1	29,7	36,8
630	15,4	24,1	-	-
710	17,4	27,2		
800	19,6	30,6		
900	22,0	-		
1000	24,5	-		

#### Spessori di parete e relative tolleranze

Gli spessori nominali di parete  $e_n$  sono classificati in base alle serie dei tubi  $S$ .

Lo spessore nominale di parete corrisponde allo spessore di parete minimo ammissibile.

Lo spessore nominale di parete deve essere conforme al prospetto 2 della norma **UNI EN 1452-2**, appropriato alla serie del tubo.

La tolleranza per lo spessore di parete medio  $e_m$  deve essere conforme al prospetto 3 della norma **UNI EN 1452-2**.

#### *Estremità dei tubi per giunti con guarnizione o incollati*

Le estremità lisce dei tubi, da utilizzare con guarnizioni elastomeriche o con bicchieri incollati, devono essere smussate come illustrato in figura 3 della norma **UNI EN 1452-2**. I tubi a estremità lisce, da utilizzare per altri giunti incollati, non devono avere bordi acuminati come previsto dalla stessa norma.

#### *Guarnizioni di tenuta*

Il materiale impiegato per gli anelli di tenuta utilizzati nelle giunzioni dei tubi deve rispondere alla norma **UNI EN 681-1** e deve essere conforme alla classe appropriata. Le guarnizioni devono essere assolutamente atossiche secondo le normative cogenti (disciplina igienico sanitaria).

Il sistema di giunzione, per ciascuna classe di pressione (pn) presente nella fornitura, deve rispondere ai requisiti della norma **UNI EN 1452-5** ed essere testato secondo le norme:

**UNI EN ISO 13844** – *Guarnizioni elastomeriche per giunti a bicchiere per l'uso con tubi di pvc-u. Metodo di prova per la tenuta a pressioni negative;*

**UNI EN ISO 13845** – *Guarnizioni elastomeriche per giunti a bicchiere per l'uso con tubi di pvc-u. Metodo di prova per la tenuta alla pressione interna con deflessione angolare del giunto.*

#### *Marcatura*

I particolari della marcatura devono essere stampati o formati direttamente sul tubo a intervalli massimi di 1 m, in modo che dopo immagazzinamento, esposizione alle intemperie, maneggio e posa in opera, la leggibilità sia mantenuta durante l'uso del prodotto. La marcatura non deve provocare fessure o altri tipi di deterioramento del prodotto. Il colore delle informazioni stampate deve essere differente dal colore di base dei tubi. I caratteri della marcatura devono essere tali da essere leggibili senza ingrandimento.

La marcatura degli elementi eseguita in modo chiaro e durevole dovrà riportare almeno le seguenti indicazioni:

- numero della norma di sistema (**en 1452**);- nome del fabbricante e/o marchio commerciale;- materiale;- diametro esterno nominale  $d_n$ ;- spessore di parete  $e_n$ ;- pressione nominale PN;- informazioni del fabbricante;- numero della linea di estrusione.

I tubi da impiegare specificamente per la distribuzione di acqua pubblica devono inoltre riportare una marcatura con la parola *acqua*.

### 9.3.2 Tubazioni per fognature e scarichi interrati non in pressione

#### *Requisiti della materia prima dei tubi e dei raccordi*

Il materiale con il quale i tubi devono essere fabbricati consta di una miscela a base di polivinilcloruro e additivi necessari alla trasformazione.

Il pvc nei tubi deve essere almeno l'80% sulla miscela totale.

Il pvc nei raccordi deve essere almeno l'85% sulla miscela totale.

La formulazione deve garantire la prestazione dei tubi e dei raccordi nel corso dell'intera vita dell'opera. La quantità minima di resina pvc nel materiale costituente i tubi e i raccordi deve essere quella prescritta dalle norme di riferimento:

- tubi: contenuto di pvc = 80% in massa verificato secondo la norma **UNI EN 1905** – *Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi, raccordi e materiali di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Metodo di valutazione del contenuto di pvc in base al contenuto totale di cloro;*

- raccordi: contenuto di pvc = 85% in massa verificato secondo la norma **UNI EN 1905** – *Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi, raccordi e materiali di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Metodo di valutazione del contenuto di pvc in base al contenuto totale di cloro.*

Il contenuto minimo di pvc può essere verificato su campioni prelevati in tutte le fasi del processo (durante la produzione, da magazzino, da cantiere).

Tabella : Caratteristiche della materia prima in forma di tubo

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodo di prova
Contenuto di pvc	= 80% in massa	Determinazione analitica del contenuto di pvc in base al contenuto di cloro totale		UNI EN 1905
Massa volumica	< 1,53 g/cm <sup>3</sup>	Prova: metodo per immersione		iso 1183
Resistenza alla pressione interna	Nessun cedimento durante il periodo di prova	Chiusure di estremità	Tipo A o tipo B	UNI EN 921
		Temperatura di prova	60 °C	
		Orientamento	Libero	
		Numero di provette	3	
		Tensione circonferenziale	10 MPa	
		Tempo di condizionamento	1 h	
		Tipo di prova	Acqua in acqua	
Periodo di prova	1000 h			

#### Caratteristiche dei tubi

I tubi in pvc-u a parete compatta devono avere classe di rigidità nominale  $sn \dots\dots\dots (kN/m^2)$ , diametro  $\dots\dots\dots$  (mm), spessore  $\dots\dots\dots$  (mm), sdr  $\dots\dots\dots$ , conformi alla norma **UNI EN 1401-1** e classificati con codice d'applicazione U (interrati all'esterno della struttura dell'edificio) o ud (interrati sia entro il perimetro dell'edificio sia all'esterno di esso). Il sistema di giunzione a bicchiere deve essere con anello di tenuta in gomma conforme alla norma **UNI EN 681-1** e realizzato con materiale elastomerico.

#### Raccordi

I raccordi in pvc-u a parete compatta devono avere una classe di rigidità nominale di minimo  $sn 4 (kN/m^2)$ , diametro  $\dots\dots\dots$  (mm), spessore  $\dots\dots\dots$  (mm), sdr max 41, conformi alla norma **UNI EN 1401-1** e classificati con codice d'applicazione U (interrati all'esterno della struttura dell'edificio) o UD (interrati sia entro il perimetro dell'edificio sia all'esterno di esso). Il sistema di giunzione a bicchiere deve essere con anello di tenuta in gomma conforme alla norma **UNI EN 681-1** e realizzato con materiale elastomerico.

#### Dimensioni dei tubi

I tubi devono avere i diametri, gli spessori e le tolleranze rispondenti ai valori riportati nella norma **UNI EN 1401**, capitolo 6, prospetti n. 3, 4, 5 e 6. In particolare, gli spessori dovranno essere conformi alla tabella 34.10, le caratteristiche meccaniche dovranno essere conformi alla tabella 34.11 e le caratteristiche fisiche dovranno essere conformi alla tabella 34.12.

Tabella : Dimensione dei tubi

Dimensione nominale (dn/od)	Diametro esterno nominale dn	SN2 SDR 51		SN4 SDR 41		SN 8 SDR 34	
		e min	e max	e min	e max	e min	e max
110	110	-	-	3,2	3,8	3,2	3,8
125	125	-	-	3,2	3,8	3,7	4,3
160	160	3,2	3,8	4,0	4,6	4,7	5,4
200	200	3,9	4,5	4,9	5,6	5,9	6,7
250	250	4,9	5,6	6,2	7,1	7,3	8,3
315	315	6,2	7,1	7,7	8,7	9,2	10,4
355	355	7,0	7,9	8,7	9,8	10,4	11,7
400	400	7,9	8,9	9,8	11,0	11,7	13,1
450	450	8,8	9,9	11,0	12,3	13,2	14,8
500	500	9,8	11,0	12,3	13,8	14,6	16,3
630	630	12,3	13,8	15,4	17,2	18,4	20,5
710	710	13,9	15,5	17,4	19,4	-	-
800	800	15,7	17,5	19,6	21,8	-	-
900	900	17,6	19,6	22,0	24,4	-	-
1000	1000	19,6	21,8	24,5	27,2	-	-

Tabella : Caratteristiche meccaniche

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova		Metodi di prova
Resistenza all'urto	tir = 10%	Temperatura di prova	(0±1) °C	UNI EN ISO 3127
		Mezzo di condizionamento	Acqua o aria	
		Tipo di percussore	d 90	
		Massa del percussore per:		
		dem = 110 mm	1 kg	
		dem = 125 mm	1,25 kg	
		dem = 160 mm	1,6 kg	
		dem = 200 mm	2,0 kg	
		dem = 250 mm	2,5 kg	
		dem > 315 mm	3,2 kg	
		Altezza di caduta del percussore per:		
		dem < 110 mm	1600 mm	
		dem > 110 mm	2000 mm	

Tabella : Caratteristiche fisiche

Caratteristiche	Requisiti	Parametri di prova	Metodo di prova
Temperatura di ram-mollimento Vicat (vst)	> 79 °C	Conformi alla norma UNI EN 727	UNI EN 727
Ritiro longitudinale	<= 5% Il tubo non deve presentare bolle o screpolature	Temperatura di prova: 150 °C tempo di immersione: - per e <= 8 mm: 15 min; - per e > 8 mm: 30 min. oppure: Temperatura di prova: 150 °C tempo di immersione: - e <= 4 mm: 30 min; - 4 mm < e <= 8 mm: 60 min; - e > 16 mm: 120 min.	UNI EN 734. Metodo A: bagno liquido UNI EN 734. Metodo B: in aria
Resistenza al dicloro-metano a una temperatura specificata	Nessun attacco in alcuna parte della superficie della provetta	Temperatura di prova: 150 °C Tempo di immersione: 30 min	UNI EN 580

### *Marchatura*

La marchatura dei tubi deve essere, su almeno una generatrice, continua e indelebile, conforme ai requisiti della norma **UNI EN 1401** e contenere almeno con intervalli di massimo 2 m le seguenti informazioni:

- numero della norma: **UNI EN 1401**;
- codice d'area di applicazione: U e UD;
- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;
- indicazione del materiale (pvc-u);
- dimensione nominale ( $d_n/od$ );
- spessore minimo di parete (sdr);
- rigidità anulare nominale (sn);
- informazioni del fabbricante (data e luogo di produzione ai fini della rintracciabilità).

### *Sistema qualità e certificazioni*

La ditta produttrice deve essere in possesso di certificati di conformità alla norma **UNI EN ISO 9001** del proprio sistema di qualità aziendale, rilasciata secondo la norma **UNICEI en 45012** da società o enti terzi riconosciuti e accreditati Sincert.

La ditta produttrice deve essere in possesso di certificati di conformità del prodotto (marchio di qualità) sull'intera gamma fornita, rilasciati secondo la norma **UNICEI en 45011** da enti terzi o società riconosciuti e accreditati Sincert.

La ditta produttrice deve allegare alle consegne una dichiarazione di conformità alla norma con specifico riferimento al contenuto minimo di resina pvc = 80% in massa per i tubi.

#### 9.3.3 Tubazioni per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati

### *Materiale di base*

I tubi e i raccordi devono essere realizzati con pvc-u e adeguati additivi.

Il contenuto di pvc deve essere maggiore o uguale all'80% per tubi e all'85% per i raccordi. Il valore di pvc deve essere determinato con metodo in base alla norma **UNI EN 1905**.

È ammesso l'utilizzo di materiale non vergine, secondo le modalità specificate dall'allegato A della norma **UNI EN 1329-1**.

### *Codice dell'area di applicazione*

Nella marchatura, i tubi e i raccordi devono essere identificati dai seguenti codici, per indicare l'area di applicazione a cui sono destinati:

- codice B: per l'area di applicazione dei componenti destinati all'uso sopra terra all'interno degli edifici o per componenti all'esterno degli edifici fissati alle pareti;
- codice D: riferito a un'area sotto ed entro 1 m dall'edificio dove i tubi e i raccordi sono interrati e collegati al sistema di tubazione interrato per le acque di scarico;
- codice BD: riferito ai componenti destinati alle applicazioni in entrambe le aree B e D;
- codici U e UD: non sono compresi dalla norma **UNI EN 1329-1**. Per la relativa definizione si rimanda alla norma **UNI EN 1401-1**.

### *Utilizzo*

La norma **UNI EN 1329-1** si applica ai tubi e ai raccordi di pvc-u, alle loro giunzioni e alle giunzioni con componenti di altri materiali plastici (marcati con B o BD) destinati ai seguenti utilizzi:

- tubazioni di scarico per acque domestiche a bassa e ad alta temperatura;
- tubi di ventilazione collegati agli scarichi di cui al punto precedente;
- scarichi di acque piovane all'interno della struttura dell'edificio.

I tubi e i raccordi possono essere utilizzati in due aree di applicazione, ovvero all'interno della struttura degli edifici (marcati con sigla B) e nel sottosuolo entro la struttura degli edifici (marcati con sigla BD). La lunghezza dei tubi non comprende il bicchiere. Per l'uso di tubazioni interrate nell'area interna della struttura dell'edificio, si intendono solamente i componenti (marcati BD) con diametro esterno nominale uguale o maggiore di 75 mm.

### *Caratteristiche geometriche*

Le caratteristiche geometriche sono le seguenti:

- il diametro esterno nominale è compreso tra 32-315 mm;

- l'ovalizzazione è = 0,024  $d_n$ ;
- la lunghezza tubi è definita dal produttore (escluso il bicchiere);
- lo smusso della testata del tubo ha un angolo compreso tra i 15° e i 45°;
- lo spessore della parete varia in funzione del  $d_n$  e dell'area di applicazione;
- la lunghezza, il diametro e gli spessori dei raccordi sono definiti dalla norma **UNI EN 1329-1**, in funzione del tipo di giunto da realizzare e dell'area di applicazione;
- i raccordi sono realizzati con curve, manicotti, riduzioni e deviatori, secondo figure definite.

#### *Caratteristiche meccaniche*

Le caratteristiche dei tubi sono identificate dalla resistenza all'urto e per aree fredde con urto a - 10 °C.

#### *Caratteristiche fisiche*

Le caratteristiche dei tubi sono identificate da:

- temperatura di rammollimento Vicat;
- ritiro longitudinale;
- resistenza di clorometano.

Le caratteristiche dei raccordi invece sono identificate da:

- temperatura di rammollimento Vicat;
- effetti calore.

Tali valori sono riassunti nella tabella 34.13.

Tabella : Caratteristiche fisiche

<b>Caratteristiche</b>	<b>Requisiti</b>	<b>Parametri di prova</b>		<b>Metodo di prova</b>	
Temperatura di rammollimento Vicat (VST)	> 79 °C	Conformi alla norma <b>UNI EN 727</b>		<b>UNI EN 727</b>	
Ritiro longitudinale	< = 5% Il tubo non deve presentare bolle o screpolature	Temperatura di prova	150 °C	<b>UNI EN 734. Metodo A:</b> bagno liquido	
		Tempo di immersione	15 min		
		oppure			
		Temperatura di prova	150 °C	<b>UNI EN 734. Metodo B:</b> in aria	
Tempo di immersione	30 min				
Resistenza al diclorometano ad una temperatura specificata	Nessun attacco in alcuna parte della superficie della provetta	Temperatura di prova	15 °C	<b>UNI EN 580</b>	
		Tempo di immersione	30 min		

#### *Aspetto e colore dei tubi*

I tubi all'esame visivo senza ingrandimento devono avere le superfici interne ed esterne lisce, pulite ed esenti da screpolature, cavità e altri difetti superficiali suscettibili di impedire la conformità alla presente norma. Il materiale non deve contenere alcuna impurità visibile senza ingrandimento. Le estremità dei tubi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse del tubo.

I tubi e i raccordi devono essere uniformemente colorati attraverso il loro intero spessore. Il colore raccomandato dei tubi e dei raccordi deve essere il grigio.

#### *Raccordi*

I raccordi possono essere realizzati con due sistemi di giunzione: - bicchiere a guarnizione monolabbro;- bicchiere a incollare.

#### *Guarnizioni di tenuta*

La guarnizione di tenuta non deve presentare effetti nocivi sulle proprietà del tubo e del raccordo e non deve provocare la non rispondenza dell'assemblaggio di prova ai requisiti del prospetto 21 della norma **UNI EN 1329-1**.

I materiali per le guarnizioni devono essere conformi alla norma **UNI EN 681-1** o alla norma **UNI EN 681-2**, a seconda dei casi.

Le guarnizioni di elastomeri termoplastici (tpe) devono inoltre essere conformi ai requisiti prestazionali a lungo termine specificati nel prospetto 21 della norma **UNI EN 1329-1**.

### Adesivi

Gli adesivi impiegati devono essere colle a solvente e devono essere specificati dal fabbricante dei tubi o dei raccordi o da un accordo tecnico di parte terza.

Gli adesivi non devono esercitare effetti nocivi sulle proprietà del tubo e del raccordo e non devono causare la mancata rispondenza dell'assemblaggio di prova ai requisiti previsti dal prospetto 21 della norma **UNI EN 1329-1**.

### Emissione di rumore

I sistemi di tubazioni devono garantire un'emissione di rumore inferiore a quanto previsto dal D.P.C.M. 5 dicembre 1991, che per impianti a funzionamento discontinuo prevede un limite di 35 dB misurato in opera secondo la norma **UNI EN ISO 16032**. I sistemi di tubazioni devono essere realizzati con materiali che permettano la classificazione al fuoco secondo la norma **UNI EN 13051** e le relative euroclassi di reazione al fuoco. Garantiscono la posa a regola d'arte secondo quanto previsto da D.M. 22 gennaio 2008, n. 34.

### Procedura di controllo della produzione

L'azienda produttrice deve esibire la procedura di controllo della produzione secondo la norma **UNI EN ISO 9001/2000** e con procedure assimilabili ed esibire certificazioni di qualità dei sistemi di tubazioni rilasciate da enti riconosciuti e qualificati Sincert.

### Marcatura

La marcatura dei tubi deve essere continua e indelebile su almeno una generatrice e conforme ai requisiti della norma **UNI EN 1329-1**, e contenere con intervalli di massimo 1,00 m almeno le seguenti informazioni:- numero della norma: **UNI EN 1329-1**;- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;- diametro nominale;- spessore di parete minimo;- materiale;- codice dell'area di applicazione;- rigidità anulare per l'area di applicazione BD;- informazione del fabbricante.

Per impiego a basse temperature (simbolo del cristallo di ghiaccio), la marcatura dei raccordi deve contenere almeno le seguenti informazioni:- numero della norma: **UNI EN 1329-1**;- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;- diametro nominale;- angolo nominale;- materiale;- codice dell'area di applicazione;- rigidità anulare nominale per applicazione nell'area BD.

La marcatura per incisione deve ridurre lo spessore per non più di 0,25 mm, in caso contrario, non deve essere ritenuta conforme.

### Norme di riferimento

a) tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua:

**UNI EN 1452-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Generalità;

**UNI EN 1452-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Tubi;

**UNI EN 1452-3** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Raccordi;

**UNI EN 1452-4** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Valvole e attrezzature ausiliarie;

**UNI EN 1452-5** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Idoneità all'impiego del sistema;

**UNI ENv 1452-6** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Guida per l'installazione;

**UNI ENv 1452-7** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Guida per la valutazione della conformità.

b) tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione:

**UNI EN 1401-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Specificazioni per i tubi, i raccordi e il sistema;

**UNI ENv 1401-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Guida per la valutazione della conformità;

**UNI ENv 1401-3** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Guida per l'installazione;

**UNI EN 13476-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), polipropilene (pp) e polietilene (pe). Parte I: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali;

**UNI EN 13476-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-

rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), polipropilene (pp) e polietilene (pe). Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A;

**UNI EN 13476-3** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), polipropilene (pp) e polietilene (pe). Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B;

**UNICen/ts 13476-4** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura interrati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), polipropilene (pp) e polietilene (pe). Parte 4: Guida per la valutazione della conformità.

c) tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati:

- parete piena:

**UNI EN 1329-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Specifiche per tubi, raccordi e per il sistema;

**UNI ENv 1329-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Guida per la valutazione della conformità.

- parete strutturata:

**UNI EN 1453-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica con tubi a parete strutturata per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Specifiche per i tubi e il sistema;

**UNI ENv 1453** – Sistemi di tubazioni di materia plastica con tubi a parete strutturata per scarichi (a bassa ed alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Policloruro di vinile non plastificato (pvc-u). Guida per la valutazione della conformità.

#### 9.4 Tubi in polietilene per scarichi (pe)

##### 9.4.1 Polietilene

La norma **UNI EN 1519-1** specifica i requisiti per i tubi, i raccordi e il sistema di tubazioni di polietilene (pe) nel campo degli scarichi:

- all'interno della struttura dei fabbricati (marcati B);

- nei fabbricati, sia nel sottosuolo entro la struttura del fabbricato (marcati BD).

La norma è applicabile ai tubi e ai raccordi di pe di seguito indicati: - a estremità liscia; - con bicchiere munito di guarnizione elastomerica; - per giunti per fusione di testa; - per giunti elettrofusi; - per giunti meccanici.

##### *Composizione del pe*

La composizione per tubi e raccordi deve essere costituita da materiale di base polietilene (pe), al quale possono essere aggiunti gli additivi necessari per facilitare la fabbricazione dei componenti conformi ai requisiti della norma **UNI EN 1519-1**. Per esigenze della normativa antincendio possono essere impiegati anche altri additivi.

I raccordi fabbricati o le parti di raccordi fabbricati devono essere realizzati partendo da tubi e/o stampati conformi, tranne che per i requisiti dello spessore di parete e/o stampati di pe conformi alle caratteristiche meccaniche e fisiche del materiale, come richiesto dalla norma **UNI EN 1519-1**.

##### *Codice dell'area di applicazione*

Nella marcatura i tubi e i raccordi devono essere identificati dai seguenti codici per indicare l'area di applicazione a cui sono destinati (**UNI EN 1519-1**):

- codice B: per l'area di applicazione all'interno del fabbricato e all'esterno per elementi fissati alle pareti;

- codice D: per l'area di applicazione al disotto del fabbricato ed entro 1 m di distanza dal fabbricato per tubi e raccordi interrati e collegati al sistema di scarico del fabbricato;

- codice BD: riferito ad applicazioni in entrambe le aree d'applicazione B e D.

##### *Aspetto e colore dei tubi*

I tubi all'esame visivo senza ingrandimento devono avere le superfici interne ed esterne lisce, pulite ed esenti da screpolature, cavità e altri difetti superficiali suscettibili di impedire la conformità alla presente norma. Il materiale non deve contenere alcuna impurità visibile senza ingrandimento. Le estremità dei tubi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse del tubo.

I tubi e i raccordi devono essere uniformemente colorati attraverso il loro intero spessore. Il colore raccomandato dei tubi e dei raccordi è il nero.

### Spessore di parete

Lo spessore di parete  $e$  deve essere conforme rispettivamente ai prospetti 3 e 4 della norma **UNI EN 1519-1**, nei quali per la serie metrica è ammesso uno spessore di parete massimo, in un punto qualsiasi, fino a  $1,25 e_{min}$ , purché lo spessore di parete medio  $e_m$  sia minore o uguale a quello specificato,  $e_{m\cdot max}$ .

### Tipi di raccordo

La norma **UNI EN 1519-1** si applica ai seguenti tipi di raccordo (ma ne sono ammessi anche altri tipi):

- curve, per le quali gli angoli nominali preferenziali  $a$  dovrebbero essere da  $15^\circ$ ,  $22,5^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $67,5^\circ$ ,  $80^\circ$  oppure compresi tra  $87,5^\circ$  e  $90^\circ$ . Le curve possono essere:- senza o con raggio di curvatura (**iso 265**);- codolo/bicchiere e bicchiere/bicchiere;- a segmenti saldati di testa.
- diramazioni e diramazioni ridotte (diramazioni singole o multiple), per le quali L'angolo nominale fissato  $a$  dovrebbe essere da  $45^\circ$ ,  $67,5^\circ$ , oppure compreso tra  $87,5^\circ$  a  $90^\circ$ . Esse possono avere: - angolo senza o con raggio di curvatura (**iso 265-1**);- codolo/bicchiere e bicchiere/bicchiere.
- riduzioni;
- raccordi di accesso. Il diametro interno del foro per pulizia deve essere specificato dal fabbricante;
- manicotti;- a doppio bicchiere;- collare per riparazioni.
- bicchiere per saldatura testa a testa per tubo con estremità lisce;
- tappi.

### Marcatura e denominazione

La marcatura sul tubo richiesta dai punti 11.1 e 11.2 della norma **UNI EN 1519-1** deve essere durevole.

Essa deve contenere come minimo:- normativa di riferimento **UNI EN 1519-1**;- dimensione nominale;- spessore minimo di parete;- materiale;- codice dell'area di applicazione;- serie di tubo per l'area di applicazione BD;- tipo di bicchiere;- informazioni del produttore.

La marcatura dei raccordi deve contenere:- numero della norma **UNI EN 1519-1**;- nome del fabbricante e/o marchio di fabbrica;- dimensione nominale;- angolo nominale;- materiale;- codice dell'area di applicazione;- spessore minimo di parete o serie di tubi per l'area di applicazione BD;- tipo di bicchiere;- informazioni del fabbricante.

### Norme di riferimento

a) tubazioni di materia plastica per scarichi:

**UNI EN 1519-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Polietilene (pe). Specificazioni per i tubi, i raccordi e il sistema;

**UNI ENv 1519-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Polietilene (pe). Guida per la valutazione della conformità;

**UNI EN 13476-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), polipropilene (pp) e polietilene (pe). Parte 1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali;

**UNI EN 13476-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), polipropilene (pp) e polietilene (pe). Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A;

**UNI EN 13476-3** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), polipropilene (pp) e polietilene (pe). Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B;

**UNICen/ts 13476-4** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), polipropilene (pp) e polietilene (pe). Parte 4: Guida per la valutazione della conformità.

### Polietilene reticolato (pe-x)

I tubi di polietilene reticolato sono ottenuti con reticolazione con perossidi, silani, radiazioni ionizzanti o azocomposti, da utilizzarsi per il convogliamento di fluidi caldi alimentari o non alimentari in pressione e con temperature fino a  $80^\circ\text{C}$ .

I tubi di polietilene reticolato (pe-x) possono essere utilizzati nella realizzazione degli impianti di distribuzione dell'acqua potabile (calda e fredda).

Negli impianti sanitari, i tubi di pe-x devono essere installati all'interno di una guaina (tubo corrugato) di colore rosso o blu per poter individuare con facilità la tipologia del circuito e per poter rimpiazzare rapidamente e senza difficoltà

tratti di tubazione danneggiati.

Le curvature più strette, le diramazioni o i collegamenti devono essere realizzati con raccordi meccanici, poiché il pe-x non è fusibile né incollabile.

I raccordi meccanici per tubi di pe-x possono essere di due tipologie e cioè ad avvvitamento o a compressione (*press-fitting*).

I raccordi ad avvvitamento devono essere realizzati in ottone o acciaio inox. La tenuta idraulica deve essere assicurata dalle guarnizioni poste sulla bussola stessa.

I raccordi a compressione (*press-fittings*) devono essere composti dal corpo del raccordo realizzato in ottone, acciaio inox o in materiale sintetico (tecnopolimeri) e da una bussola di tenuta in acciaio inox. La tenuta idraulica è assicurata dalla pressione esercitata dal tubo contro le guarnizioni poste sul corpo del raccordo.

Norme di riferimento

**UNI9338** – *Tubi di polietilene reticolato (pe-x) per il trasporto di fluidi industriali;*

**UNI9349** – *Tubi di polietilene reticolato (pe-x) per condotte di fluidi caldi sotto pressione. Metodi di prova.*

#### 9.4.2 Tubi strutturati a doppia parete

I tubi in Pead strutturato a doppia parete interna liscia ed esterna corrugata con classe di rigidità SN 8 kN/m<sup>2</sup> con giunti a bicchiere e guarnizione elastomerica

I tubi dovranno corrispondere alle prescrizioni della seguente norma:

**UNI EN 13476-1:2018** :Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi interrati non in pressione - Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (PVC-U), polipropilene (PP) e polietilene (PE) - Parte1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali

I tubi dovranno essere forniti in barre di 6,00 m o 12,00 m secondo disposizione.

Designazione e marcatura dovranno corrispondere alla norma indicata in precedenza.

La prova di tenuta idraulica sarà eseguita ad una pressione di 0,5 bar in pressione e 0,3 bar in depressione (EN 1277).

### 9.5 Tubi in polipropilene (pp)

I tubi in polipropilene possono essere impianti di distribuzione di acqua calda e fredda nell'edilizia civile e industriale, impianti di riscaldamento e scarichi.

Nel caso di utilizzo di fluidi alimentari o acqua potabile, dovrà impiegarsi il tipo 312, in grado di sopportare, in pressione, temperature fino 100 °C. In generale, per le pressioni di esercizio in funzione della temperatura e della pressione nominale si rimanda a quanto prescritto dalla norma **UNI EN ISO 15874-2**.

Tutti i tubi dovranno essere permanentemente marcati in maniera leggibile lungo la loro lunghezza.

#### 9.5.1 Aspetto

Quando osservate senza ingrandimento, le superfici interne ed esterne dei tubi e dei raccordi dovranno essere lisce, pulite e prive di cavità, bolle, impurezze e qualsiasi altra irregolarità superficiale che possa influire sulla conformità alla norma. Le estremità dei tubi dovranno essere tagliate in modo netto e perpendicolarmente all'asse del tubo.

#### 9.5.2 Marcatura

Tutti i tubi e i raccordi dovranno essere permanentemente marcati in maniera leggibile lungo la loro lunghezza.

#### 9.5.3 Stoccaggio, movimentazione e trasporto

Durante la movimentazione e il trasporto delle tubazioni, dovranno essere prese tutte le necessarie precauzioni per evitarne il danneggiamento. I tubi non dovranno venire in contatto con oggetti taglienti e, quando scaricati, non dovranno essere gettati, lasciati cadere o trascinati a terra.

I tubi dovranno essere stoccati su superfici piane e pulite e in cataste ordinate e di altezza tale da evitare deformazioni e danneggiamenti, con particolare attenzione ai bicchieri dei tubi.

Si dovranno prendere le necessarie precauzioni quando si maneggiano e si installano le tubazioni a temperature inferiori a 0 °C.

Norme di riferimento

a) installazioni di acqua calda e fredda:

**UNI EN ISO 15874-1** – *Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Polipropilene (pp). Parte 1. Generalità;*

**UNI EN ISO 15874-2** – Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Poli-propilene (pp). Parte 2. Tubi;

**UNI EN ISO 15874-3** – Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Poli-propilene (pp). Parte 3. Raccordi;

**UNI EN ISO 15874-5** – Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Poli-propilene (pp). Parte 5. Idoneità all'impiego del sistema;

**UNIcon iso/ts 15874-7** – Sistemi di tubazioni di materie plastiche per le installazioni di acqua calda e fredda. Poli-propilene (pp). Parte 7. Guida per la valutazione della conformità.

b) scarichi (a bassa e a alta temperatura) all'interno dei fabbricati:

**UNI EN 1451-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Polipropilene (pp). Specifiche per tubi, raccordi e per il sistema;

**UNI ENv 1451-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per scarichi (a bassa e ad alta temperatura) all'interno dei fabbricati. Polipropilene (pp). Guida per la valutazione della conformità;

**UNI EN 13476-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), poli-propilene (pp) e polietilene (pe). Parte 1: Requisiti generali e caratteristiche prestazionali;

**UNI EN 13476-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), poli-propilene (pp) e polietilene (pe). Parte 2: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna ed esterna liscia e il sistema, tipo A;

**UNI EN 13476-3** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), poli-propilene (pp) e polietilene (pe). Parte 3: Specifiche per tubi e raccordi con superficie interna liscia e superficie esterna profilata e il sistema, tipo B;

**UNIcon/ts 13476-4** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per connessioni di scarico e collettori di fognatura inter-rati non in pressione. Sistemi di tubazioni a parete strutturata di policloruro di vinile non plastificato (pvc-u), poli-propilene (pp) e polietilene (pe). Parte 4: Guida per la valutazione della conformità.

## 9.6 Tubi in polietilene per condotte idriche (pe)

I tubi di polietilene (pe), raccordi valvole e pezzi speciali dovranno avere caratteristiche rispondenti alle norme: UNI EN 1220-1÷5/04 utilizzarsi Istituto Italiano dei Plastici 312, [D.M. n. 174 del 06/04/2004](#) (sostituisce la Circolare Ministero Sanità n. 102 del 02/12/78).

Le tubazioni usate per condotte idriche in pressione dovranno rispettare le pressioni nominali richieste, non riportare abrasioni o schiacciamenti. Sulla superficie esterna dovranno essere leggibili: nome del produttore, sigla IIP, diametro, spessore, SDR, tipo di Polietilene, data di produzione, norma di riferimento; inoltre il tubo PE dovrà avere minimo n. 4 linee coestruse (azzurre per tubo acqua e gialle per tubo gas) lungo la generatrice. Il colorante utilizzato per la coestrusione deve essere dello stesso compound utilizzato per il tubo.

Possono essere impiegati tubi di polietilene dei tipi pe 80 e pe 100.

### REQUISITI DI ACCETTAZIONE DEL MATERIALE PER LA PRODUZIONE DI TUBI E RACCORDI

a) - Resina base

Il polimero di base dovrà essere polietilene (single grade) con densità convenzionale non minore di 958 Kg/m<sup>3</sup> a 23° C in accordo con la ISO 1872/parte 1. Questo include copolimeri di etilene e olefine; queste ultime non devono eccedere il 10% della massa.

I tubi ed i pezzi speciali dovranno essere prodotti solo ed esclusivamente con Polietilene ad Alta densità PE100. Il prodotto trasformato dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- valore di MRS pari a 10 MPa; le curve di regressione vanno presentate con la certificazione di un laboratorio indipendente, a sua volta munito di certificazione di conformità alle Norme ISO 45000; la D.L. potrà, a suo insindacabile giudizio, disporre verifiche periodiche delle suddette curve su spezzoni di tubi prelevati in cantiere e/o presso lo stabilimento di produzione.

Tali prove da condursi nel rispetto della EN 921 dovranno fornire i seguenti risultati:

a 20° C 12,4 MPa per T > 100 ore. A 80° C 5,5 MPa per T > 165 ore; 5,3 MPa per T > 332 ore; 5,2 MPa T > 476 ore; 5,1 MPa per T > 688 ore; 5,0 MPa per T > 1000 ore.

- valore della pressione RCP critica (Rapid Creep Propagation); tale prova da condursi secondo ISO DIS 13477, deve evidenziare per tubi con De < 250 mm, un RCP > 10 bar alla temperatura di 0°C + 2. Per diametri superiori, ove riconosciuto necessario, la prova verrà condotta secondo EN 33478.

Eventuali evoluzioni del prodotto dovranno essere sottoposte alla Direzione Lavori che avrà la facoltà di accettare o

meno il materiale.

b) - Composizione

Il polimero base deve essere miscelato con additivi (antiossidanti, pigmenti, stabilizzanti nei confronti di radiazioni UV) necessari per la lavorazione, lo stoccaggio e l'uso dei tubi.

c) - Composto nero

Il nerofumo usato per la produzione del composto nero deve soddisfare le seguenti prescrizioni:

- densità 1,5 g/ml - 2,0 g/ml;- solidi volatili < 9% (m/m);- estratto di Toluene \_ 0,1% (m/m);- dimensione media delle particelle 0,01 mm - 0,025 mm

d) - Caratteristiche del materiale usato

Il materiale usato per l'estrusione dei tubi e lo stampaggio dei raccordi deve soddisfare i requisiti di seguito illustrati :

- contenuto del nerofumo compreso tra il 2% ed il 2,5% della massa; test condotto secondo la ISO 6964;
- dispersione del nerofumo < 100 µm; test condotto secondo la ISO/TC138 SC5N1132;
- termostabilità > 30 min a 200° C; test condotto secondo la ISO/TR 10837;
- dispersione del pigmento blu < 100 µm: test condotto secondo la ISO/TC 138 SCS N1132.
- consentire la produzione di tubi e raccordi che rispondano alle prescrizioni del Ministero della Sanità del 21.03.73 e successiva circolare n° 102 del 02.12.78 relative alle caratteristiche dei materiali che sono destinati ad andare in contatto con l'acqua potabile, nel rispetto della normativa italiana ed europea di riferimento con particolare attenzione all'uso a scopo potabile di tubazioni in materiale plastico ed al problema della cessione ed acquisendo tutte le certificazioni necessarie ed il parere dell'Istituto Superiore della Sanità.

e) - Classificazione e designazione.

La designazione avviene mediante la specificazione del tipo di materiale (PE) e dell'appropriato livello di resistenza minima richiesta (MRS).

Le presenti specifiche fanno esclusivo riferimento al materiale designato come PE/MRS 10 cui corrisponde un HDS minimo pari a 8 MPa.

I costruttori dei tubi e dei raccordi dovranno dichiarare con le modalità del disposto dell'art. 4 della L. 4.1.68 n° 15 la provenienza della materia prima (Resina base) da usarsi o usata per l'intera produzione del materiale da impiegarsi nel presente appalto specificando lo stabilimento di provenienza e la data di produzione rendendo altresì possibile, l'esecuzione delle prove tendenti ad accertare la rispondenza del materiale ai requisiti come sopra specificati.

9.6.1 Caratteristiche dei tubi

Le superfici esterne e interne dei tubi, se osservate senza ingrandimento, devono essere lisce, pulite ed esenti da rigature, cavità e altri difetti superficiali che possano influire sulla conformità del tubo alla norma **UNI EN 12201-2**. Le estremità del tubo devono risultare tagliate in modo netto e perpendicolarmente all'asse del tubo.

I tubi devono essere di colore blu o neri con strisce blu.

9.6.2 Tubi in rotoli

I tubi forniti in rotoli devono essere arrotolati in modo che siano impediti deformazioni localizzate come, per esempio, le instabilità locali (imbozzamenti) e le torsioni (attorcigliamenti).

9.6.3 Diametro medio esterno e scostamento dalla circolarità (ovalizzazione)

Il diametro medio esterno  $d_{em}$  e lo scostamento dalla circolarità (ovalizzazione) devono essere conformi al prospetto 1 della norma **UNI EN 12201-2**.

Lo spessore di parete deve essere conforme al prospetto 2 della stessa norma.

Tabella : Diametri e spessori dei tubi in pe

Diametro	Diametro esterno medio		Pressioni nominali				
	min	max	2,5	4	6	10	16
10	10,0	10,3	-	-	-	-	2,0
12	12,0	12,3	-	-	-	-	2,0
16	16,0	16,3	-	-	-	2,0	2,3
20	20,0	20,3	-	-	-	2,0	2,8
25	25,0	25,3	-	-	2,0	2,3	3,5

Diametro	Diametro esterno medio		Pressioni nominali				
	min	max	2,5	4	6	10	16
32	32,0	32,3	-	-	2,0	3,0	4,5
40	40,0	40,4	-	2,0	2,3	3,7	5,6
50	50,0	50,5	-	2,0	2,0	3,7	5,6
63	63,0	63,6	2,0	2,5	3,6	5,8	8,7
75	75,0	75,7	2,0	2,9	4,3	6,9	10,4
90	90,0	90,9	2,2	3,5	5,1	8,2	12,5
110	110,0	110,0	2,7	4,3	6,3	10,0	15,2
125	125,0	126,2	3,1	4,9	7,1	11,4	17,3
140	140,0	141,3	3,5	5,4	8,0	12,8	19,4
160	160,0	161,5	3,9	6,2	9,1	14,6	22,1
180	180,0	181,7	4,4	7,0	10,2	16,4	24,9
200	200,0	201,8	4,9	7,7	11,4	18,2	27,6
225	225,0	227,1	5,5	8,7	12,8	20,5	31,1
250	250,0	252,3	6,1	9,7	14,2	22,8	34,5
280	280,0	282,6	6,9	10,8	15,9	25,5	-
315	315,0	317,9	7,7	12,2	17,9	28,7	-
355	355,0	358,2	8,7	13,7	20,1	32,3	-
400	400,0	403,6	9,8	15,4	22,7	36,4	-
450	450,0	454,1	11,0	17,4	25,5	41,0	-
500	500,0	504,5	12,2	19,3	28,3	-	-

#### 9.6.4 Marcatura

Tutti i tubi della fornitura devono essere permanentemente marcati in maniera leggibile lungo la loro lunghezza, in modo tale che la marcatura non dia inizio a fessurazioni oppure ad altri tipi di rotture premature, e che l'usuale stoccaggio, l'esposizione alle intemperie, la movimentazione, l'installazione e l'uso non danneggino la leggibilità del marchio.

In caso di stampa, il colore dell'informazione stampata deve differire dal colore base del tubo.

La marcatura minima dovrà riportare (**UNI EN 12201-2**): - numero della norma **UNI EN 12201**;- identificazione del fabbricante (nome e simbolo);- dimensioni ( $d_n \cdot e_n$ );- serie sdr;- materiale e designazione (pe 80 o pe 100);- classe di pressione in bar;- periodo di produzione (data o codice).

#### 9.6.5 Giunzioni

La giunzione dei tubi, dei raccordi, dei pezzi speciali e delle valvole di polietilene devono essere conformi alle corrispondenti prescrizioni UNI EN 12201-1÷5/04 e devono essere realizzata, a seconda dei casi, mediante:

- saldatura di testa per fusione, mediante elementi riscaldanti (termoelementi) in accordo a UNI10520/97;
- saldatura per fusione, mediante raccordi elettrosaldabili in accordo a UNI10521/97;
- raccordi con appropriato serraggio meccanico con guarnizione (vedi UNI9736/90), aventi caratteristiche idonee all'impiego.

Dovranno comunque essere usati i raccordi o pezzi speciali di altro materiale (polipropilene, resine acetaliche, materiali metallici) previsti in progetto e ritenuti idonei dalla D.L.. Per diametri fino a mm 110, per le giunzioni di testa fra tubi, sono in uso appositi manicotti con guarnizione circolare torica ed anello di battuta.

Prima della saldatura i tubi di polietilene dovranno essere perfettamente puliti con adeguate attrezzature da qualsiasi materiale estraneo che possa viziare il futuro esercizio della condotta.

Sulle teste da saldare la pulizia dovrà avvenire sia all'esterno che all'interno per almeno 10 cm di lunghezza.

Eventuali deformazioni o schiacciamenti delle estremità dovranno essere eliminate con tagli o corrette utilizzando le

ganasce della macchina saldatrice. Le superfici da collegare con manicotto elettrico (elettrosaldabile) dovranno essere preparate esclusivamente a mezzo di apposito raschiatore meccanico per eliminare eventuali ossidazioni della superficie del tubo.

Le macchine ed attrezzature usate per il montaggio delle tubazioni in polietilene dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L.

I tubi da saldare dovranno essere appoggiati su appositi rulli di scorrimento ed essere tenuti dalla stessa attrezzatura in posizione perfettamente coassiale. Prima della saldatura, se le facce da unire non si presentano perfettamente parallele e combacianti, le estremità dovranno essere intestate con apposita attrezzatura a rotelle in maniera da rispondere a questo requisito.

Prima della saldatura le tubazioni dovranno essere perfettamente asciutte, prive di qualsiasi traccia di umidità.

Nel corso della saldatura e per tutto il tempo di raffreddamento, la zona interessata dovrà essere protetta da sole diretto, pioggia, neve, vento e polvere. La gamma di temperatura dell'ambiente ammessa durante le operazioni dovrà essere compresa fra 0 e 40 gradi centigradi.

A saldatura avvenuta la protezione dovrà garantire un raffreddamento graduale ed il sistema di bloccaggio dei tubi sulla macchina saldatrice dovrà garantirne la ferma posizione fino a raffreddamento.

La sezione dei cordoni di saldatura dovrà presentarsi uniforme, di superficie e larghezza costanti, senza evidenza di soffiature od altri difetti.

Al termine delle operazioni di saldatura sull'ultima testa di tubo dovrà essere posto idoneo tappo ad espansione per garantire il mantenimento della pulizia all'interno della condotta.

#### 9.6.6 Giunzioni dei tubi in polietilene PE MRS 10

Le giunzioni fra tubo e tubo oppure fra tubo e raccordo o apparecchiature, etc. dovranno rientrare, secondo i casi, nelle seguenti tipologie: saldatura testa a testa, saldatura a manicotto termico, a serraggio meccanico (tipo Giboult), a flangia libera con collarino di appoggio, o a flangia libera.

Per ognuno dei sistemi adottati l'appaltatore sottoporrà alla D.L. relazioni esplicative e disegni quotati dai cui si evincano chiaramente le caratteristiche fisiche e dimensionali degli elementi costituenti la giunzione.

#### 9.6.7 Giunto a serraggio meccanico tipo gibault, con tenuta mediante guarnizione elastomerica

Tale tipo di giunzione potrà essere effettuata su ogni tipo di tubo, anche fra tubi di materiale diverso, purché abbiano lo stesso diametro esterno.

Qualunque sia la forma esterna ed il tipo di serraggio con cui questo giunto è realizzato, è necessario che la sua lunghezza utile, ossia la distanza assiale fra le due guarnizioni, sia non inferiore alla somma delle massime variazioni lineari che possono verificarsi per effetto termico nei due tronchi da congiungere, più una quantità variabile dai 30 ai 100 mm. in relazione al diametro dei tronchi stessi.

La giunzione dovrà essere effettuata secondo il seguente ordine di operazioni

- a) provvedere ad una accurata pulizia delle parti da congiungere ed assicurarsi che siano integre;
- b) infilare le estremità dei due tubi nel giunto meccanico ed assicurarsi che ciascuna di esse sia introdotta per lunghezza corrispondente ad almeno 1/3 della lunghezza del manicotto, badando, però, che esse non vengano a contatto tra di loro;
- c) infilare i bulloni, le rondelle ed i dadi attuandone il serraggio a croce.

Giunto con ancoraggio mediante anello ghiera di graffaggio

Tale tipo di giunzione dovrà essere realizzata secondo il seguente ordine di operazioni:

- a) tagliare il tubo nella lunghezza richiesta;
- b) separare le parti dal raccordo e montarle sul tubo: prima che la ghiera seguita dall'anello di serraggio conico, curando che questo sia disposto nella direzione esatta, cioè con la parte terminale maggiore verso il raccordo;
- c) infilare il tubo nel corpo del raccordo fino a che non oltrepassi la guarnizione elastomerica e tocchi la battuta interna del corpo del raccordo.
- d) accostare l'anello di serraggio conico al corpo del raccordo ed avvitare strettamente la ghiera al raccordo stesso.

Giunto per saldatura

Esse potranno essere eseguite sempre

- da personale qualificato in possesso di licenza rilasciata da ente abilitato ed in corso di validità;
- con idonee apparecchiature, tali da garantire le minime possibilità di errore nelle temperature, nelle pressioni e nei tempi;
- in ambiente atmosferico tranquillo (senza precipitazioni, di vento, di eccessiva polverosità)

#### Saldatura testa a testa

E' usata nelle giunzioni fra tubo e tubo e tra tubo e raccordo in Pead quando quest'ultimo, predisposto in tal senso.

Questo tipo di saldatura viene realizzata con termoelementi, costituiti in genere da piastre in acciaio inossidabile o in lega di alluminio, rivestite con tessuto di PTFE (politetrafluoroetilene) e fibra di vetro, o con uno strato di vernice antiaderente. Tali elementi saranno riscaldati con resistenze elettriche o a gas con regolazione automatica della temperatura.

##### a) Preparazione delle testate da saldare

Le testate dei manufatti dovranno essere preparate per la saldatura testa a testa creando la complanarietà delle sezioni di taglio per mezzo di frese che possono essere manuali per piccoli diametri ed elettriche per i diametri e gli spessori più alti; queste ultime devono avere velocità moderate per evitare il riscaldamento del materiale. Le testate così predisposte non devono essere toccate da mani o da altri corpi untuosi; nel caso ciò avvenisse dovranno essere accuratamente sgrassate con trielina od altri solventi clorurati.

##### b) Esecuzione della saldatura

I due pezzi da saldare verranno quindi posizionati e bloccati con due ganasce collegate con un sistema che ne permetta l'avvicinamento e che dia una pressione controllata sulla superficie di contatto.

Il termoelemento verrà inserito fra le testate che saranno premute contro la sua superficie. Il materiale passerà quindi allo stato plastico formando un leggero rigonfiamento.

Al tempo previsto il termoelemento verrà estratto e le due testate saranno premute l'una contro l'altra alla pressione sotto indicata sino a che il materiale non ritornerà allo stato solido. La saldatura non dovrà essere rimossa se non quando la zona saldata si sarà raffreddata spontaneamente alla temperatura di circa 60°C.

##### c) Determinazione dei parametri della saldatura testa a testa

La ditta fornitrice dei tubi, una volta determinato il materiale per la produzione dei tubi secondo le modalità descritte al punto 44.2 del presente Capitolato, dovrà determinare per ogni spessore e diametro delle tubazioni i parametri da applicare durante l'operazione di saldatura testa a testa il cui ciclo, composto dalle seguenti fasi:

###### 1) Regolarizzazione

Durante questa fase le estremità dei tubi sono pressate sul termoelemento per portare a fusione una parte del materiale che formerà un rigonfiamento sia verso la parte interna che verso la parte esterna dello spessore della tubazione.

###### 2) Riscaldamento

La pressione sarà notevolmente diminuita, e per una certa lunghezza il materiale della tubazione, portato a fusione.

###### 3) Allontanamento del termoelemento

La pressione delle testate sul termoelemento viene annullata ed il termoelemento stesso viene allontanato il più rapidamente possibile

###### 4) Saldatura e raffreddamento

Le testate dei tubi vengono riportati a contatto ad una certa pressione sino a quando abbassata la temperatura sotto un certo valore può considerarsi conclusa l'operazione di saldatura.

I parametri da stabilire per le quattro fasi sono:

- Temperatura del termoelemento;
- Pressione delle testate dei tubi sul termoelemento durante le fasi 1),2),4);
- Durate delle fasi 1),2),3),4);

I parametri di saldatura dovranno essere tali che un tronchetto contenente una saldatura testa a testa condizionato secondo la ISO 291 venga ritenuto idoneo dai test previsti nel presente Capitolato inoltre la bontà del procedimento dovrà essere testata con prove di trazione secondo WIS 4-32-13.

I disegni, e le relazioni contenenti le specifiche e i parametri per l'esecuzione della saldatura testa a testa dovranno essere munite, per l'invio alla D.L., del visto del fornitore dei tubi.

##### d) Unità di controllo per l'esecuzione di una perfetta saldatura

Tutte le operazioni descritte al punto a) "saldature testa a testa", saranno eseguite e controllate automaticamente da una unità di controllo programmabile che determinerà i tempi di esecuzione di tutte le fasi della saldatura in funzione del diametro, dello spessore della tubazione e della temperatura esterna.

Tale unità di controllo dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Parametri programmabili:

- Temperatura del termoelemento;- Pressione di preriscaldamento;- Pressione di contatto;- Tempi di preriscaldamento
- Velocità di giunzione delle testate;- Tempi di raffreddamento;- Controllo della fresatrice e dello chassis di allinea-

mento

- Interruzione della saldatura in caso di non conformità dei parametri;- Pilotaggio logico della saldatura per tutte le situazioni anomale
- Memorizzazione dei dati su supporto magnetico con la possibilità di uscita su stampante dei dati registrati per ogni singola saldatura
- Routine autodiagnostica

L'intervento manuale dell'operatore sarà quindi limitato nella pulizia delle testate della tubazione e nel loro serraggio nello chassis di allineamento, nell'inserimento da tastiera all'unità di controllo dei dati tipo di tubo e numero dell'operatore, e nel controllo ottico dello stato finale della saldatura.

e) Classificazione di saldatura ben eseguita

Una saldatura è ben definita quando:

- E' priva di inclusioni;- E' priva di fessurazioni;- Vi è una completa coesione del materiale fuso alle estremità delle tubazioni

f) Controllo di una saldatura

Ogni saldatura ad un controllo visivo dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- Ciascun rigonfiamento dovrà essere arrotondato su tutta la circonferenza della tubazione (Fig.V-1)
- I due rigonfiamenti dovranno essere della medesima dimensione
- K (Fig. V-1) non deve essere nullo
- Le superfici dei rigonfiamenti dovranno essere lisce e dall'aspetto opaco
- Il "RETREINT" del tubo non dovrà oltrepassare il 10% dello spessore della tubazione.

Inoltre sul 20% delle giunzioni (saldature) eseguite ogni giorno in opera la Direzione Lavori potrà disporre un controllo di tipo non distruttivo con apparecchiatura ad ultrasuoni.

L'eventuale presenza di difetti comporterà un raddoppio dei controlli. Se il numero dei giunti difettosi dovesse superare il 10% della produzione giornaliera l'intero tratto dovrà essere smontato e rifatto.

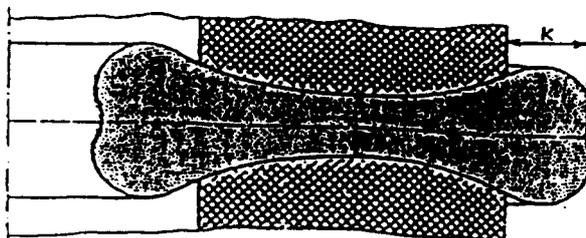


Fig. V-1 Forma ideale dei rigonfiamenti di una saldatura testa a testa

#### 9.6.8 Saldatura della raccorderia per elettrofusione

La saldatura per elettrofusione si esegue riscaldando elettricamente la raccorderia (manicotti, collari di presa ecc..) entro la quale è incorporata una resistenza elettrica che produce il calore necessario per portare alla fusione il polietilene.

L'attrezzatura consiste principalmente in un trasformatore di corrente che riporta la tensione adatta per ogni diametro di manicotto e ne determina automaticamente i tempi di fusione.

a) Preparazione del tubo e della raccorderia da saldare

Per una buona riuscita della saldatura ci si dovrà accertare che le superfici interessate alla giunzione (interna del manicotto ed esterna dei tubi) siano assolutamente esenti da impurità di qualsiasi genere ed in particolare modo prive di umidità ed untuosità. Le parti che si innestano nel manicotto dovranno essere precedentemente raschiate con un coltello affilato onde togliere l'ossidazione superficiale del materiale. La raccorderia elettrosaldabile non può e non deve essere raschiata. La raccorderia dovrà essere immagazzinata entro i propri imballi, e comunque in un luogo non esposto ai raggi solari.

b) Esecuzione della saldatura

La saldatura non dovrà essere forzata in alcun modo, la giunzione dovrà essere mantenuta bloccata nel posizionatore fino ad esaurimento del tempo di raffreddamento e ciò se non fino a quando la temperatura superficiale esterna del manicotto sia spontaneamente scesa sotto i 50°C.

Qualora, durante il processo di saldatura, si verificasse una interruzione, è possibile ripetere l'operazione, attendendo il completo raffreddamento prima di ricollegare il raccordo alla saldatrice o di reimpostare il tempo totale di saldatura.

E' ammessa una sola ripetizione del processo di saldatura.

#### c) Determinazione dei parametri della saldatura per elettrofusione

La ditta fornitrice dei tubi, una volta determinato il materiale per la produzione dei tubi ed il tipo di raccorderia secondo le modalità descritte al punto 44.2 del presente Capitolato, dovrà determinare per ogni spessore e diametro delle tubazioni e tipo di raccordo i parametri da applicare durante l'operazione di saldatura che sono:

- Tempo di saldatura
- Tensione di alimentazione

Tali parametri di saldatura dovranno essere tali che un tronchetto contenente un raccordo elettrosaldato condizionato secondo la ISO 291 venga ritenuto idoneo dai test previsti nel presente Capitolato

I disegni e le relazioni contenenti le specifiche e i parametri per l'esecuzione di un raccordo elettrosaldato dovranno essere munite, per l'invio alla D.L., del visto del fornitore dei tubi.

#### d) Unità di controllo per l'esecuzione di una perfetta saldatura

Tutte le operazioni per l'esecuzione di una perfetta saldatura, saranno eseguite da una saldatrice auto/manuale con funzione di controllo automatica svolta da un'unità programmabile che determinerà i tempi di esecuzione di tutte le fasi della saldatura in funzione del diametro, dello spessore della tubazione del tipo di raccorderia e della temperatura esterna.

Tale unità di controllo dovrà avere le caratteristiche di essere protetta dalle sovratensioni di alimentazione, di avere un controllo elettrico di frequenza, per compensare l'alta induttanza di alcuni generatori, di eliminare il picco di corrente iniziale.

Parametri programmabili:

- Tempo di saldatura;
- Identificazione dell'operatore;

Segnalazione errori:

- Problema di alimentazione;- Problema nel raccordo;- Problema di tensione tra saldatrice e raccordi;- Errore conteggio tempi

Memorizzazione dei dati su supporto magnetico con possibilità di uscita su stampante dei dati registrati per ogni singola saldatura.

L'intervento manuale dell'operatore sarà quindi limitato nella pulizia della testata della tubazione e della raccorderia e nel loro serraggio nello chassis di allineamento, nell'inserimento della tastiera all'unità di controllo dei dati, tipo di tubo e numero dell'operatore e nel controllo ottico dello stato finale della saldatura.

#### 9.6.9 Collaudo delle tubazioni in pressione

La prova si intende riferita alle condotte con relativi giunti, curve, derivazioni, riduzioni, ecc., e potrà effettuarsi anche dopo la collocazione dei vari accessori idraulici (saracinesche, sfiati, scarichi di fondo, idranti, ecc.). Riempita la tratta da provare, la stessa verrà messa in pressione con gradiente di 1 kgf/cm<sup>2</sup> al minuto fino a raggiungere la pressione di esercizio, pressione che verrà mantenuta per il tempo necessario a consentire l'assestamento dei giunti e l'eliminazione di eventuali perdite che non richiedano lo svuotamento della condotta. Quindi si effettuerà una prova preliminare (ad 1 ora) ed una definitiva (a 12 ore) con le seguenti modalità:

- a) - Prova ad 1 ora: si porterà la tratta interessata alla pressione di prova (1,5 volte la pressione nominale a 20°C) e si isolerà il sistema della pompa di prova per il periodo di 1 ora; nel caso di calo di pressione si misurerà il quantitativo d'acqua occorrente per ripristinare la pressione di prova. Tale quantitativo non dovrà superare il valore di  $1,67 \times L \times PN \times D_i / 1000$  con L espresso in km, PN in bar e D<sub>i</sub> in mm.

b) - Prova a 12 ore: si effettuerà subordinatamente all'esito positivo della precedente, lasciando la tratta alla pressione di prova per il tempo di 12 ore e, trascorso tale termine, nel caso di calo di pressione, misurando il quantitativo d'acqua necessario a ristabilirla, che non dovrà superare il quantitativo stabilito con la precedente formula riferita a 12 ore.

#### 9.6.10 Requisiti di accettazione dei tubi

##### Caratteristiche generali

###### a) - Aspetto

All'esame visivo le superfici interna ed esterna devono presentarsi lisce, pulite, prive di scorie, cavità e difetti superficiali che potrebbero compromettere la funzionalità della tubazione.

###### b) - Colore

Le tubazioni dovranno essere di colore nero e recare delle strisce longitudinali di colore blu.

###### c) - Effetti sulla qualità dell'acqua convogliata

I tubi devono rispondere alle prescrizioni igienico-sanitarie del Ministero della Sanità, secondo la circolare n° 102 del 02.12.1978 e ciò deve risultare da apposita certificazione ufficiale.

##### Caratteristiche geometriche

###### a) - Diametri esterne e loro tolleranze

Il diametro nominale esterno  $D_e$  e la relativa tolleranza devono essere in accordo con la tabella III-12. In essa è anche riportato il valore massimo ammesso per la ovalizzazione del tubo misurata in una qualsiasi sezione trasversale retta di esso.

TAB. III-12 Tubazioni in PEad/MRS 10. Tolleranze sui diametri e ovalizzazione massima.

Diametro nominale esterno De mm	Tolleranza sul diametro mm	Ovalizzazione massima mm	
		Tipo K	Tipo N
20	0,3	1,2	1,2
25	0,3	1,5	1,2
32	0,3	2,0	1,3
40	0,4	2,4	1,4
50	0,4	3,0	1,4
63	0,4	3,8	1,5
75	0,5	-	1,6
90	0,6	-	1,8
110	0,7	-	2,2
125	0,8	-	2,5
140	0,9	-	2,8
160	1,0	-	3,2
180	1,1	-	3,6
200	1,2	-	4,0
225	1,4	-	4,5
250	1,5	-	5,0
280	1,7	-	9,8
315	1,9	-	11,1
355	2,2	-	12,5
400	2,4	-	14,0
450	2,7	-	15,6

La tolleranza sul diametro di cui alla Tab. III-12 si riferisce solo alle possibili variazioni in aumento del diametro esterno nominale non ritenendosi accettabile alcuna variazione in diminuzione dello stesso diametro.

La tolleranza sull' ovalizzazione é definita in base al tipo di fornitura ed al diametro. In particolare:

Tipo K)

Per tubi avvolti in bobine

Per i diametri maggiori di De = 63 mm il valore di tolleranza dovrà essere concordato.

Tipo N)

Per tubi forniti in canne.

La misura dell'ovalizzazione deve avvenire nel situ di produzione.

Tutte le tolleranze sono approssimate a  $\pm 0,1$  mm.

b) - Spessori e loro tolleranze

Gli spessori minimi per i diversi diametri di tubi PE/MRS 10 con pressioni di esercizio pari a 10 bar dovranno essere quelli riportati nella tab. III-13

TAB. III-13 Tubazioni in PEad/MRS 10. Spessori minimi per pressione di esercizio pari a 10 bar

Diametro Nominale esterno De mm	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
Spessore s mm	2,3	2,3	2,3	2,4	3	3,8	4,5	5,4	6,6	7,4	8,3	9,5	10,7	11,9	13,4	14,8	16,6	18,7	21,1	23,7	26,7

La tolleranza  $t_s$  (mm), che si riferisce solo alle possibili variazioni in aumento dello spessore  $s$  (mm), deve rispettare in ogni punto i valori derivanti dalla formula seguente arrotondata al decimo superiore

$$t_s = 0,1 s + 0,2.$$

c) - Estremità dei tubi

L'estremità dei tubi deve essere pulita ed il taglio deve essere praticato ortogonalmente all'asse del tubo con le tolleranze riportate nella tabella III-14.

TAB. III-14 Tolleranza sui tagli

Diametro nominale De mm	Tolleranza +/- mm
90	2
125	3
180	4
225÷315	5
355÷500	7

d) - Tubi avvolti in bobine

Il diametro della bobina deve essere non minore di 18 volte il diametro del tubo, ma in ogni caso superiore a 600 mm.

Caratteristiche meccaniche

I campioni da sottoporre alle prove di cui ai seguenti punti a, b, d devono essere condizionati secondo la ISO 291.

a) - Il campione sottoposto a prova a 20° C sotto una tensione di 12,4 MPa, secondo la ISO 1167, dovrà rimanere stabile per un tempo non inferiore a 100 h.

b) - Il campione sottoposto a prova a 80°C sotto una tensione di 5,5 MPa, secondo la ISO 1167, dovrà rimanere stabile per un tempo non inferiore a 165 h;

c) - Se un provino subisce una rottura duttile durante la prova di cui al punto b), in meno di 165 h, deve essere condotto il test di cui al successivo punto d).

d) - Un campione sottoposto a prova a 80°C sotto una tensione di 5,0 MPa, secondo la ISO 1167, dovrà rimanere stabile per un tempo non inferiore a 1000 h.

Caratteristiche fisiche

Prima dei test il campione deve essere condizionato in accordo con la ISO 291.

a) - Elasticità

L'elongazione percentuale a rottura, valutata secondo la ISO/DIS 6259/1.2., deve essere non minore del 350%.

Il ritorno elastico longitudinale, valutato secondo la ISO 2506 a 110°C, deve essere non maggiore del 3%.

b) - Termostabilità

Deve permanere per un tempo non inferiore a 30 min; il test deve essere condotto a 200°C secondo la ISO/TC 10837.

c) - Opacità

Deve essere pari allo 0,2%; il test deve essere condotto secondo la ISO/DIS 7686.

d) - Indice di fluidità (MFR)

Le variazioni del MFR dovute alla lavorazione devono essere inferiori al 20%. Il valore, riscontrato secondo la ISO 1133, deve essere pari a + 30% di quello dichiarato dal produttore.

Marchiatura

Tutti i tubi devono essere marchiati con un composto indelebile e con un procedimento che preservi il tubo dall'innescò di qualsiasi fenomeno di fessurazione e rottura.

Se la marchiatura avviene a stampo, deve essere usato un colore diverso dal colore base del tubo.

Le informazioni apposte devono essere leggibili ad occhio nudo. La serie completa di informazioni deve essere apposta in corrispondenza di due opposte generatrici. Devono essere riportate le seguenti informazioni:

- 1) Marchio di fabbrica;
- 2) La sigla "PE/MRS 10 ACQUA", ovvero "PE/MRS XX ACQUA" in cui XX è il valore del MRS qualora questo sia maggiore di 10;
- 3) Il diametro esterno (in mm);
- 4) La classe di pressione (in bar);
- 5) La denominazione completa della materia prima utilizzata;
- 6) La data di produzione (almeno mese ed anno).

Tutti i tubi devono riportare un riferimento al lotto ordinato e prodotto, e un numero di identificazione per ogni tubo prodotto.

Prova di tenuta idraulica

La prova deve essere eseguita sull'intera quantità dei tubi ordinati. I tubi devono essere provati per la pressione per mezzo di acqua e sotto condizioni ambientali. L'acqua nei tubi è pressurizzata ad un valore di 1,5 volte la pressione nominale del tubo ordinato. Questa pressione deve essere raggiunta entro 30 secondi e la prova eseguita per una durata di non meno di 2 minuti. Durante la prova, i tubi non devono riportare segni di dispersione deformazioni locali o altre irregolarità.

La prova sarà certificata ed i risultati registrati. Il risultato è considerato positivo se nessuno dei tubi riporterà difetti o perdite. Anche se ci fosse in un solo tubo un difetto o una perdita la prova deve essere ripetuta sui due tubi con i numeri di serie precedenti e i due tubi con i numeri di serie successivi a quelli che non hanno superato la prova.

Il risultato deve essere 100% positivo; in complesso anche se una prova dovesse essere negativa il lotto deve essere rifiutato.

La D.L. si riserva il diritto di essere presente alle prove e richiedere sempre ulteriori prove sui tubi ordinati e scelti a sua indiscussa discrezione per una quantità che non superi il 20% di ogni lotto prodotto

#### 9.6.11 Requisiti di accettazione dei raccordi

I raccordi normalizzati nelle presenti specifiche possono appartenere ad una delle seguenti categorie:

- a) raccordi con manicotto elettrosaldato;
- b) raccordi saldati di testa;

Caratteristiche generali

a) - Aspetto

All'esame visivo le superfici interne ed esterne devono presentarsi lisce, pulite, prive di scorie, cavità e difetti superficiali.

Le sezioni terminali devono presentare un taglio netto.

b) - Colore

Il colore dei raccordi deve essere nero.

c) - Effetti sulla qualità dell'acqua convogliata

I raccordi devono rispondere alle prescrizioni igienico-sanitarie del Ministero della Sanità, secondo la circolare n° 102 del 02.12.1978 e ciò deve risultare da apposite certificazioni ufficiali.

Caratteristiche geometriche

a) - Manicotti elettrosaldati

Le dimensioni caratteristiche dei manicotti elettrosaldati di fig. III-12 misurate secondo la ISO 3126 devono essere conformi a quelle riportate in tab. III-15, secondo il seguente significato dei simboli:

- diametro nominale De: diametro nominale esterno del tubo con il quale si intende collegabile il raccordo.
- diametro D1: diametro interno medio nella zona di fusione.
- L1: profondità di penetrazione del tubo all'interno del raccordo.
- L2: lunghezza nominale della zona di fusione.

TAB.III 15 Manicotti elettrosaldati

Diametro esterno	D1	L2	L1	mm
De mm	mm	mm	min	max
20	20,1	10	20	37
25	25,1	10	20	40
32	32,1	10	20	44
40	40,1	10	20	49
50	50,1	10	20	55
63	63,2	11	23	63
75	75,2	12	25	70
90	90,2	13	28	79
110	110,3	15	32	82
125	125,3	16	35	87
140	140,3	18	38	92
160	160,4	20	42	98
180	180,4	21	46	105
200	200,4	23	50	112
225	225,4	26	55	120

I connettori devono essere conformi alla ISO/CD 8085-3

b) Collari di presa elettrosaldati

Le dimensioni caratteristiche indicate in fig. III-13 devono essere conformi ai valori riportati nella tab. III-16.

TAB.III-16 Collari di presa elettrosaldati

De	D1		PN 10	
mm	mm	D2 mm	L mm	h mm
	32	26	100	956
110	40	32	100	95
	50	40	100	95
	63	50	100	100
	32	26	110	95
125	40	32	110	95
	50	40	110	95
	63	50	110	100
	32	26	120	95
140	40	32	120	95
	50	40	120	95
	63	50	120	100
	32	26	130	95
160	40	32	130	95
	50	40	130	95
	63	50	130	100
	32	26	135	95
180	40	32	135	95
	50	40	135	95
	63	50	135	100
	32	26	135	95
200	40	32	135	95
	50	40	135	95
	63	50	135	100
	32	26	145	95
225	40	32	145	95
	50	40	145	95
	63	50	145	100

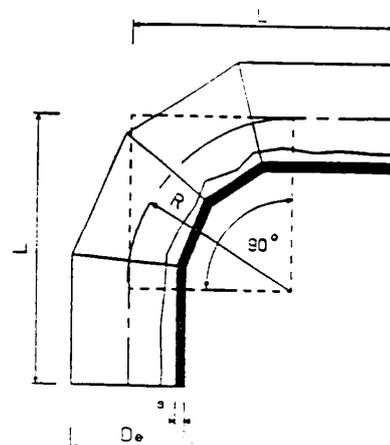
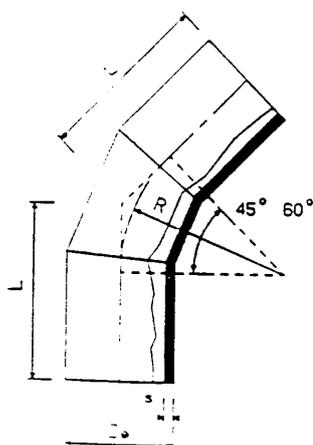
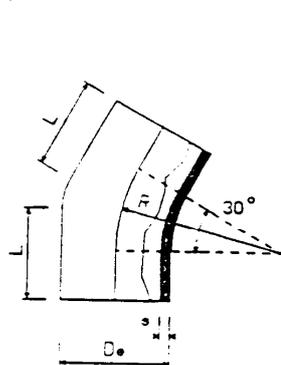
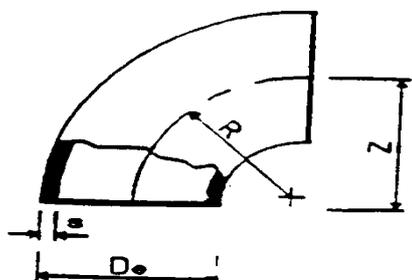
c) Curve

Le dimensioni caratteristiche indicate nelle figg. III-14 e III-15 devono essere conformi ai valori indicati nelle tabb. III-17 e III-18.

TAB. III-17 Curve

De	s	R	Z
mm	mm	mm	mm
20	2,3	17	21
25	2,3	20	24
32	2,3	30	34

40	2,4	40	44
50	3,0	50	53
63	3,8	63	67
75	4,5	77	81
90	5,4	88	95
110	6,6	108	113



TAB. III-18 Curve

De	s	L mm			
		a = 30°	a = 30°	a = 30°	a = 30°
110	6,6	115	146	165	235
125	7,4	167	203	224	304
140	8,3	169	209	233	322
160	9,5	171	217	245	347
180	10,7	224	276	307	421
200	11,9	178	210	250	400
225	13,4	187	229	269	438
250	14,8	197	244	283	475
280	16,6	209	261	310	520
315	18,7	222	281	337	573
355	21,1	238	304	367	633
400	23,7	255	330	400	700

500	29,5	294	387	475	850
-----	------	-----	-----	-----	-----

d) Riduzioni

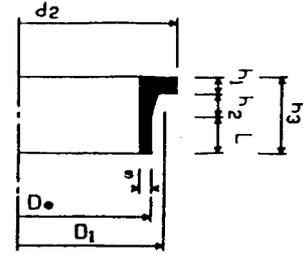
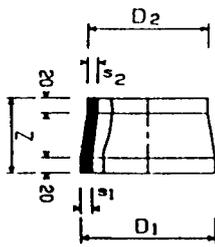
Le dimensioni caratteristiche indicate in fig. III-16 devono essere conformi ai valori indicati nella tab. III-19

TAB. III-19 Riduzioni

D1	s 1	D2	s2	Z
mm	mm	mm	mm	mm
125	7,4	110	6,6	65
140	8,3	110	6,6	50
		125	7,4	50
160	9,5	110	6,6	90
		125	7,4	65
		140	8,3	65
180	10,7	110	6,6	90
		125	7,4	80
		140	8,3	75
		160	9,5	70
225	13,4	200	11,9	92
250	14,8	200	11,9	84
		225	13,4	62
280	16,6	200	11,9	110
		225	13,4	88
		250	14,8	88
315	18,7	200	11,9	140
		225	13,4	118
		250	14,8	97
		280	16,6	71
355	21,1	225	13,4	153
		250	14,8	131
		280	16,6	105
		315	18,7	75
400	23,7	250	14,8	170
		280	16,6	144
		315	18,7	114
		355	21,1	79
450	26,7	280	16,6	188
		315	18,7	157
		355	21,1	122
		400	23,7	84
500	29,5	315	18,7	200
		355	21,1	165
		400	23,7	127
		450	26,7	84

e) Bout

Le dimensioni caratteristiche indicate in fig. III-17 devono essere conformi ai valori indicati in tab. III-20



TAB. III-20 Riduzioni

De	s	h1	h2	h3	D1	D2
mm	mm	mm			mm	mm
20	2,3	7	13	50	27	45
25	2,3	9	13	50	33	58
32	2,3	10	13	50	40	68
40	2,4	11	15	50	50	78
50	3,0	12	15	50	61	88
63	3,8	14	18	50	75	102
75	4,5	16	20	50	89	122
90	5,4	17	20	80	105	138
110	6,6	18	25	80	125	158
125	7,4	18	20	80	132	158
140	8,3	18	28	80	155	188
160	9,5	18	28	80	175	212
180	10,7	20	30	80	180	212
200	11,9	24	40	100	232	268
225	13,4	24	30	100	235	268
250	14,8	25	40	100	285	320
280	16,6	25	30	100	291	320
315	18,7	25	40	100	335	370
355	21,1	30	40	100	373	430
400	23,7	33	45	120	427	482
450	26,7	46	60	120	514	585
500	29,5	46	60	120	530	585

La tolleranza su h1 vale 1,5 mm in aumento e 0, mm in diminuzione.

La tolleranza su D1 vale 0,5 mm in aumento; non è ammessa alcuna variazione di D1 in diminuzione.

La tolleranza su D2 vale 0,5 mm in aumento; non è ammessa alcuna variazione di D2 in diminuzione.

#### 9.6.12 Norme di riferimento

**UNI EN 12201-1** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (pe). Generalità;

**UNI EN 12201-2** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (pe). Tubi;

**UNI EN 12201-3** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (pe). Raccordi;

**UNI EN 12201-4** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (pe). Valvole;

**UNI EN 12201-5** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (pe). Parte 5: Idoneità all'impiego del sistema;

**UNIcon/ts 12201-7** – Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua. Polietilene (pe). Parte 7: Guida per la valutazione della conformità;

**UNIiso/tr 7474** – Tubi e raccordi di polietilene ad alta densità (pead). Resistenza chimica nei confronti dei fluidi;

**UNI EN 12106** – Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi di polietilene (pe). Metodo di prova per la resistenza alla pressione interna dopo applicazione di schiacciamento;

**UNI EN 12119** – Sistemi di tubazioni di materia plastica. Valvole di polietilene (pe). Metodo di prova per la resistenza ai cicli termici.

## 9.7 Installazione di tubi in pvc-u, in polietilene pe e in polipropilene pp

Per le installazioni sopra terra, si dovrà tenere conto delle variazioni dimensionali.

Le tubazioni dovranno essere installate in modo da comportare nel sistema il minimo sforzo possibile dovuto alle espansioni e alle contrazioni.

### 9.7.1 Giunzioni ad anello elastomerico

I tubi dovranno essere forniti con idonei anelli elastomerici, al fine di assicurare la tenuta delle giunzioni.

Se gli anelli elastomerici non sono già posizionati nel tubo, al momento dell'installazione della tubazione e prima del loro posizionamento, si dovrà procedere alla pulizia della loro sede ed eventualmente alla lubrificazione in conformità alle istruzioni del fornitore.

Nel caso i tubi vengano tagliati in cantiere, il taglio dovrà essere perpendicolare all'asse e si dovrà effettuare lo smusso del codolo.

I codoli dovranno essere inseriti nei bicchieri fino alla linea di riferimento (se presente) evitando contaminazioni.

Nel caso di utilizzo di giunzioni ad anello elastomerico che non sopportano sforzi assiali, la separazione della giunzione nelle applicazioni sotto il suolo dovrà essere prevenuta mediante blocchi di ancoraggio in cemento. Sopra il suolo invece dovranno essere utilizzate apposite staffe di ancoraggio.

### 9.7.2 Giunzioni a incollaggio

Per la giunzione delle tubazioni mediante incollaggio dovranno essere seguite le istruzioni del fornitore e le seguenti:

- nel caso i tubi vengano tagliati in cantiere, il taglio dovrà essere perpendicolare alle estremità e si dovrà effettuare lo smusso del codolo;
- assicurarsi che le superfici da giuntare siano pulite e asciutte;
- applicare l'adesivo in modo uniforme e in direzione longitudinale;
- procedere, nei tempi specificati dal fornitore, alla giunzione delle estremità;
- rimuovere i residui di adesivo;
- lasciare asciugare per almeno cinque minuti;
- non sottoporre la tubazione alla pressione interna prima di quanto indicato dal fornitore.

### 9.7.3 Giunzioni per saldatura

Prima di procedere alla saldatura si dovrà verificare che le superfici delle tubazioni da saldare di testa siano tagliate perpendicolarmente all'asse, prive di difetti e pulite.

La saldatura dovrà essere effettuata seguendo le istruzioni del fabbricante da personale adeguatamente formato e utilizzando idonee apparecchiature.

In ogni caso, le giunzioni e le curvature delle tubazioni in pvc-u non dovranno mai essere realizzate per saldatura o comunque per mezzo del calore.

## 9.8 Tubi in rame

### 9.8.1 Impieghi

I tubi in rame devono rispondere alla norma **UNI EN 1057**, che stabilisce i requisiti, il campionamento, i metodi di prova e le condizioni di fornitura per tubi rotondi di rame senza saldatura. È applicabile ai tubi aventi un diametro esterno compreso fra i 6 mm fino a e i 267 mm inclusi, utilizzabili per:- reti di distribuzione per acqua calda ed acqua fredda;- sistemi di riscaldamento ad acqua calda, compresi i sistemi di riscaldamento a pannelli (sotto pavimento, a parete e da soffitto);- distribuzione del gas domestico e del combustibile liquido;- scarichi di acqua sanitaria.

La norma è applicabile anche a tubi rotondi di rame senza saldatura destinati a essere pre-isolati prima del loro uso per ciascuno degli scopi di cui sopra.

Il tubo di rame deve essere fabbricato secondo i requisiti della norma **UNI EN 1057**, deve rispondere ai requisiti del D.P.R. n. 1095/1968, alla direttiva europea 98/83/CE, al D.L. n. 31 del 2 febbraio 2001 e deve essere conforme al D.M. n. 174/2004.

Per gli impianti di riscaldamento e raffrescamento a superficie radiante, il tubo di rame deve rispondere perfettamente ai requisiti della norma **UNI EN 1264**, composta da quattro parti.

In applicazioni gas la tubazione deve rispondere alle caratteristiche dimensionali della norma **UNICig 7129** (varie parti). Il prodotto deve rispondere inoltre alle caratteristiche dimensionali indicate nella norma **UNICig 7129**, paragrafo 3.2.1.2, prospetto 2, e alle caratteristiche tecniche prescritte nella norma **UNICig 7129**, paragrafo 3.3.4.2.

### 9.8.2 Guaina isolante

La guaina isolante di rivestimento del tubo deve avere le seguenti caratteristiche:- rivestimento in resina speciale di

pvc stabilizzato o pe, secondo l'uso specifico del tubo;- sezione stellare dell'isolante;- spessore minimo del rivestimento di 1,5 mm;- elevata resistenza ad agenti chimici esterni;- temperatura di esercizio – 30 °C/95 °C;- marcatura a inchiostro ogni metro di tubazione;- elevate caratteristiche meccaniche e dimensionali;- colore: ..... (bianca, gialla).

### 9.8.3 Tolleranze

Le tolleranze del diametro esterno devono rispettare i limiti previsti dal prospetto 4 della norma **UNI EN 1057**.

Le tolleranze dello spessore di parete espresse in percentuale sono indicate nel prospetto 5 della citata norma.

### 9.8.4 Condizioni dello stato superficiale

Le superfici esterne e interne dei tubi di rame devono essere pulite e lisce. Il direttore dei lavori dovrà accertarsi che la superficie interna non contenga pellicole nocive né presenti un livello di carbonio sufficientemente elevato da consentire la formazione di tali pellicole durante la posa in opera.

### 9.8.5 Prove di curvatura, allargamento e bordatura

Prima della posa in opera il direttore dei lavori dovrà fare eseguire le prove di curvatura, allargamento e bordatura in relazione al diametro del tubo, come previsto dal prospetto 7 della norma **UNI EN 1057**.

La prova di allargamento deve essere eseguita in conformità alle disposizioni della norma **UNI EN ISO 8493**.

### 9.8.6 Verifica di qualità

L'appaltatore dovrà fornire i risultati delle prove di qualità fatte eseguire dal produttore con riferimento al prospetto 8 della norma **UNI EN 1057**.

### 9.8.7 Marcatura

La norma **UNI EN 1057** prescrive che i tubi di rame aventi diametro maggiore o uguale a 10 mm, fino a 54 mm compresi, devono essere marcati in modo indelebile sulla lunghezza a intervalli ripetuti non maggiori di 600 mm, riportando almeno le seguenti indicazioni:- norma **UNI EN 1057**;- dimensioni nominali della sezione: diametro esterno per spessore di parete;- identificazione dello stato metallurgico mediante l'apposito simbolo;- marchio di identificazione del produttore;- data di produzione.

I tubi di rame aventi diametro maggiore o uguale a 6 mm fino a 10 mm escluso oppure di diametro maggiore di 54 mm devono essere marcati analogamente in modo leggibile almeno in corrispondenza di entrambe le estremità.

#### *Diametri dei tubi*

Le dimensioni dei diametri dei tubi devono essere conformi alla norma **UNI EN 1057**.

Il rivestimento in pvc è inodore, atossico e realizzato senza l'impiego di cfc ed è idoneo per essere utilizzato in impianti con temperature di esercizio che vanno da – 80 °C a + 100 °C.

**Tabella 34.15. Valori di tolleranza per i diametri esterni dei tubi in rame (UNI EN 1057)**

Diametro esterno	Scostamenti limite
	diametro medio
6-18	± 0,04
18-28	± 0,05
28-54	± 0,06
54-76,1	± 0,07
76,1-88,9	± 0,07
88,9-108	± 0,07
108-159	± 0,2
159-267	± 0,6

**Tabella 34.16. Tubazioni in rame serie leggera**

Diametro esterno (mm)	Spessore (mm)	Massa lineica (kg/m)
6	0,75	0,110
8	0,75	0,152
10	0,75	0,194
12	0,75	0,238
14	0,75	0,278
15	0,75	0,299
16	0,75	0,320

<b>Diametro esterno (mm)</b>	<b>Spessore (mm)</b>	<b>Massa lineica (kg/m)</b>
18	0,75	0,362
22	1	0,587
28	1	0,755
35	1,2	1,134
42	1,2	1,369
54	1,5	2,202
64	2	3,467
76,1	2	4,143
88,9	2	4,859
108	2,5	7,374

**Tabella 34.17. Tubazioni in rame serie pesante**

<b>Diametro esterno (mm)</b>	<b>Spessore (mm)</b>	<b>Massa lineica (kg/m)</b>
6	1	0,140
8	1	0,198
10	1	0,252
12	1	0,308
14	1	0,363
15	1	0,391
16	1	0,419
18	1	0,475
22	1,5	0,859
28	1,5	1,111
35	1,5	1,405
42	1,5	1,699
54	1,2	2,908
76,1	2,5	5,144
88,9	2,5	6,039
108	3	8,807

**Tabella 34.18. Valori di tolleranza sugli spessori dei tubi in rame**

Diametro nominale	Spessore						
	0,75	1	1,2	1,5	2	2,5	3
6		± 0,13	-	-	-	-	-
8	± 0,10	± 0,13	-	-	-	-	-
10	± 0,10	± 0,13	-	-	-	-	-
12	± 0,10	± 0,13	-	-	-	-	-
14	± 0,10	± 0,14	-	-	-	-	-
14	± 0,11	± 0,14	-	-	-	-	-
15	± 0,11	± 0,14	-	-	-	-	-
16	± 0,11	± 0,14	-	-	-	-	-
18	± 0,11	± 0,15	-	-	-	-	-
22	± 0,11	± 0,15	-	± 0,21	-	-	-
28	-	-	-	± 0,21	-	-	-
35	-	-	± 0,17	± 0,23	-	-	-
42	-	-	± 0,17	± 0,23	-	-	-
54	-	-	-	± 0,25	± 0,32	-	-
64	-	-	-	-	± 0,32	-	-
76,1	-	-	-	-	± 0,32	± 0,40	-
88,9	-	-	-	-	± 0,32	± 0,40	-
108	-	-	-	-	-	± 0,40	± 0,50

9.8.8 Norme di riferimento

**UNI EN 1057** – Rame e leghe di rame. Tubi rotondi di rame senza saldatura per acqua e gas nelle applicazioni sanitarie e di riscaldamento;

**UNI EN ISO 8493** – Materiali metallici. Tubi. Prova di espansione con mandrino;

**UNI EN 1254-1** – Rame e leghe di rame. Raccorderia idraulica. Raccordi per tubazioni di rame con terminali atti alla saldatura o brasatura capillare;

**UNI EN 1254-2** – Rame e leghe di rame. Raccorderia idraulica. Raccordi per tubazioni di rame con terminali a compressione;

**UNI EN 1254-3** – Rame e leghe di rame. Raccorderia idraulica. Raccordi per tubazioni di plastica con terminali a compressione;

**UNI EN 1254-4** – Rame e leghe di rame. Raccorderia idraulica. Raccordi combinanti altri terminali di connessione con terminali di tipo capillare o a compressione;

**UNI EN 1254-5** – Rame e leghe di rame. Raccorderia idraulica. Raccordi per tubazioni di rame con terminali corti per brasatura capillare;

**UNI EN 12449** – Rame e leghe di rame. Tubi tondi senza saldatura per usi generali;

**UNI EN 12451** – Rame e leghe di rame. Tubi tondi senza saldatura per scambiatori di calore;

**UNI EN 13348** – Rame e leghe di rame. Tubi di rame tondi senza saldatura per gas medicali o per vuoto;

**UNI EN 12735-1** – Rame e leghe di rame. Tubi di rame tondi senza saldatura per condizionamento e refrigerazione. Tubi per sistemi di tubazioni;

**UNI EN 12735-2** – Rame e leghe di rame. Tubi di rame tondi senza saldatura per condizionamento e refrigerazione. Tubi per apparecchiature.

9.9 Tubi e raccordi in ghisa sferoidale

I tubi e i raccordi in ghisa sferoidale secondo la norma **UNI EN 545** presentano i seguenti diametri nominali ( $d_n$ ): 40, 50, 60, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000.

Per agevolare l'intercambiabilità tra le forniture di diversi produttori, le tolleranze sul diametro esterno devono rispettare secondo il tipo le norme **UNI9163** e **UNI9164**.

Per le tolleranze di ovalizzazione relative alle estremità lisce dei tubi e dei raccordi, la norma **UNI EN 545** prescrive:- di attenersi ai limiti di tolleranza del prospetto 14 della citata norma per i tubi aventi  $d_n 40 \div 200$ ;- una tolleranza = 1%

per tubi aventi  $d_n \leq 600$  e = 2% per tubi aventi  $d_n > 600$ .

I tubi in ghisa devono essere forniti secondo il prospetto 3 della norma **UNI EN 545**, con i seguenti scostamenti ammissibili rispetto alla lunghezza unificata:- lunghezza unificata 8,15 m =  $\pm 150$  mm;- altre lunghezze unificate =  $\pm 100$  mm.

Le tolleranze sulle lunghezze dei tubi secondo la norma **UNI EN 545** (prospetto 6) sono:- tubi con bicchiere ed estremità liscia:  $\pm 30$  mm;- raccordi con giunti a bicchiere:  $\pm 20$  mm;- tubi e raccordi per giunti a flangia:  $\pm 10$  mm.

La lunghezza utile del tubo è quella del tubo escluso il bicchiere.

Per i tubi e i raccordi lo spessore di parete dovrà essere riferito al diametro nominale ( $d_n$ ). Le classi di spessore unificate sono riportate nel prospetto 9 della norma **UNI EN 545**.

#### 9.9.1 Norme di riferimento

**UNI EN 545** – Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte d'acqua. Requisiti e metodi di prova;

**UNI EN 598** – Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale e loro giunti per fognatura. Requisiti e metodi di prova;

**UNI 9163** – Tubi, raccordi e pezzi accessori di ghisa a grafite sferoidale per condotte in pressione. Giunto elastico automatico. Dimensioni di accoppiamento e accessori di giunto;

**UNI 9164** – Tubi, raccordi e pezzi accessori di ghisa a grafite sferoidale per condotte in pressione. Giunto elastico a serraggio meccanico. Dimensioni di accoppiamento e accessori di giunto;

**UNI EN 12729** – Dispositivi per la prevenzione dell'inquinamento da riflusso dell'acqua potabile. Disconnettori controllabili con zona a pressione ridotta, famiglia B, tipo A.

#### 9.9.2 Rivestimento interno

Tutti i tubi, raccordi e pezzi accessori per condotte in ghisa sferoidale devono essere rivestiti all'interno e all'esterno. I tubi dopo la centrifugazione saranno ricotti, zincati esternamente e rivestiti all'interno con malta e infine ricoperti all'esterno con vernici bituminose.

Per le condotte d'acqua il rivestimento interno, secondo la norma **UNI EN 545**, può essere realizzato con malta di cemento di altoforno o alluminoso applicata per centrifugazione, poliuretano e vernice bituminosa.

#### Rivestimento esterno

Il rivestimento esterno ha la funzione di assicurare una protezione duratura contro l'aggressività chimica dei terreni.

I rivestimenti esterni dei tubi, secondo la norma **UNI EN 545**, devono essere costituiti da zinco con uno strato di finitura di prodotto bituminoso o di resina sintetica. La direzione dei lavori si riserva di accettare tubi con rivestimenti esterni in nastri adesivi, malta di cemento con fibre, poliuretano, polipropilene estruso, polietilene estruso e rivestimento con manicotto di polietilene.

#### Norme di riferimento

**UNI EN 14628** – Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale. Rivestimento esterno di polietilene per tubi. Requisiti e metodi di prova;

**UNI EN 15189** – Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale. Rivestimento esterno di poliuretano dei tubi. Requisiti e metodi di prova;

**UNI EN 15542** – Tubi, raccordi e accessori di ghisa sferoidale. Rivestimento esterno di malta cementizia per tubi. Requisiti e metodi di prova.

#### Protezione esterna in polietilene

Prima del manicottaggio, i tubi e i raccordi devono essere il più asciutti e puliti possibile, evitando in particolare la presenza di terra tra il tubo e il manicotto.

Il manicotto in polietilene (**UNI EN 14628**) deve essere applicato perfettamente sulla condotta con opportune piegature e legature. La piega deve sempre essere realizzata sulla generatrice superiore del tubo, al fine di limitare i possibili rischi di danneggiamento del manicotto durante il rinterro. È vietato l'impiego di manicotti strappati. I manicotti con piccoli strappi devono essere riparati con nastro adesivo. Quelli con strappi più grandi invece devono essere riparati con pezzi di manicotto supplementari in grado di ricoprire tutta la zona danneggiata.

Il rivestimento realizzato dal manicotto della canna e dal manicotto del giunto deve assicurare la continuità totale della protezione.

#### 9.9.3 Raccordi

I raccordi in ghisa sferoidale devono essere conformi alle norme **UNI EN 598** e/o **UNI EN 545**.

I raccordi per condotte in pressione devono essere sottoposti in stabilimento a collaudo effettuato con aria a una pressione di 1 bar oppure ad altra prova di tenuta equivalente (**UNI EN 598**).

Devono inoltre avere le estremità a bicchiere per giunzioni automatiche a mezzo anelli in gomma oppure a flangia.

#### 9.9.4 Requisiti di accettazione

I tubi, i raccordi e i pezzi accessori per condotte non devono presentare alcun difetto o aver subito durante la movimentazione danneggiamenti che possano nuocere al loro impiego.

I tubi, i raccordi e i pezzi accessori per condotte che presentino piccole imperfezioni, inevitabili per i processi di fabbricazione, e che non nuociano in alcun modo al loro impiego o che abbiano subito danneggiamenti durante la movimentazione o in caso di incidenti potranno essere accettati previa riparazione e benessere del committente. La riparazione di alcuni difetti o danni dovrà essere eseguita con i metodi appropriati indicati dal produttore.

#### Valvole

Le valvole a saracinesca flangiate per condotte d'acqua devono essere conformi alle norme **UNI EN 1074-1** e **UNI EN 1074-2**.

Le valvole disconnettrici a tre vie contro il ritorno di flusso e zone di pressione ridotta devono essere conformi alla norma **UNI EN 12729**.

Le valvole di sicurezza per apparecchi in pressione devono rispondere alla norma **UNI EN ISO 4126-1**.

La rispondenza alle norme predette deve essere comprovata da dichiarazione di conformità, completata con dichiarazioni di rispondenza alle caratteristiche specifiche previste dal progetto.

Norme di riferimento

**UNI EN 1074-1** – Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Requisiti generali;

**UNI EN 1074-2** – Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Valvole di intercettazione;

**UNI EN 1074-2** – Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Parte 2: Valvole di intercettazione;

**UNI EN 1074-3** – Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove di verifica idonee. Valvole di ritegno;

**UNI EN 1074-4** – Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Sfiati d'aria;

**UNI EN 1074-5** – Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica. Valvole di regolazione;

**UNI EN 1074-6** – Valvole per la fornitura di acqua. Requisiti di idoneità all'impiego e prove idonee di verifica. Parte 6: Idranti;

**UNI EN ISO 4126-1** – Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 1: Valvole di sicurezza;

**UNI EN ISO 4126-2** – Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Dispositivi di sicurezza a disco di rottura;

**UNI EN ISO 4126-3** – Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 3: Valvole di sicurezza in combinazione con dispositivi di sicurezza a disco di rottura;

**UNI EN ISO 4126-4** – Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 4: Valvole di sicurezza comandate da pilota;

**UNI EN ISO 4126-5** – Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 5: Sistemi di sicurezza controllati (csprs);

**UNI EN ISO 4126-6** – Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 6: Applicazione, selezione e installazione dei dispositivi di sicurezza a disco di rottura;

**UNI EN ISO 4126-7** – Dispositivi di sicurezza per la protezione contro le sovrappressioni. Parte 7: Dati comuni.

#### 9.9.5 Marcatura dei tubi e dei raccordi

La marcatura dei tubi dovrà essere eseguita con prodotti indelebili e apposta nella zona centrale dei manufatti, e dovrà comprendere:

– indicazioni che devono essere ottenute direttamente nella fusione del getto:- designazione gs; - numero di matricola; - classificazione delle flange secondo la pn (eventuale);- marchio di fabbrica del produttore;- anno di fabbricazione;- diametro nominale ( $d_n$ ).

– indicazioni che possono essere applicate con qualsiasi metodo (pitturazione) o sull'imballaggio:- norma UNIdi riferimento;

- certificazione rilasciata da terzi (eventuale);- designazione della classe di spessore dei tubi centrifugati (quando diversa da K 9).

#### 9.10 *Tubi multistrato*

I tubi multistrato devono avere l'anima di alluminio saldato a sovrapposizione in senso longitudinale, in cui sono coestrusi all'interno e all'esterno due strati di polietilene (pe). Tutti gli strati sono uniti tra loro in modo durevole per mezzo di uno strato adesivo intermedio.

I raccordi devono essere conformi al D.M. n. 174 del 6 aprile 2004.

##### 9.10.1 Norme di riferimento

**UNI10876** – *Alluminio e leghe di alluminio. Tubi multistrato di alluminio saldato e polietilene per adduzione fluidi;*

**UNI10954-1** – *Sistemi di tubazioni multistrato metallo-plastici per acqua fredda e calda. Parte 1: Tubi;*

**UNI10954-2** – *Sistemi di tubazioni multistrato metallo-plastici per acqua fredda e calda. Raccordi.*

### Art. 10 **Apparecchiature idrauliche**

#### 10.1 *Generalità*

Tutti gli apparecchi ed i pezzi speciali da impiegare nell'esecuzione delle condotte e delle cabine di manovra dovranno uniformarsi ai tipi specificati in progetto e corrispondere esattamente alle prescrizioni delle relative norme di unificazione nonchè ai modelli approvati dalla Direzione Lavori e depositati in campionatura.

I pezzi di fusione dovranno presentare superfici esterne perfettamente modellate, se del caso sbavate e ripassate allo scalpello od alla lima. I piani di combaciamento di tutte le flange dovranno essere ricavati mediante lavorazione al tornio e presentare inoltre una o più rigature circolari concentriche per aumentare la tenuta con guarnizione. Del pari dovranno essere ottenute con lavorazione a macchina tutte le superfici soggette a sfregamenti nonchè i fori dei coperchi e delle flange di collegamento.

Tutti i pezzi in ghisa dei quali non sarà prescritta la verniciatura, dopo l'eventuale collaudo in officina dovranno essere catramati o bitumati internamente ed esternamente (). Le superfici esterne grezze in bronzo, rame, ottone, se non diversamente prescritto, saranno semplicemente ripulite mediante sabbatura. Sulla superficie esterna di ogni apparecchio dovrà inoltre risultare, di fusione o con scritta indelebile, la denominazione della ditta costruttrice, il diametro nominale, la pressione nominale e le frecce indicanti la direzione della corrente.

L'Amministrazione appaltante si riserva la facoltà di sottoporre a prove o verifiche gli apparecchi forniti dall'Appaltatore, intendendosi a totale carico dello stesso, come peraltro specificato nelle condizioni generali di fornitura, tutte le spese occorrenti per il prelevamento ed invio, agli Istituti di prova, dei campioni che la Direzione intendesse sottoporre a verifica.

#### 10.2 *Generalità materiali*

Le apparecchiature idrauliche per condotte d'acqua dovranno essere realizzate e fornite nel rispetto delle condizioni tutte di cui alle norma di unificazione:

**UNI EN 1074-1 : 2001** ; *Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica - Requisiti generali;*

**UNI EN 1074-2 : 2004** ; *Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica - Parte 2: Valvole di intercettazione;*

**UNI EN 1074-3 : 2001;** *Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove di verifica idonee - Valvole di ritegno;*

**UNI EN 1074-4 : 2002** ; *Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica - Sfiati d'aria;*

**UNI EN 1074-5 : 2002** ; *Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica - Valvole di regolazione;*

I materiali potranno essere, in rapporto alle prescrizioni: ghisa sferoidale **UNI EN 1563:2018** od acciaio non legato per getti Fe G **UNI EN 10293:2015** per la costruzione dei corpi e dei coperchi; ghisa sferoidale c.s., acciaio non legato c.s., bronzo G-Cu Sn5 Pb5 Zn5 **UNI EN 1982:2017** , lega di rame da fonderia (ottone speciale) G-Cu Zn34 Pb2 **UNI EN 1982:2017** e lega di rame da lavorazione plastica (ottone al piombo) P-Cu Zn40 Pb2 UNI5705 per la costruzione delle altre parti. La Direzione Lavori potrà ammettere comunque l'impiego di altri materiali, purchè idonei e scelti tra quelli unificati.

Su una fiancata del corpo delle apparecchiature dovranno essere ricavati di fusione, od impressi in modo leggibile ed indelebile, il marchio di fabbrica, il diametro nominale, la pressione nominale e la sigla indicante il materiale del

corpo. Sul bordo delle flange dovrà essere indicata la dima di foratura.

La verniciatura dovrà invece essere effettuata su tutte le apparecchiature di ghisa su quelle di acciaio, nonché sulle scatole dei comandi .

### 10.3 Particolarità costruttive

Tutte le apparecchiature dovranno essere di norma costruite con quattro sedi di tenuta, due nel corpo e due nell'atturatore, riportate sotto forma di anelli opportunamente sagomati di materiale G-Cu Zn34 Pb2 **UNI EN 1982:2017** oppure di P-Cu Zn40 Pb2 UNI5705. La sede di imposta degli anelli di tenuta dovrà essere lavorata in modo da garantire un fissaggio stabile nel tempo e la perfetta tenuta. La conicità dovrà essere compresa tra l'8 e il 16%; le superfici di contatto dovranno presentare una rugosità superficiale Ra inferiore ad 1 micron. Non saranno ammesse sedi riportate per saldatura.

Gli steli di manovra dovranno essere eseguiti in ottone al piombo, stampato o fucinato. La filettatura dovrà essere a profilo trapezoidale TpN UNIM 124 (2a Ed.), sinistra ad un solo principio. La madrevite dovrà essere di norma eseguita di bronzo GCu Sn5 Pb5 **UNI EN 1982:2017**; dovrà avere altezza non minore di 5 volte il passo della filettatura (e dei 9/10 del diametro esterno dello stelo) e superficie di contatto con rugosità Ra inferiore a 3 micron. Nel caso di apparecchiature a vite interna gli steli di manovra dovranno essere realizzati con collarino monoblocco, ricavato per fucinatura o per stampaggio non essendo ammessi collarini comunque riportati.

#### 10.3.1 Prove

Tutte le apparecchiature dovranno essere sottoposte alle prove di pressione del corpo e di tenuta delle sedi. Le prove saranno effettuate con le modalità di cui alla norma **UNI EN 1074:2001**; la prima ad otturatore aperto, con una pressione mediamente superiore del 50% rispetto a quella nominale; la seconda ad otturazione chiuso, con una pressione uguale a quella nominale. Le prove avranno durata non inferiore a 10 minuti e comunque sufficiente per constatare la perfetta tenuta del corpo e delle sedi.

#### 10.3.2 Attestato di conformità

L'Appaltatore è tenuto a fornire alla Stazione appaltante un attestato di conformità, rilasciato dal fabbricante, con il quale verrà certificato che le apparecchiature fornite sono conformi alle norme UNIrichiamate ed a quant'altro è stato oggetto di specifica richiesta.

## Art. 11 Elementi costruttivi prefabbricati

### 11.1 Generalità

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare, deve essere presente e operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del conglomerato cementizio, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Gli elementi costruttivi di produzione occasionale devono essere comunque realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato nel presente articolo.

### 11.2 Requisiti minimi degli stabilimenti e degli impianti di produzione

Il processo di produzione degli elementi costruttivi prefabbricati, oggetto delle Norme tecniche per le costruzioni NTC 2018, deve essere caratterizzato almeno da:

- impianti in cui le materie costituenti siano conservate in sili, tramogge e contenitori che ne evitino ogni possibilità di confusione, dispersione o travaso;
- dosaggio a peso dei componenti solidi e dosaggio a volume o a peso dei soli componenti liquidi, mediante utilizzo di strumenti rispondenti alla normativa vigente;
- organizzazione mediante una sequenza completa di operazioni essenziali in termini di produzione e controllo;
- organizzazione di un sistema permanente di controllo documentato della produzione;
- rispetto delle norme di protezione dei lavoratori e dell'ambiente.

### 11.3 Controllo di produzione

Gli impianti per la produzione del calcestruzzo destinato alla realizzazione di elementi costruttivi prefabbricati, disciplinati dalle Norme tecniche per le costruzioni, devono essere idonei a una produzione continua, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento, nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Il produttore di elementi prefabbricati deve dotarsi di un sistema di controllo della produzione, allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme **UNI EN ISO 9001** e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza e organizzazione, che opera in coerenza con la norma **UNICEI en iso/tec 17020**.

Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità, il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee o internazionali applicabili.

#### 11.3.1 Controllo sui materiali per elementi di serie

I controlli sui materiali dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni di legge vigenti.

Per il calcestruzzo impiegato con fini strutturali nei centri di produzione dei componenti prefabbricati di serie, il direttore tecnico di stabilimento dovrà effettuare il controllo continuo del conglomerato secondo le prescrizioni contenute nelle Norme tecniche per le costruzioni, operando con attrezzature tarate annualmente da uno dei laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Il tecnico suddetto provvederà alla trascrizione giornaliera dei risultati su appositi registri di produzione con data certa, da conservare per dieci anni da parte del produttore.

Detti registri devono essere disponibili per i competenti organi del Consiglio superiore dei lavori pubblici (servizio tecnico centrale), per i direttori dei lavori e per tutti gli aventi causa nella costruzione.

Le prove di stabilimento dovranno essere eseguite a 28 giorni di stagionatura e ai tempi significativi nelle varie fasi del ciclo tecnologico, secondo le modalità delle norme vigenti e su provini maturati in condizioni termoisometriche di stagionatura conformi a quelle dei manufatti prefabbricati prodotti.

La resistenza caratteristica dovrà essere determinata secondo il metodo di controllo di tipo B e immediatamente registrata.

Inoltre, dovranno eseguirsi controlli del calcestruzzo a 28 giorni di stagionatura, presso un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, per non meno di un prelievo ogni cinque giorni di produzione effettiva per ogni tipo di calcestruzzo omogeneo. Tali risultati dovranno soddisfare il controllo di tipo A, operando su tre prelievi consecutivi, indipendentemente dal quantitativo di calcestruzzo prodotto.

Sarà cura del direttore tecnico dello stabilimento annotare sullo stesso registro i risultati delle prove di stabilimento e quelli del laboratorio esterno.

Infine, il tecnico abilitato dovrà predisporre periodicamente, almeno su base annua, una verifica della conformità statistica dei risultati dei controlli interni e di quelli effettuati da laboratorio esterno, tra loro e con le prescrizioni contenute nelle vigenti norme tecniche per le costruzioni.

#### 11.3.2 Controllo di produzione di serie controllata

Per le produzioni per le quali è prevista la serie controllata, è richiesto il rilascio preventivo dell'autorizzazione alla produzione da parte del servizio tecnico centrale, secondo le procedure della qualificazione della produzione controllata.

#### 11.3.3 Prove di tipo iniziali per elementi di serie controllata

La produzione in serie controllata di componenti strutturali deve essere preceduta da verifiche sperimentali su prototipi eseguite da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, appositamente incaricato dal produttore.

#### 11.3.4 Marcatura

Ogni elemento prefabbricato prodotto in serie deve essere appositamente contrassegnato da marcatura fissa, indelebile o comunque non rimovibile, in modo da garantire la rintracciabilità del produttore e dello stabilimento di produzione, nonché individuare la serie di origine dell'elemento.

Inoltre, per manufatti di peso superiore a 8 kN, dovrà essere indicato in modo visibile, per lo meno fino all'eventuale getto di completamento, anche il peso dell'elemento.

### 11.4 Procedure di qualificazione

La valutazione dell'idoneità del processo produttivo e del controllo di produzione in stabilimento, nonché della conformità del prodotto finito, è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

I produttori di elementi prefabbricati di serie devono procedere alla qualificazione dello stabilimento e degli elementi costruttivi prodotti trasmettendo, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. n. 380/2001, idonea documentazione al servizio tecnico centrale della presidenza del Consiglio superiore dei lavori pubblici.

Il servizio tecnico centrale ha facoltà, anche attraverso sopralluoghi, di accertare la validità e la rispondenza della documentazione, come pure il rispetto delle prescrizioni contenute nelle Norme tecniche per le costruzioni.

#### 11.4.1 Qualificazione dello stabilimento

Il riconoscimento dello stabilimento è il presupposto per ogni successivo riconoscimento di tipologie produttive.

La qualificazione del sistema organizzativo dello stabilimento e del processo produttivo deve essere dimostrata attraverso la presentazione di idonea documentazione, relativa alla struttura organizzativa della produzione e al sistema di

controllo in stabilimento.

Nel caso in cui gli elementi costruttivi siano prodotti in più stabilimenti, la qualificazione deve essere riferita a ciascun centro di produzione.

#### 11.4.2 Qualificazione della produzione in serie dichiarata

Tutte le ditte che procedono in stabilimento alla costruzione di manufatti prefabbricati in serie dichiarata, prima dell'inizio di una nuova produzione devono presentare apposita domanda al servizio tecnico centrale della presidenza del Consiglio superiore dei lavori pubblici.

Tale domanda deve essere corredata da idonea documentazione, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. n. 380/2001 e di quanto indicato per la qualificazione dello stabilimento.

Sulla base della documentazione tecnica presentata, il servizio tecnico centrale rilascerà apposito attestato di qualificazione, avente validità triennale.

Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.

L'attestato è rinnovabile su richiesta, previa presentazione di idonei elaborati relativi all'attività svolta e ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

#### 11.4.3 Qualificazione della produzione in serie controllata

Oltre a quanto specificato per la produzione in serie dichiarata, la documentazione necessaria per la qualificazione della produzione in serie controllata dovrà comprendere la documentazione relativa alle prove a rottura su prototipo e una relazione interpretativa dei risultati delle prove stesse.

Sulla base della documentazione tecnica presentata, il servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, rilascerà apposita autorizzazione alla produzione, avente validità triennale.

Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.

L'autorizzazione è rinnovabile su richiesta, previa presentazione di idonei elaborati, relativi all'attività svolta e ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

#### 11.4.4 Sospensioni e revoche

È prevista la sospensione o, nei casi più gravi o di recidiva, la revoca degli attestati di qualificazione in serie dichiarata o controllata, ove il servizio tecnico centrale accerti, in qualsiasi momento, difformità tra i documenti depositati e la produzione effettiva, ovvero la mancata ottemperanza alle prescrizioni contenute nella vigente normativa tecnica.

I provvedimenti di sospensione e di revoca vengono adottati dal servizio tecnico centrale, sentito il parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, sono atti definitivi.

### 11.5 Documenti di accompagnamento della fornitura. Verifiche del direttore dei lavori

Ogni fornitura in cantiere di manufatti prefabbricati prodotti in serie dovrà essere accompagnata da una specifica documentazione, la cui conservazione è a cura del direttore dei lavori dell'opera in cui detti manufatti vengono inseriti. Tale documentazione comprende:

– apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art. 58 del D.P.R. n. 380/2001. Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera;
- apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti.

– elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego dei manufatti, che dovranno essere consegnati dal direttore dei lavori al committente, a conclusione dell'opera;

– certificato di origine firmato dal direttore tecnico responsabile della produzione e dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il servizio tecnico centrale, deve riportare l'indicazione degli estremi dell'attestato di qualificazione, nonché il nominativo del progettista;

– attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale e copia della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo di produzione in fabbrica;

– documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio ufficiale incaricato ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. Tali documenti devono essere relativi

al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del direttore dei lavori di cui all'art. 65 del D.P.R. n. 380/2001.

Il direttore dei lavori non può accettare in cantiere elementi prefabbricati in serie che non siano accompagnati da tutti i documenti predetti.

Inoltre, prima di procedere all'accettazione dei manufatti stessi, il direttore dei lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati con la marcatura prevista.

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al direttore dei lavori gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal progettista e dal direttore tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- destinazione del prodotto; - requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;- prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale; - prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;- tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

#### 11.6 Norme complementari relative alle strutture prefabbricate

Per *manufatti* o *elementi prefabbricati di serie* devono intendersi unicamente quelli prodotti in stabilimenti permanenti, con tecnologia ripetitiva e processi industrializzati, in tipologie predefinite per campi dimensionali e tipi di armature.

Per *manufatti di produzione occasionale* si intendono i componenti prodotti senza il presupposto della ripetitività tipologica.

Il componente deve garantire i livelli di sicurezza e di prestazione sia come componente singolo, nelle fasi transitorie di sfornatura, movimentazione, stoccaggio, trasporto e montaggio, sia come elemento di un più complesso organismo strutturale una volta installato in opera.

##### 11.6.1 Prodotti prefabbricati non soggetti a marcatura ce

Per gli elementi strutturali prefabbricati, quando non soggetti ad attestato di conformità secondo una specifica tecnica elaborata ai sensi della direttiva 89/106/cee (marcatura ce) e i cui riferimenti sono pubblicati sulla GUUE, sono previste due categorie di produzione:- serie dichiarata;- serie controllata.

I componenti per i quali non sia applicabile la marcatura ce, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993 di recepimento della direttiva 89/106/cee, devono essere realizzati attraverso processi sottoposti a un sistema di controllo della produzione, e i produttori di componenti occasionali – in serie dichiarata e in serie controllata – devono, altresì, provvedere alla preventiva qualificazione del sistema di produzione, con le modalità indicate nelle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

##### 11.6.2 Prodotti prefabbricati in serie

Rientrano tra i prodotti prefabbricati in serie:

- i componenti di serie per i quali è stato effettuato il deposito ai sensi dell'art. 9 della legge 5 novembre 1971, n. 1086;
- i componenti per i quali è stata rilasciata la certificazione di idoneità ai sensi degli artt. 1 e 7 della legge 2 febbraio 74, n. 64;
- ogni altro componente prodotto in stabilimenti permanenti, con tecnologia ripetitiva e processi industrializzati, in tipologie predefinite per campi dimensionali e tipi di armature.

Prodotti prefabbricati in serie dichiarata

Rientrano in serie dichiarata i componenti di serie che, pur appartenendo a una tipologia predefinita, vengono progettati di volta in volta su commessa per dimensioni e armature (serie tipologica).

Per le tipologie predefinite il produttore dovrà provvedere, nell'ambito delle modalità di qualificazione della produzione di cui al paragrafo 11.8 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, al deposito della documentazione tecnica relativa al processo produttivo e al progetto tipo presso il servizio tecnico centrale del Ministero delle infrastrutture.

Per ogni singolo impiego delle serie tipologiche, la specifica documentazione tecnica dei componenti prodotti in serie dovrà essere allegata alla documentazione progettuale depositata presso l'ufficio regionale competente, ai sensi della vigente legislazione in materia.

Rientrano altresì in serie dichiarata i componenti di serie costituiti da un tipo compiutamente determinato, predefinito in dimensioni e armature sulla base di un progetto depositato (serie ripetitiva).

Per ogni tipo di componente o per ogni famiglia omogenea di tipi, il produttore dovrà provvedere, nell'ambito delle modalità di qualificazione della produzione secondo le Nuove norme tecniche per le costruzioni, al deposito della documentazione tecnica relativa al processo produttivo e al progetto specifico presso il servizio tecnico centrale del Consiglio superiore dei lavori pubblici.

Per ogni singolo impiego delle serie ripetitive, sarà sufficiente allegare alla documentazione progettuale depositata presso l'ufficio regionale competente, ai sensi della vigente legislazione in materia, gli estremi del deposito presso il

servizio tecnico centrale.

Prodotti prefabbricati in serie controllata

Per *serie controllata* si intende la produzione di serie che, oltre ad avere i requisiti specificati per la serie dichiarata, sia eseguita con procedure che prevedono verifiche sperimentali su prototipo e controllo permanente della produzione.

Devono essere prodotti in serie controllata:

- i componenti costituiti da assetti strutturali non consueti;
- i componenti realizzati con l'impiego di calcestruzzi speciali o di classe > C 45/55;
- i componenti armati o precompressi con spessori, anche locali, inferiori a 40 mm;
- i componenti il cui progetto sia redatto su modelli di calcolo non previsti dalle norme tecniche per le costruzioni.

Per i componenti ricadenti in uno dei casi sopra elencati, è obbligatorio il rilascio preventivo dell'autorizzazione alla produzione, secondo le procedure delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

#### *Responsabilità e competenze*

Il progettista e il direttore tecnico dello stabilimento di prefabbricazione, ciascuno per le proprie competenze, sono responsabili della capacità portante e della sicurezza del componente, sia incorporato nell'opera, sia durante le fasi di trasporto fino a piè d'opera.

È responsabilità del progettista e del direttore dei lavori del complesso strutturale di cui l'elemento fa parte, ciascuno per le proprie competenze, la verifica del componente durante il montaggio, la messa in opera e l'uso dell'insieme strutturale realizzato.

I componenti prodotti negli stabilimenti permanenti devono essere realizzati sotto la responsabilità di un direttore tecnico dello stabilimento, dotato di adeguata abilitazione professionale, che assume le responsabilità proprie del direttore dei lavori.

I componenti di produzione occasionale devono, inoltre, essere realizzati sotto la vigilanza del direttore dei lavori dell'opera di destinazione.

I funzionari del servizio tecnico centrale potranno accedere anche senza preavviso agli stabilimenti di produzione dei componenti prefabbricati per l'accertamento del rispetto delle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

#### *Prove su componenti*

Per verificare le prestazioni di un nuovo prodotto o di una nuova tecnologia produttiva e accertare l'affidabilità dei modelli di calcolo impiegati nelle verifiche di resistenza, prima di dare inizio alla produzione corrente è necessario eseguire delle prove di carico su un adeguato numero di prototipi al vero, portati fino a rottura.

Tali prove sono obbligatorie, in aggiunta alle prove correnti sui materiali di cui al capitolo 11 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni, per le produzioni in serie controllata.

#### *Norme complementari*

Le verifiche del componente devono essere fatte con riferimento al livello di maturazione e di resistenza raggiunto, controllato mediante prove sui materiali di cui al capitolo 11 delle Nuove norme tecniche per le costruzioni ed eventuali prove su prototipo prima della movimentazione del componente e del cemento statico dello stesso.

I dispositivi di sollevamento e movimentazione devono essere esplicitamente previsti nel progetto del componente strutturale e realizzati con materiali appropriati e dimensionati per le sollecitazioni previste.

Il copriferro degli elementi prefabbricati deve rispettare le regole generali dell'art. 60 del presente capitolato speciale.

#### *Appoggi*

Per i componenti appoggiati in via definitiva, particolare attenzione va posta alla posizione e dimensione dell'apparecchio d'appoggio, sia rispetto alla geometria dell'elemento di sostegno sia rispetto alla sezione terminale dell'elemento portato, tenendo nel dovuto conto le tolleranze dimensionali e di montaggio e le deformazioni per fenomeni reologici e/o termici.

I vincoli provvisori o definitivi devono essere, se necessario, validati attraverso prove sperimentali.

Gli appoggi scorrevoli devono consentire gli spostamenti relativi previsti senza perdita della capacità portante.

#### *Realizzazione delle unioni*

Le unioni devono avere resistenza e deformabilità coerenti con le ipotesi progettuali.

#### *Tolleranze*

Le tolleranze minime di produzione che dovrà rispettare il componente sono quelle indicate dal produttore. Il componente che non rispetta tali tolleranze deve essere giudicato non conforme e quindi potrà essere consegnato in cantiere per l'utilizzo nella costruzione solo dopo preventiva accettazione da parte del direttore dei lavori.

Il montaggio dei componenti e il completamento dell'opera devono essere conformi alle previsioni di progetto esecuti-

vo. Nel caso si verificassero delle non conformità, queste devono essere analizzate dal direttore dei lavori nei riguardi delle eventuali necessarie misure correttive.

## Art. 12 Laterizi

### 12.1 Generalità

Si definiscono *laterizi* quei materiali artificiali da costruzione formati di argilla – contenente quantità variabili di sabbia, di ossido di ferro e di carbonato di calcio – purgata, macerata, impastata, pressata e ridotta in pezzi di forma e di dimensioni prestabilite, i quali, dopo asciugamento, verranno esposti a giusta cottura in apposite fornaci e dovranno rispondere alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2233 (norme per l'accettazione dei materiali laterizi) e alle norme UNIVigenti.

### 12.2 Requisiti

I laterizi di qualsiasi tipo, forma e dimensione devono possedere i seguenti requisiti:

- non presentare sassolini, noduli o altre impurità all'interno della massa;
- avere facce lisce e spigoli regolari;
- presentare alla frattura (non vetrosa) grana fine e uniforme;
- dare, al colpo di martello, un suono chiaro;
- assorbire acqua per immersione;
- asciugarsi all'aria con sufficiente rapidità;
- non sfaldarsi e non sfiorire sotto l'influenza degli agenti atmosferici e di soluzioni saline;
- non screpolarsi al fuoco;
- avere resistenza adeguata agli sforzi ai quali dovranno essere assoggettati, in relazione all'uso.

### 12.3 Controlli di accettazione

Per accertare se i materiali laterizi abbiano i requisiti prescritti, oltre all'esame accurato della superficie e della massa interna e alle prove di percussione per riconoscere la sonorità del materiale, devono essere sottoposti a prove fisiche e chimiche.

Le prove fisiche sono quelle di compressione, flessione, urto, gelività, imbibimento e permeabilità.

Le prove chimiche sono quelle necessarie per determinare il contenuto in sali solubili totali e in solfati alcalini.

In casi speciali, può essere prescritta un'analisi chimica più o meno completa dei materiali, seguendo i procedimenti analitici più accreditati.

I laterizi da usarsi in opere a contatto con acque contenenti soluzioni saline devono essere analizzati, per accertare il comportamento di essi in presenza di liquidi di cui si teme la aggressività.

Per quanto attiene alle modalità delle prove chimiche e fisiche, si rimanda al R.D. 16 novembre 1939, n. 2233.

### 12.4 Elementi in laterizio per solai

Norme di riferimento

Per la terminologia, il sistema di classificazione, i limiti di accettazione e i metodi di prova si farà riferimento alle seguenti norme:

**UNI9730-1** – *Elementi di laterizio per solai. Terminologia e classificazione;*

**UNI9730-2** – *Elementi di laterizio per solai. Limiti di accettazione;*

**UNI9730-3** – *Elementi di laterizio per solai. Metodi di prova.*

Dovranno, inoltre, essere rispettate le norme tecniche di cui al punto 4.1.9 del D.M. 17 gennaio 2018.

### 12.5 Tavelle e tavelloni

Le tavelle sono elementi laterizi con due dimensioni prevalenti e con altezza minore o uguale a 4 cm.

I tavelloni sono, invece, quegli elementi laterizi aventi due dimensioni prevalenti e altezza superiore ai 4 cm (generalmente 6÷8 cm).

Per l'accettazione dimensionale delle tavelle e dei tavelloni si farà riferimento alle tolleranze previste dal punto 4 della norma **UNI11128** – *Prodotti da costruzione di laterizio. Tavelloni, tavelle e tavelline. Terminologia, requisiti e metodi di prova.*

In riferimento alla citata norma, l'80% degli elementi sottoposti a prova deve resistere a un carico variabile da 600 a 1200 N in funzione della lunghezza e dello spessore.

Gli elementi devono rispondere alla modalità di designazione prevista dalla citata norma uni.

## Art. 13 **Manufatti di pietre naturali o ricostruite**

### 13.1 *Generalità*

La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato. Le denominazioni commerciali devono essere riferite a campioni, atlanti, ecc.

Per le prove da eseguire presso i laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 si rimanda alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2232 (norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione), del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234 (norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione), e delle norme UNIVigenti.

I campioni delle pietre naturali da sottoporre alle prove da prelevare dalle forniture esistenti in cantiere, devono presentare caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche conformi a quanto prescritto nei contratti, in relazione al tipo della pietra e all'impiego che di essa deve farsi nella costruzione.

Tabella : Valori indicativi di tenacità

<b>Roccia</b>	<b>Tenacità</b>
Calcarea	1
Gneiss	1,20
Granito	1,50
Arenaria calcarea	1,50
Basalto	2,30
Arenaria silicea	2,60

Tabella : Valori indicativi di resistenza a taglio

<b>Roccia</b>	<b>Carico di rottura (MPa)</b>
Arenarie	3-9
Calcarea	5-11
Marmi	12
Granito	15
Porfido	16
Serpentini	18-34
Gneiss	22-31

### 13.2 *Marmo*

Roccia cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino).

A questa categoria appartengono: - i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri e i cipollini;

- i calcari, le dolomie e le brecce calcaree lucidabili;- gli alabastri calcarei;- le serpentiniti;- le oficalciti.

### 13.3 *Granito*

Roccia fanero-cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 6 a 7 (quali quarzo, felspati, felspatoidi).

A questa categoria appartengono:- i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanero-cristalline costituite da quarzo, felspati sodico-potassici e miche);- altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri, ecc.);- le corrispettive rocce magmatiche effusive, a struttura porfirica;- alcune rocce metamorfiche di analoga composizione, come gneiss e serizzi.

### 13.4 *Travertino*

Roccia calcarea sedimentaria di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, da decorazione e da costruzione; alcune varietà sono lucidabili.

### 13.5 *Pietra*

Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile.

A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariata, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili a uno dei due gruppi seguenti:- rocce tenere e/o poco compatte;- rocce dure e/o compatte.

Esempi di pietre del primo gruppo sono varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo, ecc.) e varie rocce piroclastiche (peperini, tufi, ecc.). Al secondo gruppo, invece, appartengono le pietre a spacco naturale (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie, ecc.) e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leucititi, ecc.).

Per gli altri termini usati per definire il prodotto in base alle norme, dimensioni, tecniche di lavorazione e alla conformazione geometrica, vale quanto riportato nella norma **UNI EN 12670**.

Norma di riferimento

**UNI EN 12670** – *Pietre naturali. Terminologia.*

### 13.6 *Requisiti d'accettazione*

I prodotti in pietra naturale o ricostruita devono rispondere alle seguenti prescrizioni:

- appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta, nonché essere conformi a eventuali campioni di riferimento ed essere esenti da crepe, discontinuità, ecc., che riducono la resistenza o la funzione;
- avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento;
- avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze.

Delle seguenti ulteriori caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (e i valori minimi e/o la dispersione percentuale):

- massa volumica reale e apparente, misurata secondo la norma **UNI EN 1936**;
- coefficiente dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica, misurato secondo la norma **UNI EN 13755**;
- resistenza a compressione uniassiale, misurata secondo la norma **UNI EN 1926**;
- resistenza a flessione a momento costante, misurata secondo la norma **UNI EN 13161**;
- resistenza all'abrasione, misurata secondo le disposizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234.

Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture, ecc.), si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato e alle prescrizioni di progetto.

I valori dichiarati saranno accettati dalla direzione dei lavori anche in base ai criteri generali del presente capitolato speciale d'appalto.

Norme di riferimento

**UNI EN 12370** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali;*

**UNI EN 12371** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza al gelo;*

**UNI EN 12372** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato;*

**UNI EN 12407** – *Metodi di prova per pietre naturali. Esame petrografico;*

**UNI EN 13161** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a flessione a momento costante;*

**UNI EN 13364** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio;*

**UNI EN 13373** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi;*

**UNI EN 13755** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica;*

**UNI EN 13919** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO<sub>2</sub> in presenza di umidità;*

**UNI EN 14066** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termico;*

**UNI EN 14146** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del modulo di elasticità dinamico (tramite misurazione della frequenza fondamentale di risonanza);*

**UNI EN 14147** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento mediante nebbia salina;*

**UNI EN 14157** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'abrasione;*

**UNI EN 14158** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'energia di rottura;*

**UNI EN 14205** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della durezza Knoop;*

**UNI EN 14231** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza allo scivolamento tramite l'apparecchiatura di prova a pendolo;*

**UNI EN 14579** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della velocità di propagazione del suono;*

**UNI EN 14580** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del modulo elastico statico;*

**UNI EN 14581** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del coefficiente di dilatazione lineare termica;*

**UNI EN 1925** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità;*

**UNI EN 1926** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a compressione uniassiale;*

**UNI EN 1936** – *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta.*

### 13.7 *Manufatti da lastre*

I manufatti da lastre devono essere ricavati da lastre di spessore non superiore a 8 cm. Si hanno i prodotti:- lastre rifilate;

- listelli;- modulmarmo/modulgranito.

### 13.8 *Manufatti in spessore*

I manufatti in spessore devono essere ricavati da blocchi o lastre di spessore superiore a 8 cm. Si hanno i seguenti prodotti:

- masselli;- binderi;- cordoni.

### 13.9 *Manufatti a spacco e sfaldo*

Tra i manufatti a spacco si indicano:- cubetti di porfido;- smolleri;- lastre di ardesia;- lastre di quarzite;- lastre di serpentino;- lastre di beola;- lastre di arenaria.

## Art. 14 **Prodotti per pavimentazione e controsoffitti**

### 14.1 *Generalità. Definizioni*

Si definiscono *prodotti per pavimentazione* quelli utilizzati per realizzare lo strato di rivestimento dell'intero sistema di pavimentazione.

I termini funzionali del sottosistema parziale "pavimentazione" e degli strati funzionali che lo compongono sono quelli definiti dalla norma **UNI7998**, in particolare:

- rivestimento: strato di finitura;

- supporto: strato sottostante il rivestimento;

- suolo: strato di terreno avente la funzione di sopportare i carichi trasmessi dalla pavimentazione;

- massiciata: strato avente la funzione di sopportare i carichi trasmessi dalla pavimentazione;

- strato di scorrimento: strato di compensazione tra i vari strati contigui della pavimentazione;

- strato di impermeabilizzazione: strato atto a garantire alla pavimentazione la penetrazione di liquidi;

- strato di isolamento termico: strato atto a conferire alla pavimentazione un grado stabilito di isolamento termico;

- strato di isolamento acustico: strato atto a conferire alla pavimentazione un grado stabilito di isolamento acustico;

- strato portante: strato strutturale (come, ad esempio, il solaio) atto a resistere ai carichi trasmessi dalla pavimentazione;

- strato ripartitore: strato avente la funzione di trasmettere le sollecitazioni della pavimentazione allo strato portante;

- strato di compensazione: strato avente la funzione di fissare la pavimentazione e di compensare eventuali dislivelli.

Il direttore dei lavori, ai fini dell'accettazione dei prodotti, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura, oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni contrattuali.

Norme di riferimento generali

**R.D. 16 novembre 1939, n. 2234** – *Norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione;*

**UNI7998** – *Edilizia. Pavimentazioni. Terminologia;*

**UNI7999** – *Edilizia. Pavimentazioni. Analisi dei requisiti.*

Norme di riferimento per rivestimenti resilienti per pavimentazioni

**UNICen/ts 14472-1** – *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Generalità;*

**UNICen/ts 14472-2** – *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Rivestimenti tessili per pavimentazioni;*

**UNICen/ts 14472-3** – *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Rivestimenti laminati per pavimentazioni;*

**UNI EN 1081** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza elettrica;*

**UNI EN 12103** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Supporti di agglomerato di sughero. Specifiche;*

**UNI EN 12104** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle di sughero. Specifica;*

**UNI EN 12105** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione del contenuto di umidità degli agglomerati a base di sughero;*

**UNI EN 12455** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifiche per supporti a base di sughero;*

**UNI EN 12466** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Vocabolario;*

**UNI EN 13893** – *Rivestimenti resilienti, laminati e tessili per pavimentazioni. Misura del coefficiente dinamico di attrito su superfici di pavimenti asciutte;*

**UNI EN 1399** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla bruciatura di sigaretta e di mozziconi di sigaretta;*

**UNI EN 14041** – *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Caratteristiche essenziali;*

**UNI EN 14085** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifiche per pannelli da pavimento con posa a secco;*

**UNI EN 14565** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di polimeri termoplastici sintetici. Specifiche;*

**UNICen/ts 15398** – *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Simboli normalizzati per i rivestimenti per pavimentazioni;*

**UNICen/ts 15398** – *Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Simboli normalizzati per pavimentazioni;*

**UNI EN 1815** – *Rivestimenti resilienti e tessili per pavimentazioni. Valutazione della propensione all'accumulo di elettricità statica;*

**UNI EN 1818** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'azione di rotelle orientabili con carico pesante;*

**UNI EN 423** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla macchia;*

**UNI EN 424** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'effetto del movimento simulato dalla gamba di un mobile;*

**UNI EN 425** – *Rivestimenti resilienti e laminati per pavimentazioni. Prova della sedia con ruote;*

**UNI EN 426** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della larghezza, lunghezza, rettilineità e planarità dei prodotti in rotoli;*

**UNI EN 427** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della lunghezza dei lati, dell'ortogonalità e della rettilineità delle piastrelle;*

**UNI EN 428** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dello spessore totale;*

**UNI EN 429** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dello spessore degli strati;*

**UNI EN 430** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa areica;*

**UNI EN 431** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della forza di adesione tra gli strati;*

**UNI EN 432** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della forza di lacerazione;*

**UNI EN 433** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'impronta residua dopo l'applicazione di un carico statico;*

**UNI EN 434** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della stabilità dimensionale e dell'incurvamento dopo esposizione al calore;*

**UNI EN 435** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della flessibilità;*

**UNI EN 436** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa volumica;*

**UNI EN 660-1** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza all'usura. Prova di Stuttgart;

**UNI EN 660-2** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza all'usura. Parte 2: Prova di Frick-Taber;

**UNI EN 661** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della propagazione dell'acqua;

**UNI EN 662** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'incurvamento per esposizione all'umidità;

**UNI EN 663** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della profondità convenzionale del rilievo;

**UNI EN 664** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della perdita di sostanze volatili;

**UNI EN 665** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della essudazione dei plastificanti;

**UNI EN 666** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della gelatinizzazione;

**UNI EN 669** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della stabilità dimensionale delle piastrelle di linoleum dovuta a variazioni dell'umidità atmosferica;

**UNI EN 670** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Identificazione del linoleum e determinazione del contenuto di cemento e della cenere residua;

**UNI EN 672** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa volumica apparente del sughero agglomerato;

**UNI EN 684** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza delle giunzioni;

**UNI EN 685** – Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Classificazione;

**UNI EN 686** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per linoleum liscio e decorativo su un supporto di schiuma;

**UNI EN 687** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per linoleum liscio e decorativo su un supporto di agglomerati composti di sughero;

**UNI EN 688** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per agglomerati di sughero linoleum.

Norma di riferimento per la posa in opera

**UNI10329** – Posa dei rivestimenti di pavimentazione. Misurazione del contenuto di umidità negli strati di supporto cementizi o simili.

#### 14.2 *Requisiti di accettazione*

L'analisi dei requisiti dei prodotti per pavimentazioni deve essere condotta nel rispetto della norma **UNI7999**. In particolare, la pavimentazione dovrà resistere:

- alle forze agenti in direzione normale e tangenziale;
- alle azioni fisiche (variazioni di temperatura e umidità);
- all'azione dell'acqua (pressione, temperatura, durata del contatto, ecc.);
- ai fattori chimico-fisici (agenti chimici, detersivi, sostanze volatili);
- ai fattori elettrici (generazione di cariche elettriche);
- ai fattori biologici (insetti, muffe, batteri);
- ai fattori pirici (incendio, cadute di oggetti incandescenti, ecc.);
- ai fattori radioattivi (contaminazioni e alterazioni chimico fisiche).

Per effetto delle azioni sopraelencate, la pavimentazione non dovrà subire le alterazioni o i danneggiamenti indicati dalla norma **UNI7999**, nello specifico:- deformazioni;- scheggiature;- abrasioni;- incisioni;- variazioni di aspetto; - variazioni di colore;- variazioni dimensionali;- vibrazioni;- rumori non attenuati;- assorbimento d'acqua;- assorbimento di sostanze chimiche;- assorbimento di sostanze detersive;- emissione di odori;- emissione di sostanze nocive.

#### 14.3 *Caratteristiche dei prodotti in legno per pavimentazione*

I prodotti di legno per pavimentazione, quali tavolette, listoni, mosaico di lamelle, blocchetti, ecc., si intendono denominati nelle loro parti costituenti come indicato nella letteratura tecnica.

I prodotti di cui sopra devono essere dell'essenza legnosa adatta all'uso e prescritta nel progetto esecutivo.

Sono ammessi i seguenti difetti visibili sulle facce in vista:

- qualità I: - piccoli nodi sani con diametro minore di 2 mm se del colore della specie (minore di 1 mm se di colore diverso), purché presenti su meno del 10% degli elementi del lotto; - imperfezioni di lavorazione con profondità minore di 1 mm e purché presenti su meno del 10% degli elementi.

- qualità II: - piccoli nodi sani con diametro minore di 5 mm se del colore della specie (minore di 2 mm se di colore diverso), purché presenti su meno del 20% degli elementi del lotto; - imperfezioni di lavorazione come per la classe I; - piccole fenditure; - alburno senza limitazioni, ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti.

- qualità III: - esenti da difetti che possono compromettere l'impiego (in caso di dubbio valgono le prove di resistenza meccanica); - alburno senza limitazioni, ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti.

I prodotti in oggetto devono avere contenuto di umidità compreso tra il 10 e il 15%.

Le tolleranze sulle dimensioni e sulla finitura sono le seguenti:

- listoni: 1 mm sullo spessore, 2 mm sulla larghezza e 5 mm sulla lunghezza;
- tavolette: 0,5 mm sullo spessore e 1,5% sulla larghezza e sulla lunghezza;
- mosaico, quadrotti, ecc.: 0,5 mm sullo spessore e 1,5% sulla larghezza e sulla lunghezza;
- le facce a vista e i fianchi da accertare saranno lisci.

La resistenza meccanica a flessione, la resistenza all'impronta e altre caratteristiche saranno nei limiti solitamente riscontrati sulla specie legnosa e saranno comunque dichiarati nell'attestato che accompagna la fornitura.

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e dall'umidità nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Nell'imballo un foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore e al contenuto, almeno le caratteristiche di cui sopra.

Per i pavimenti in sughero si applicheranno le disposizioni della norma **UNIiso 3810**.

#### 14.4 Classificazione su metodo di formatura e assorbimento d'acqua delle piastrelle in ceramica

Le piastrelle di ceramica per pavimentazioni dovranno essere del materiale indicato nel progetto, tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali (cotto, cottoforte, gres, ecc.) devono essere associate alla classificazione basata sul metodo di formatura mediante estrusione (metodo A) o pressatura (metodo B) a temperatura ambiente o con altri processi produttivi (metodo C).

Il rivestimento deve essere vetroso e impermeabile ai liquidi. La superficie delle piastrelle non smaltata deve essere levigata.

I tre gruppi di assorbimento d'acqua (E) per le piastrelle pressate o estruse previste dalla norma **UNI EN 14411** sono schematizzati nella tabella che segue:

Tabella : Assorbimento d'acqua delle piastrelle di ceramica

Assorbimento d'acqua (E) in %															
Basso assorbimento d'acqua			Medio assorbimento d'acqua				Alto assorbimento d'acqua								
Gruppo E <= 0,5%	BI <sup>a</sup>	Gruppo 0,5% < E <= 3%	BI <sup>b</sup>	Gruppo 3% < E <= 6%	AII <sup>a</sup>	Gruppo 6% < E < 10%	AII <sup>b</sup>	Gruppo 3% < E <= 6%	Gruppo 6% < E <= 10%	BII <sup>a</sup>	Gruppo 6% < E <= 10%	BII <sup>b</sup>	Gruppo E > 10%	III	
Piastrelle pressate a secco			Piastrelle estruse				Piastrelle pressate								-

##### 14.4.1 Imballaggi e indicazioni

Le piastrelle di ceramica devono essere contenute in appositi imballi che le proteggano da azioni meccaniche, sporatura, ecc. nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

In applicazione della norma **UNI EN 14411**, le piastrelle di ceramica e/o i loro imballaggi devono riportare:

- il marchio del fabbricante e/o il marchio del venditore e il paese di origine;
- il marchio indicante la prima scelta;
- il tipo di piastrelle e il riferimento all'appendice della stessa norma **UNI EN 14411**;
- le dimensioni nominali e le dimensioni di fabbricazione, modulari (m) o non modulari;
- la natura della superficie, smaltata (gl) o non smaltata (ugl).

In caso di piastrelle per pavimento devono essere riportati:

- i risultati ottenuti dalla prova di scivolosità;
- la classe di abrasione per le piastrelle smaltate.

##### 14.4.2 Designazione

Le piastrelle di ceramica, come previsto dalla norma **UNI EN 14411**, devono essere designate riportando:

- il metodo di formatura;
- l'appendice della norma **UNI EN 14411**, che riguarda il gruppo specifico delle piastrelle;
- le dimensioni nominali e di fabbricazione, modulari (m) o non modulari;
- la natura della superficie: smaltata (gl) o non smaltata (ugl).

#### 14.5 *Prodotti in gomma per pavimentazioni*

I prodotti di gomma per pavimentazioni sotto forma di piastrelle e rotoli devono rispondere alle prescrizioni date dal progetto e, in mancanza e/o a complemento, devono rispondere alle prescrizioni seguenti:

- essere esenti da difetti visibili (bolle, graffi, macchie, aloni, ecc.) sulle superfici destinate a restare in vista;
- avere costanza di colore tra i prodotti della stessa fornitura. In caso di contestazione, si farà riferimento alla norma **UNI8272-2**.

Sulle dimensioni nominali e sull'ortogonalità dei bordi sono ammesse le tolleranze seguenti:

- piastrelle: lunghezza e larghezza  $\pm 0,3\%$ , spessore  $\pm 0,2$  mm;
- rotoli: lunghezza  $\pm 1\%$ , larghezza  $\pm 0,3\%$ , spessore  $\pm 0,2$  mm;
- piastrelle: scostamento dal lato teorico (in millimetri) non maggiore del prodotto tra dimensione del lato (in millimetri) e 0,0012;
- rotoli: scostamento dal lato teorico non maggiore di 1,5 mm;
- la durezza deve essere compresa tra 75 e 85 punti di durezza Shore A;
- la resistenza all'abrasione deve essere non maggiore di  $300 \text{ mm}^3$ ;
- la stabilità dimensionale a caldo deve essere non maggiore dello 0,3% per le piastrelle e dello 0,4% per i rotoli;
- la classe di reazione al fuoco deve essere la prima secondo il D.M. 26 giugno 1984, allegato A3.1;
- la resistenza alla bruciatura da sigaretta, intesa come alterazioni di colore prodotta dalla combustione, non deve originare contrasto di colore uguale oltre i limiti d'accettazione della norma **UNI8272-2**. Non sono, inoltre, ammessi affioramenti o rigonfiamenti;
- il potere macchiante, inteso come cessione di sostanze che sporcano gli oggetti che vengono a contatto con il rivestimento, per i prodotti colorati non deve dare origine a un contrasto di colore maggiore oltre i limiti d'accettazione della norma **UNI8272-2**;
- il controllo delle caratteristiche suddette si intende effettuato secondo i criteri indicati dalla norma **UNI8272**;
- i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio di accompagnamento indicherà, oltre al nome del fornitore, almeno le informazioni di cui ai punti sopraelencati.

##### 14.5.1 Norme di riferimento

**UNI8272-1** – *Prove sui rivestimenti di gomma per pavimentazioni. Esame dell'aspetto;*

**UNI8272-2** – *Prove sui rivestimenti di gomma per pavimentazioni. Determinazione della costanza del colore;*

**UNI8272-6** – *Prove sui rivestimenti di gomma per pavimentazioni. Determinazione dell'adesione al supporto;*

**UNI EN 12199** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per rivestimenti di gomma con rilievi omogenei ed eterogenei per pavimentazioni;*

**UNI EN 14521** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per rivestimenti di gomma liscia per pavimentazioni con o senza supporto di schiuma con uno strato decorativo;*

**UNI EN 1816** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per rivestimenti di gomma liscia omogenei ed eterogenei con supporto di schiuma per pavimentazioni;*

**UNI EN 1817** – *Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per rivestimenti di gomma liscia omogenei ed eterogenei per pavimentazioni;*

**UNI EN 1903** – *Adesivi. Metodo di prova per adesivi per rivestimenti di plastica o di gomma di pavimentazioni o di pareti. Determinazione delle variazioni dimensionali dopo invecchiamento accelerato.*

#### 14.6 *Prescrizioni per i prodotti base di policloruro di vinile*

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

I prodotti di vinile, omogenei e non, e i tipi eventualmente caricati devono rispondere alle prescrizioni di cui alle se-

guenti norme:

**UNI EN 649** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti omogenei ed eterogenei per pavimentazioni a base di policloruro di vinile. Specifica;

**UNI EN 650** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile su supporto di iuta o di feltro di poliestere oppure su supporto di feltro di poliestere con policloruro di vinile. Specifica;

**UNI EN 651** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile con strato di schiuma. Specifica;

**UNI EN 652** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile con supporto a base di sughero. Specifica;

**UNI EN 653** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile espanso (cushioned). Specifica;

**UNI EN 654** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle semiflessibili di policloruro di vinile. Specifica;

**UNI EN 655** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle di agglomerato di sughero con strato di usura a base di policloruro di vinile. Specifica;

**UNI EN 718** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa areica di un'armatura o di un supporto dei rivestimenti di polivinile di cloruro per pavimentazioni;

**UNI EN 13413** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti di pavimenti a base di policloruro di vinile su supporto di fibra minerale. Specifiche;

**UNI EN 13553** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni di polivinilcloruro per aree umide speciali – Specifiche;

**UNI EN 13845** – Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di vinile con resistenza avanzata allo scivolamento. Specifica.

#### 14.7 Prodotti di resina

I prodotti di resina (applicati fluidi o in pasta) per rivestimenti di pavimenti saranno realizzati:

- mediante impregnazione semplice (I1);
- a saturazione (I2);
- mediante film con spessori fino a 200 mm (F1) o con spessore superiore (F2);
- con prodotti fluidi cosiddetti *autolivellanti* (A);
- con prodotti spatolati (S).

Le caratteristiche segnate come significative nel prospetto seguente devono rispondere alle prescrizioni progettuali.

I valori di accettazione sono quelli dichiarati dal fabbricante e accettati dal direttore dei lavori.

I metodi di accettazione sono quelli contenuti nella norma **UNI8298** (varie parti).

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e da agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio informativo rilasciato dal produttore indicherà, oltre al nome del fornitore, le caratteristiche, le avvertenze per l'uso e per la sicurezza durante l'applicazione.

Tabella : Caratteristiche significative dei prodotti di resina

Caratteristiche	Grado di significatività rispetto ai vari tipi (+ significativa; – non significativa)					
	I1	I2	F1	F2	A	S
Colore	-	+	+	+	-	
Identificazione chimico-fisica	+	+	+	+	+	+
Spessore	-	-	+	+	+	+
Resistenza all'abrasione	+	+	+	+	+	+
Resistenza al punzonamento dinamico (urto)	-	+	+	+	+	+
Resistenza al punzonamento	+	+	+	+	+	+

mento statico						
Comportamento all'acqua	+	+	+	+	+	+
Resistenza alla pressione idrostatica inversa	-	+	+	+	+	+
Reazione al fuoco	+	+	+	+	+	+
Resistenza alla bruciatura della sigaretta	-	+	+	+	+	+
Resistenza all'invecchiamento termico in aria	-	+	+	+	+	+
Resistenza meccanica dei ripristini	-	-	+	+	+	+

#### 14.8 *Prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni*

I prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni, a seconda del tipo di prodotto, devono rispondere alle prescrizioni progettuali e a quelle del presente capitolato speciale d'appalto.

#### 14.9 *Mattonelle di conglomerato cementizio*

Le mattonelle di conglomerato cementizio potranno essere:

- con o senza colorazione e superficie levigata;
- con o senza colorazione con superficie striata o con impronta;
- a mosaico di cemento e di detriti di pietra con superficie levigata.

I suddetti prodotti devono rispondere alle prescrizioni del R.D. 2234 del 16 novembre 1939, per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza all'urto, resistenza alla flessione e coefficiente di usura al tribometro e alle prescrizioni progettuali.

Le mattonelle di conglomerato cementizio sono particolarmente adatte per pavimentazione di interni, di balconi e di terrazze. Devono essere formate di due strati:

- strato inferiore, costituito di conglomerato cementizio;
- strato superiore, con spessore minimo di 0,5 cm, costituito da malta ad alta percentuale di cemento. L'eventuale aggiunta di materie coloranti può anche essere limitata alla parte superficiale di logoramento (spessore minimo = 0,2 cm).

Il peso delle mattonelle occorrenti per l'esecuzione di un metro quadrato di pavimentazione è di circa 36 kg.

##### 14.9.1 Norme di riferimento

Le mattonelle di *conglomerato cementizio* dovranno rispondere alle seguenti norme:

- UNI2623** – *Mattonella quadrata di conglomerato cementizio*;
- UNI2624** – *Mattonella rettangolare di conglomerato cementizio*;
- UNI2625** – *Mattonella esagonale di conglomerato cementizio*;
- UNI2626** – *Marmette quadrate di conglomerato cementizio*;
- UNI2627** – *Marmette rettangolari di conglomerato cementizio*;
- UNI2628** – *Pietrini quadrati di conglomerato cementizio*.

#### 14.10 *Masselli di calcestruzzo*

I masselli di calcestruzzo per pavimentazioni saranno definiti e classificati in base alla loro forma, dimensioni, colore e resistenza caratteristica. Per la terminologia delle parti componenti il massello e delle geometrie di posa ottenibili si rinvia alla documentazione tecnica. Essi devono rispondere alle prescrizioni del progetto e, in mancanza e/o completamento di esso, alle seguenti prescrizioni:

- essere esenti da difetti visibili e di forma quali protuberanze, bave, incavi che superino le tolleranze dimensionali ammesse. Sulle dimensioni nominali è ammessa la tolleranza di 3 mm per un singolo elemento e 2 mm quale media delle misure sul campione prelevato;
- le facce di usura e di appoggio devono essere parallele tra loro con tolleranza  $\pm 15\%$  per il singolo massello e  $\pm 10\%$  sulle medie;

- la massa volumica deve scostarsi da quella nominale (dichiarata dal fabbricante) non più del 15% per il singolo massello e non più del 10% per le medie;
- il coefficiente di trasmissione meccanica non deve essere minore di quello dichiarato dal fabbricante;
- il coefficiente di aderenza delle facce laterali deve essere il valore nominale con tolleranza  $\pm 5\%$  per il singolo elemento e  $\pm 3\%$  per le medie;
- la resistenza convenzionale alla compressione deve essere maggiore di  $50 \text{ N/mm}^2$  per il singolo elemento e maggiore di  $60 \text{ N/mm}^2$  per la media.

I prodotti saranno forniti su appositi pallets opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti e da azioni meccaniche.

Il foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore, almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

#### 14.10.1 Norme di riferimento

I masselli in calcestruzzo dovranno rispondere alla seguente norma:

**UNI EN 1338** – *Masselli di calcestruzzo per pavimentazione. Requisiti e metodi di prova.*

#### 14.11 *Prodotti in pietre naturali*

I prodotti di pietre naturali o ricostruite per pavimentazioni si intendono definiti come segue:

- l'elemento lapideo naturale è un elemento costituito integralmente da materiale lapideo (senza aggiunta di leganti);
- l'elemento lapideo ricostituito (conglomerato) è un elemento costituito da frammenti lapidei naturali legati con cemento o con resine;
- la lastra rifilata è un elemento con le dimensioni fissate in funzione del luogo d'impiego, solitamente con una dimensione maggiore di 60 cm e spessore di regola non minore di 2 cm;
- la marmetta è un elemento con le dimensioni fissate dal produttore e indipendenti dal luogo di posa, solitamente con dimensioni minori di 60 cm e con spessore di regola minore di 2 cm;
- la marmetta calibrata è un elemento lavorato meccanicamente per mantenere lo spessore entro le tolleranze dichiarate;
- la marmetta rettificata è un elemento lavorato meccanicamente per mantenere la lunghezza e/o larghezza entro le tolleranze dichiarate.

Per gli altri termini specifici dovuti alle lavorazioni, finiture, ecc., si rimanda alla norma **UNI9379** (norma ritirata senza sostituzione).

I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto (dimensioni, tolleranze, aspetto, ecc.) e a quanto prescritto nell'articolo sui prodotti di pietre naturali o ricostruite. In mancanza di tolleranze su disegni di progetto, si intende che le lastre grezze contengano la dimensione nominale. Le lastre finite, marmette, ecc. hanno tolleranza di 1 mm sulla larghezza e lunghezza e di 2 mm sullo spessore (per prodotti da incollare le tolleranze predette saranno ridotte).

Le lastre e i quadrelli di marmo o di altre pietre dovranno inoltre rispondere al R.D. n. 2234 del 16 novembre 1939 per quanto attiene al coefficiente di usura al tribometro in mm.

Le forniture avverranno su pallets e i prodotti saranno opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti.

Il foglio informativo indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

#### 14.12 *Mattonelle di asfalto*

Le mattonelle di asfalto dovranno rispondere alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234 per quanto riguarda le caratteristiche di: - resistenza all'urto:  $4 \text{ N/m}^2$ ; - resistenza alla flessione:  $3 \text{ N/mm}^2$ ; - coefficiente di usura al tribometro: 15 m/m massimo per 1 km di percorso.

In caso di contestazione si farà riferimento alle norme cnr e UNI applicabili.

I prodotti saranno forniti su appositi pallets ed eventualmente protetti da azioni degradanti dovute ad agenti meccanici, chimici e altri nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione, in genere prima della posa.

Il foglio informativo rilasciato dal produttore indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra, oltre alle istruzioni per la posa.

#### 14.13 Prove di accettazione dei materiali da pavimentazione in lastre o piastrelle

Le prove da eseguire per accertare la qualità dei materiali da pavimentazione in lastre o piastrelle sono quelle di resistenza alla rottura per urto, alla rottura per flessione, all'usura per attrito radente, all'usura per getto di sabbia, la prova di gelività e, per le mattonelle d'asfalto o di altra materia cementata a caldo, anche quella d'impronta.

Le prove d'urto, flessione e impronta vengono eseguite su quattro provini, ritenendo valore definitivo la media dei tre risultati più omogenei tra i quattro.

La prova di usura deve essere eseguita su due provini i cui risultati vengono mediati.

La prova di gelività deve essere effettuata su tre provini, e ciascuno di essi deve resistere al gelo perché il materiale sia considerato non gelivo.

Le prove devono essere eseguite presso i laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

#### 14.14 I prodotti tessili per pavimenti (moquettes)

Si intendono tutti i rivestimenti nelle loro diverse soluzioni costruttive e cioè:

- rivestimenti tessili a velluto (nei loro sottocasi velluto tagliato, velluto riccio, velluto unilivellato, velluto plurilivello, ecc.);
- rivestimenti tessili piatti (tessuto, non tessuto).

L'appaltatore, qualora richiesto dal direttore dei lavori, per i prodotti dovrà fornire indicazioni circa:

- massa areica totale e dello strato di utilizzazione;- spessore totale e spessore della parte utile dello strato di utilizzazione;
- perdita di spessore dopo applicazione (per breve e lunga durata) di carico statico moderato;- perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico.

In relazione all'ambiente di destinazione potranno essere richieste le seguenti caratteristiche di comportamento:

- tendenza all'accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio;- numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area;- forza di strappo dei fiocchetti;- comportamento al fuoco;

I valori saranno quelli dichiarati dal fabbricante e accettati dal direttore dei lavori. Le modalità di prova da seguire in caso di contestazione sono quelle indicate nella norma **UNI8014** (varie parti).

I prodotti saranno forniti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, da agenti atmosferici e altri agenti degradanti nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Il foglio informativo deve indicare il nome del produttore, le caratteristiche e le istruzioni per la posa in opera.

##### 14.14.1 Norme di riferimento

In caso di contestazioni circa la qualità del materiale fornito dall'appaltatore, si farà riferimento alle seguenti norme:

**UNI8013-1** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Terminologia e classificazione;

**UNI8014-1** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Prelievo, numero e dimensioni delle provette;

**UNI8014-2** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica totale;

**UNI8014-3** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica dell'intero strato d'utilizzazione;

**UNI8014-4** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica della parte utile dello strato di utilizzazione;

**UNI8014-5** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione dello spessore totale;

**UNI8014-6** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione dello spessore della parte utile dello strato d'utilizzazione;

**UNI8014-7** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di breve durata di carico statico moderato;

**UNI8014-8** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di lunga durata di carico statico elevato;

**UNI8014-9** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico;

**UNI8014-10** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa volumica del pelo utile;

**UNI8014-12** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della tendenza all'accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio;

**UNI8014-13** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione del numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area;

**UNI8014-14** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della forza di strappo dei fiocchetti;

**UNI8014-15** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della resistenza allo sporco;

**UNI8014-16** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della resistenza elettrica orizzontale (superficiale) e verticale (trasversale).

#### 14.15 Pavimentazioni sportive sintetiche

Le pavimentazioni sintetiche sportive potranno essere costituite da:

- pavimentazione impermeabile realizzata in sito idonea sia per l'interno sia per l'esterno, formata da resine sintetiche, acriliche, altamente elastiche, colorate con additivi a base di ossidi metallici, miscelate in loco con aggregati minerali di granulometria fine e controllata (quarzo sferoidale). L'impasto deve essere applicato con racle a strati incrociati. In tal caso, il sottofondo idoneo può essere costituito da tappetino bituminoso fillerizzato. Per l'esterno è necessario prevedere una pendenza lungo gli assi del campo dello 0,8-1%, per evitare il ristagno d'acqua;

- pavimentazione in resina poliuretanică autolivellante a due componenti, su supporto in teli prefabbricati in gomma. La finitura deve essere liscia e antisdrucchiolo. La resistenza al fuoco deve appartenere alla classe 1. Lo spessore totale deve essere compreso tra i 6 e i 20 mm. Il sottofondo idoneo deve essere costituito da massetti in calcestruzzo lisciato con umidità residua inferiore al 3%;

- pavimentazione poliuretanică bicomponente elastica a spessore per la realizzazione di campi da tennis, bocce e aree ricreative.

##### 14.15.1 Norme di riferimento

Per l'accettazione delle pavimentazioni sportive sintetiche si farà riferimento alle prescrizioni delle seguenti norme:

**UNI9547** – Pavimentazioni sportive sintetiche per impianti di atletica leggera all'aperto. Progettazione, costruzione, caratteristiche, prove e manutenzione (n.d.r. ritirata senza sostituzione);

**UNI9549** – Pavimentazioni sportive sintetiche. Determinazione della resistenza alle scarpe chiodate per atletica (n.d.r. ritirata senza sostituzione);

**UNI9550** – Pavimentazioni sportive per atletica leggera. Determinazione della resistenza all'abrasione (n.d.r. ritirata senza sostituzione);

**UNI9551** – Pavimentazioni sportive. Determinazione della resistenza allo scivolamento di una superficie per mezzo di un pendolo ad attrito (n.d.r. ritirata senza sostituzione);

**UNI9552** – Pavimentazioni sportive. Determinazione della velocità di infiltrazione (n.d.r. ritirata senza sostituzione);

**UNI EN 1177** – Rivestimenti di superfici di aree da gioco ad assorbimento di impatto. Requisiti di sicurezza e metodi di prova.

#### 14.16 Rivestimenti resinosi

Per l'accettazione dei rivestimenti resinosi si farà riferimento alle prescrizioni delle seguenti norme:

**UNI8636** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Significatività delle caratteristiche;

**UNI8297** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Terminologia;

**UNI8298-1** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione dell'adesione del rivestimento al supporto;

**UNI8298-2** – Rivestimenti resinosi per pavimentazione. Determinazione della resistenza al punzonamento dinamico;

**UNI8298-3** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza al punzonamento statico;

**UNI8298-4** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza agli agenti chimici;

**UNI8298-5** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione del comportamento all'acqua;

**UNI8298-6** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza all'invecchiamento termico in aria;

**UNI8298-7** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla bruciatura da sigaretta;

**UNI8298-8** – Edilizia. Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla pressione idrostatica inversa;

**UNI8298-9** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza all'abrasione;

**UNI8298-10** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza elettrica;

**UNI8298-11** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Preparazione dei provini per la determinazione della reazione al fuoco e della non combustibilità (n.d.r. ritirata senza sostituzione);

**UNI8298-12** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione dello spessore;

**UNI8298-13** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza meccanica dei ripristini (n.d.r. ritirata senza sostituzione);

**UNI8298-14** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della lavabilità e della resistenza al lavaggio;

**UNI8298-15** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Preparazione dei provini per la determinazione della massa volumica apparente;

**UNI8298-16** – Rivestimenti resinosi per pavimentazioni. Determinazione della resistenza allo scivolamento;

**UNI EN 1177** – Rivestimenti di superfici di aree da gioco ad assorbimento di impatto. Requisiti di sicurezza e metodi di prova;

**UNI EN 1269** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Valutazione delle impregnazioni nei rivestimenti agugliati mediante una prova di sporcatura;

**UNI EN 1307** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Classificazione dei tappeti a pelo.

#### 14.17 *Requisiti prestazionali della pavimentazione antisdrucchiolevole*

Per *pavimentazione antisdrucchiolevole* si intende una pavimentazione realizzata con materiali il cui coefficiente di attrito, misurato secondo il metodo della British Ceramic Research Association Ltd. (B.C.R.A.) Rep. CEC. 6/81, sia superiore ai seguenti valori previsti dal D.M. n. 236/1989:

- 0,40 per elemento scivolante cuoio su pavimentazione asciutta;

- 0,40 per elemento scivolante gomma dura standard su pavimentazione bagnata.

I valori di attrito predetti non devono essere modificati dall'apposizione di strati di finitura lucidanti o di protezione che, se previsti, devono essere applicati sui materiali stessi prima della prova.

Le ipotesi di condizione della pavimentazione (asciutta o bagnata) devono essere assunte in base alle condizioni normali del luogo ove sia posta in opera.

Gli strati di supporto della pavimentazione devono essere idonei a sopportare nel tempo la pavimentazione e i sovraccarichi previsti, nonché ad assicurare il bloccaggio duraturo degli elementi costituenti la pavimentazione stessa.

Gli elementi costituenti una pavimentazione devono presentare giunture inferiori a 5 mm, stilate con materiali durevoli ed essere piani con eventuali risalti di spessore non superiore a 2 mm.

I grigliati inseriti nella pavimentazione devono essere realizzati con maglie non attraversabili da una sfera di 2 cm di diametro.

I grigliati a elementi paralleli devono, comunque, essere posti con gli elementi ortogonali alla direzione di marcia.

#### 14.18 *Pavimenti sopraelevati*

##### 14.18.1 *Generalità*

Il sistema di pavimenti sopraelevati deve essere composto da una struttura metallica portante che assolve il compito di sostenere i pannelli del pavimento rialzato, che possono essere costituiti da:

- conglomerato di legno e resine a bassa emissione di formaldeide;

- materiale inerte (solfato di calcio) rinforzato con fibre di cellulosa ad alta resistenza meccanica;

- materiale composito formato dall'accoppiamento di un pannello in truciolare con un pannello di inerte.

##### 14.18.2 *Strutture di sostegno*

Le strutture di sopraelevazione, adatte a sostenere ogni tipo di pannello modulare, si diversificano per rispondere a varie esigenze progettuali, quali, per esempio, il carico da supportare, l'altezza della sopraelevazione, la tenuta d'aria per il condizionamento, la continuità elettrica, la resistenza al fuoco, ecc.

Le strutture portanti possono essere dei seguenti tipi:

- senza travette: strutture con colonnine in acciaio per pavimenti particolarmente bassi, consigliate per sopraelevazioni comprese tra i .... e i.... mm, da fissare al pavimento con apposito mastice;

- con travette: strutture con colonnine in acciaio e travette aggredibili a incastro. Adatte a medie altezze di sopraelevazione e particolarmente indicate per sistemi di condizionamento dal basso;

- in acciaio con travette da fissare con bullone: adatte ad altezze comprese tra i.... e i .... mm. La continuità elettrica deve essere conforme alle norme vigenti in materia;

- strutture pesanti con travi tubolari passanti e travi tubolari di collegamento: sono fissate alle colonnine con vite di pressione. Tale soluzione, consigliata in presenza di carichi gravosi e alte sopraelevazioni, garantisce la continuità elettrica in ogni punto di traliccio portante.

La struttura portante del pavimento sopraelevato deve essere in grado di contrarsi e dilatarsi per effetto delle escursioni termiche senza causare danni al pavimento.

#### 14.18.3 Pannelli di supporto

I pannelli di supporto dei pavimenti sopraelevati possono essere dei seguenti tipi:

- pannello ligneo costituito da un conglomerato di legno ad alta densità e resine leganti;
- pannello in materiale inerte in solfato di calcio costituito da gesso e fibre;
- pannello composito costituito da uno strato superiore in conglomerato di legno di 28 mm e da uno strato inferiore in solfato di calcio di 10 mm.

Il rivestimento superiore dei pannelli può essere in laminato, in linoleum, in vinile, in ceramica, in moquette, in parquet, in marmo, in gomma o in granito. Il retro dei pannelli può prevedere anche una lamina in alluminio, una lastra di acciaio zincato, un laminato o una vaschetta in acciaio.

#### 14.18.4 Norme di riferimento

Per l'accettazione dei pavimenti sopraelevati modulari e i relativi componenti e accessori, si farà riferimento alle prescrizioni delle seguenti norme:

**UNI EN 12825** – *Pavimenti sopraelevati*;

**UNI EN 1366-6** – *Prove di resistenza al fuoco per impianti di fornitura servizi. Parte 6: Pavimenti sopraelevati e pavimenti cavi.*

### 14.19 Controsoffitti

#### 14.19.1 Generalità

I controsoffitti sono strutture di finitura costituiti da elementi modulari leggeri prefabbricati, sospesi a strutture puntiformi e discontinue. Gli elementi di sostegno possono essere fissati direttamente al solaio o a esso appesi.

Lo strato di tamponamento può essere realizzato con i seguenti elementi:

- doghe metalliche a giacitura orizzontale;
- lamelle a giacitura verticale;
- grigliati a giacitura verticale e orditura ortogonale;
- cassettoni costituiti da elementi a centina, nei materiali e colori previsti dalle indicazioni progettuali esecutive riguardo alle caratteristiche meccaniche, chimiche e fisiche.

Gli elementi dei controsoffitti non accettati dal direttore dei lavori per il manifestarsi di difetti di produzione o di posa in opera dovranno essere dismessi e sostituiti dall'appaltatore. I prodotti devono riportare la prescritta marcatura ce, in riferimento alla norma **UNI EN 13964**.

La posa in opera comprende anche l'eventuale onere di tagli, forature e formazione di sagome.

Il direttore dei lavori dovrà controllare la facile amovibilità degli elementi modulari dalla struttura di distribuzione per le eventuali opere di manutenzione.

#### 14.19.2 Elementi di sospensione e profili portanti

Gli organi di sospensione dei controsoffitti per solai in cemento armato laterizio possono essere realizzati con vari sistemi:

- fili metallici zincati;
- tiranti di ferro piatto con fori ovalizzati per la regolazione dell'altezza mediante viti;
- tiranti in ferro tondo o piatto.

Gli organi di sospensione dei controsoffitti fissati alle solette in cemento armato possono essere realizzati con:

- elementi in plastica incastrati nella soletta;
- guide d'ancoraggio;
- viti con tasselli o viti a espansione.

Gli organi di sospensione dei controsoffitti fissati ai solai in lamiera d'acciaio possono essere realizzati con:

- lamiere piane con occhielli punzonati;
- tasselli ribaltabili;

- tasselli trapezoidali collocati entro le nervature sagomate della lamiera.

I profili portanti i pannelli dei controsoffitti dovranno avere le caratteristiche tecniche indicate in progetto. In mancanza, si seguiranno le indicazioni del direttore dei lavori.

Gli eventuali elementi in legno per la struttura di sostegno del controsoffitto devono essere opportunamente trattati ai fini della prevenzione del loro deterioramento e imbarcamento.

#### 14.19.3 Controsoffitti in pannelli di gesso

I controsoffitti in pannelli di gesso devono essere costituiti da lastre prefabbricate piane o curve, confezionate con impasto di gesso e aggiunta di fibre vegetali di tipo manila o fibre minerali. Eventualmente, possono essere impiegate anche perline di polistirolo per aumentarne la leggerezza.

Le caratteristiche dovranno rispondere alle prescrizioni progettuali. Tali tipi di controsoffitti possono essere fissati mediante viti autoperforanti a una struttura costituita da doppia orditura di profilati metallici o misti legno/metallo, sospesa all'intradosso del solaio secondo le prescrizioni progettuali, tramite pendini a molla o staffe.

Il controsoffitto in pannelli di gesso di tipo tradizionale potrà essere sospeso mediante pendini costituiti da filo metallico zincato, ancorato al soffitto esistente mediante tasselli o altro. Durante la collocazione, le lastre devono giuntate con gesso e fibra vegetale. Infine, dovranno essere stuccate le giunture a vista e i punti di sospensione delle lastre.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla finitura dei giunti tra i pannelli e tra i pannelli e le pareti del locale. A posa ultimata, le superfici dovranno risultare perfettamente lisce e prive di asperità.

#### 14.19.4 Controsoffitti in lastre di cartongesso

I controsoffitti in cartongesso possono essere costituiti da lastre prefabbricate piane, confezionate con impasto di gesso stabilizzato miscelato e additivato, rivestito su entrambi i lati da speciali fogli di cartone. Le caratteristiche devono rispondere alle prescrizioni progettuali.

Tali tipi di controsoffitti devono fissati, mediante viti autoperforanti, a una struttura costituita da doppia orditura di profilati metallici o misti legno/metallo, sospesa all'intradosso del solaio, secondo le prescrizioni progettuali, o tramite pendini a molla o staffe.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla finitura dei giunti tra i pannelli e tra i pannelli e le pareti della stanza. A posa ultimata le superfici devono risultare perfettamente lisce.

#### 14.19.5 Controsoffitti in perline di legno

I controsoffitti in perline di legno con lati sagomati a incastro, a maschio e femmina o a battuta, possono essere montati con chiodi nascosti nell'incastro o con ganci su correnti in legno.

Particolare attenzione deve essere posta alla ventilazione dell'intercapedine che si viene a formare, al fine di evitare ristagni di umidità.

#### 14.19.6 Controsoffitti in pannelli di fibre minerali

I controsoffitti in pannelli di fibre minerali possono essere collocati su un doppio ordito di profilati metallici a T rovesciata, sospesi mediante pendini o staffe. I profilati metallici potranno essere a vista, seminascosti o nascosti, secondo le prescrizioni progettuali o le direttive del direttore dei lavori.

#### 14.19.7 Norme di riferimento

**UNI EN 13964** – *Controsoffitti. Requisiti e metodi di prova;*

**UNI EN 14246** – *Elementi di gesso per controsoffitti. Definizioni, requisiti e metodi di prova.*

### Art. 15 **Prodotti per rivestimenti interni ed esterni**

#### 15.1 *Caratteristiche*

Si definiscono *prodotti per rivestimenti* quelli utilizzati per realizzare i sistemi di rivestimento verticali (pareti, facciate) e orizzontali (controsoffitti) dell'edificio. I prodotti per rivestimenti si distinguono in base allo stato fisico, alla collocazione e alla collocazione nel sistema di rivestimento.

In riferimento allo stato fisico, tali prodotti possono essere: - rigidi (rivestimenti in ceramica, pietra, vetro, alluminio, gesso, ecc.);- flessibili (carte da parati, tessuti da parati, ecc.);- fluidi o pastosi (intonaci, vernicianti, rivestimenti plastici, ecc.).

In riferimento alla loro collocazione, si distinguono:- prodotti per rivestimenti esterni;- prodotti per rivestimenti interni.

Per ciò che concerne, infine, la collocazione dei prodotti nel sistema di rivestimento, si distinguono:- prodotti di fondo;

- prodotti intermedi;- prodotti di finitura.

Il direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa.

## 15.2 *Prodotti rigidi. Rivestimenti murali*

### 15.2.1 Piastrelle di ceramica

Con riferimento al D.M. 26 giugno 1997, recante l'istituzione dei marchi di *ceramica artistica e tradizionale* e di *ceramica di qualità*, la ceramica artistica e tradizionale deve recare il marchio previsto.

Per qualunque altra indicazione o contestazione riguardante le piastrelle di ceramica, si rimanda alle prescrizioni delle norme UNIVigenti.

### 15.2.2 Lastre di pietra naturale

Per le lastre di pietra naturale valgono le indicazioni del progetto esecutivo circa le caratteristiche più significative e le lavorazioni da apportare. In mancanza o a integrazione di indicazioni progettuali valgono i criteri di accettazione generali indicati nell'art. 27. Devono essere comunque da prevedere gli opportUNIcavi, fori, ecc. per il fissaggio alla parete e gli eventuali trattamenti di protezione dagli agenti atmosferici e altro.

### 15.2.3 Elementi di metallo o materia plastica

Per gli elementi di metallo o materia plastica valgono le prescrizioni del progetto esecutivo.

Le loro prestazioni meccaniche (resistenza all'urto, abrasione, incisione), di reazione e resistenza al fuoco, di resistenza agli agenti chimici (detergenti, inquinanti aggressivi, ecc.) e alle azioni termoigrometriche saranno quelle prescritte nelle norme UNIn relazione all'ambiente (interno/esterno) nel quale saranno collocati e alla loro quota dal pavimento (o suolo) oppure, in loro mancanza, valgono quelle dichiarate dal fabbricante e accettate dalla direzione dei lavori.

Saranno, inoltre, predisposti per il fissaggio in opera con opportUNIfori, incavi, ecc.

Per gli elementi verniciati, smaltati, ecc., le caratteristiche di resistenza all'usura, ai mutamenti di colore, ecc. saranno riferite ai materiali di rivestimento.

La forma e costituzione dell'elemento saranno tali da ridurre al minimo fenomeni di vibrazione e produzione di rumore, tenuto anche conto dei sistemi di fissaggio al supporto.

### 15.2.4 Lastre di cartongesso

Il cartongesso è un materiale costituito da uno strato di gesso racchiuso tra due fogli di cartone speciale resistente e aderente.

In cartongesso si possono eseguire controsoffitti piani o sagomati, pareti divisorie che permettono l'alloggiamento di impianti tecnici e l'inserimento di materiali termo-acustici. Queste opere possono essere in classe 1 o classe 0 di reazione al fuoco e anche rei 60/90/120' di resistenza al fuoco.

Il prodotto in lastre deve essere fissato con viti autofilettanti a una struttura metallica in lamiera di acciaio zincato. Nel caso di contropareti, invece, deve essere fissato direttamente sulla parete esistente con colla e tasselli e le giunzioni devono essere sigillate e rasate con appositi materiali.

Per i requisiti d'accettazione si rinvia all'articolo sui prodotti per pareti esterne e partizioni interne.

### 15.2.5 Lastre di fibrocemento ecologico

Il fibrocemento ecologico è composto da cemento e fibre organiche stabilizzate. I prodotti in fibrocemento vengono ottenuti da una miscela i cui componenti sono cemento, acqua, silice, cellulosa, fibre sintetiche. Si riportano le seguenti percentuali indicative di composizione: - 40% legante (cemento Portland);- 30% aria (pori);- 12% acqua;- 11% additivi (polvere calcarea, fibrocemento in polvere);- 5% fibre di processo (cellulosa); - % fibre di rinforzo (sintetiche organiche, alcool polivinilico, poliacrilonitrile).

Nell'impasto deve essere impiegato cemento Portland a granulometria fine, che abbia come caratteristiche indurimento rapido e presa lenta. Le varie fibre devono essere preparate e trattate con lo scopo di renderle il più possibile stabili.

Il prodotto deve essere indeformabile, flessibile, robusto e incombustibile, resistere a severe condizioni climatiche, agli urti e ad elevati sovraccarichi.

Per la posa in opera di lastre di fibrocemento ecologico ondulate, si rimanda alle prescrizioni sui prodotti per coperture discontinue. Le lastre per coperture possono essere di diverso tipo:- lastre piane;- lastre ondulate rette;- lastre ondulate curve;- lastre a greca.

Le lastre in fibrocemento ecologico per essere accettate devono possedere le seguenti caratteristiche:- incombustibilità;

- elevata resistenza meccanica;- indeformabilità;- elasticità e grande lavorabilità;- fonoassorbenza;- inputrescibilità e inattaccabilità da parte di funghi e parassiti;- impermeabilità all'acqua;- permeabilità al vapore;- elevata resistenza ai cicli gelo/disgelo;- leggerezza;- assenza di manutenzione.

### 15.2.6 Lastre di calcestruzzo

Per le lastre di calcestruzzo valgono le prescrizioni generali date nell'articolo sui prodotti di calcestruzzo, integrate dalle caratteristiche di resistenza agli agenti atmosferici (gelo/disgelo) e dagli elementi aggressivi trasportati dall'acqua piovana e dall'aria.

Per gli elementi piccoli e medi fino a 1,2 m come dimensione massima, si devono realizzare opportuni punti di fissaggio e aggancio. Per gli elementi grandi (pannelli prefabbricati) valgono, per quanto applicabili e/o in via orientativa, le prescrizioni dell'articolo sulle strutture prefabbricate di calcestruzzo.

#### 15.2.7 Norma di riferimento

Norma di riferimento

**UNI EN 12781** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per pannelli di sughero.*

### 15.3 Prodotti flessibili. Rivestimenti murali

#### 15.3.1 Carte da parati

Le carte da parati devono possedere i seguenti requisiti:- rispettare le tolleranze dimensionali dell'1,5% sulla larghezza e sulla lunghezza; - garantire resistenza meccanica e alla lacerazione (anche nelle condizioni umide di applicazione); - avere deformazioni dimensionali a umido limitate; - resistere alle variazioni di calore e, quando richiesto, avere resistenza ai lavaggi e reazione o resistenza al fuoco adeguate.

Le confezioni devono riportare i segni di riferimento per le sovrapposizioni, allineamenti (o sfalsatura) dei disegni, inversione dei singoli teli, ecc.

#### 15.3.2 Rivestimenti tessili

I rivestimenti tessili per pareti devono rispondere alle prescrizioni elencate nel punto precedente, avere adeguato livello di resistenza e possedere le necessarie caratteristiche di elasticità per la posa a tensione.

#### 15.3.3 Rivestimento ignifugo

I rivestimenti con tessuti in fibra di vetro dovranno essere applicati su qualsiasi supporto, per risolvere problemi relativi a intonaci irregolari, ruvidi o cavillati. Tali prodotti dovranno possedere una notevole resistenza meccanica agli urti e all'abrasione. Dovranno inoltre possedere caratteristiche ignifughe ed essere omologati in classe 1 di reazione al fuoco, ai sensi del D.M. del 26 giugno 1984.

I tessuti vengono incollati sulla superficie trattata con speciali adesivi (escluso quelli appartenenti alla classe 0) e, una volta asciutti, potranno essere tinteggiati con idonei prodotti.

#### 15.3.4 Norme di riferimento

Per qualunque altra indicazione o contestazione si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:

**UNI EN 233** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche delle carte da parati finite, dei fogli di vinile e dei fogli di plastica;*

**UNI EN 234** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per i rivestimenti murali da decorare successivamente;*

**UNI EN 235** – *Rivestimenti murali in rotoli. Vocabolario e simboli;*

**UNI EN 259** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifica per i rivestimenti murali per uso intenso;*

**UNI EN 266** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifica per i rivestimenti murali tessili;*

**UNI EN 12149** – *Rivestimenti murali in rotoli. Determinazione della migrazione dei metalli pesanti e di altre sostanze, del cloruro di vinile monomero e del rilascio di formaldeide;*

**UNI EN 13085** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per rivestimenti in rotoli di sughero.*

### 15.4 Prodotti fluidi o in pasta

#### 15.4.1 Intonaci

Gli intonaci sono rivestimenti realizzati con malta per intonaci costituita da un legante (calce, cemento, gesso), da un inerte (sabbia, polvere o granuli di marmo, ecc.) ed, eventualmente, da pigmenti o terre coloranti, additivi e rinforzanti.

Gli intonaci devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo, oltre alle seguenti proprietà:- capacità di riempimento delle cavità ed eguagliamento delle superfici;- proprietà ignifughe;- impermeabilità all'acqua e/o funzione di barriera all'acqua; - effetto estetico superficiale in relazione ai mezzi di posa usati;- adesione al supporto.

Per i prodotti forniti premiscelati è richiesta la rispondenza a norme uni. Per gli altri prodotti valgono i valori dichiarati dal fornitore e accettati dalla direzione dei lavori.

Norme di riferimento

**UNI 9727** – *Prodotti per la pulizia (chimica) di rivestimenti (lapidei e intonaci). Criteri per l'informazione tecnica;*

**UNI 9728** – *Prodotti protettivi per rivestimento costituiti da lapidei e intonaci. Criteri per l'informazione tecnica.*

Armatura degli intonaci interni

Gli intonaci interni ed esterni per prevenire la formazione di crepe e fessurazioni causate da assestamenti dei supporti sottostanti (mattoni, blocchi alleggeriti o prefabbricati, ecc.) e da agenti esterni dovranno essere armati con rete in fi-

bra di vetro o in polipropilene, nella maglia indicata nei disegni esecutivi o dalla direzione dei lavori. La rete deve essere chimicamente inattaccabile da tutte le miscele, soprattutto in ambienti chimici aggressivi.

La larghezza della maglia dovrà essere proporzionale alla granulometria degli intonaci. Le maglie più larghe ben si adattano a intonaci più grezzi, quelle più strette agli intonaci fini.

L'applicazione della rete si eseguirà su un primo strato di intonaco ancora fresco, sovrapponendo i teli per circa 10 cm e successivamente all'applicazione di un secondo strato di materiale, avendo cura di annegare completamente la rete.

#### 15.4.2 Prodotti vernicianti

I prodotti vernicianti devono essere applicati allo stato fluido, costituiti da un legante (naturale o sintetico), da una carica e da un pigmento o terra colorante che, passando allo stato solido, formano una pellicola o uno strato non pellicolare sulla superficie.

Si distinguono in:- tinte, se non formano pellicola e si depositano sulla superficie;- impregnanti, se non formano pellicola e penetrano nelle porosità del supporto;- pitture, se formano pellicola e hanno un colore proprio;- vernici, se formano pellicola e non hanno un marcato colore proprio;- rivestimenti plastici, se formano pellicola di spessore elevato o molto elevato (da 1 a 5 mm circa), hanno colore proprio e disegno superficiale più o meno accentuato.

I prodotti vernicianti devono possedere valori adeguati delle seguenti caratteristiche, in funzione delle prestazioni loro richieste:- dare colore in maniera stabile alla superficie trattata;- avere funzione impermeabilizzante;- essere traspiranti al vapore d'acqua; - impedire il passaggio dei raggi uv;- ridurre il passaggio della CO<sub>2</sub>;- avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco;- avere funzione passivante del ferro;- resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);- resistere all'usura.

I limiti di accettazione saranno quelli progettuali o, in mancanza, quelli dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

### Art. 16 Vernici, smalti, pitture, ecc.

#### 16.1 Generalità

I contenitori originali delle vernici e delle pitture devono rimanere sigillati in cantiere fino al momento dell'impiego dei prodotti contenuti. Quando una parte di vernice viene estratta, i contenitori devono essere richiusi con il loro coperchio originale. Lo stato e la sigillatura dei contenitori devono essere sottoposti all'esame del direttore dei lavori. La stessa verifica deve essere attuata al momento dell'apertura dei contenitori, per controllare lo stato delle vernici o delle pitture.

Tutti i prodotti dovranno essere accompagnati dalle schede tecniche rilasciate dal produttore ai fini della verifica della corretta preparazione e applicazione. Le schede dovranno essere formalmente trasmesse alla direzione dei lavori.

#### 16.2 Vernici protettive antiruggine

Le vernici antiruggine su superfici non zincate devono essere a base di zinco, minio oleofenolico o cromato.

#### 16.3 Smalti

Gli smalti devono possedere buone caratteristiche di copertura, distensione e adesione, stabilità di colore e resistenza elevata alle condizioni atmosferiche esterne che generalmente possono verificarsi nella zona ove devono essere impiegati.

#### 16.4 Diluenti

I diluenti da impiegarsi devono essere del tipo prescritto dal produttore delle vernici e degli smalti adottati.

In ogni caso, devono essere di tipo e composizione tale da non alterare né sminuire minimamente le caratteristiche del prodotto da diluire.

#### 16.5 Idropitture a base di cemento

Le idropitture a base di cemento devono essere preparate a base di cemento bianco, con l'incorporamento di pigmenti bianchi o colorati in misura non superiore al 10%.

La preparazione della miscela deve essere effettuata secondo le prescrizioni della ditta produttrice e sempre nei quantitativi utilizzabili entro 30 minuti dalla preparazione stessa.

#### 16.6 Idropitture lavabili

Devono essere a base di resine sintetiche con composizione adatta per gli impieghi specifici, rispettivamente per interno o per esterno.

Trascorsi 15 giorni dall'applicazione, devono essere completamente lavabili senza dar luogo a rammollimenti dello strato, alterazioni della tonalità del colore o altri deterioramenti apprezzabili.

#### 16.7 Latte di calce

Il latte di calce deve essere preparato con grassello di calce dolce mediante la diluizione in acqua limpida sotto continuo rimescolamento. Non è consentito l'impiego di calce idrata. Prima dell'impiego, il latte di calce deve essere lascia-

to riposare per circa otto ore.

#### 16.8 *Tinte a colla e per fissativi*

La colla da usarsi per la preparazione delle tinte a colla e per fissativo deve essere a base di acetato di polivinile.

La diluizione deve essere fatta nelle proporzioni suggerite dal produttore.

#### 16.9 *Coloranti e colori minerali*

I coloranti per la preparazione di tinte a calce o a colla devono essere di natura minerale, cioè formati da ossidi o da sali metallici, sia naturali che artificiali, opportunamente lavorati in modo da ottenere la massima omogeneità e finezza del prodotto.

#### 16.10 *Stucchi*

Gli stucchi per la regolarizzazione delle superfici da verniciare devono avere composizione tale da permettere la successiva applicazione di prodotti verniciati sintetici. Devono, inoltre, avere consistenza tale da essere facilmente applicabili, aderire perfettamente alla superficie su cui sono applicati ed essiccare senza dar luogo a screpolature, arricciature o strappi. Dopo l'essiccazione, gli stucchi devono avere durezza adeguata all'impiego cui sono destinati.

#### 16.11 *Norme di riferimento*

**UNI10997** – Edilizia. Rivestimenti su supporti murari esterni di nuova costruzione con sistemi di verniciatura, pitturazione, rpac, tinteggiatura ed impregnazione superficiale. Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione;

**UNI8681** – Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, rpac, tinteggiatura e impregnazione superficiale. Criteri generali di classificazione;

**UNI8755** – Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, rpac, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Caratteristiche di attitudine all'immagazzinamento e all'applicazione;

**UNI8756** – Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, rpac, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Caratteristiche di identificazione e metodi di prova;

**UNI8757** – Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Criteri per l'informazione tecnica;

**UNI8758** – Edilizia. Sistemi di verniciatura, pitturazione, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Criteri per l'informazione tecnica;

**UNI EN 1062-1** – Pitture e vernici. Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni. Parte 1: Classificazione;

**UNI EN 1062-3** – Pitture e vernici. Prodotti e sistemi di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo. Parte 3: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida;

**UNI EN 1062-6** – Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo. Determinazione della permeabilità all'anidride carbonica;

**UNI EN 1062-7** – Pitture e vernici. Prodotti e sistemi di verniciatura per muratura e calcestruzzo esterni. Parte 7: Determinazione delle proprietà di resistenza alla screpolatura;

**UNI EN 1062-11** – Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura di opere murarie esterne e calcestruzzo. Metodi di condizionamento prima delle prove;

**UNI EN 13300** – Pitture e vernici. Prodotti e sistemi di verniciatura all'acqua per pareti e soffitti interni. Classificazione;

**UNI EN 927-1** – Prodotti vernicianti. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Classificazione e selezione;

**UNI EN 927-2** – Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Parte 2: Specifica delle prestazioni;

**UNI EN 927-3** – Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Parte 3: Prova d'invecchiamento naturale;

**UNI EN 927-5** – Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Parte 5: Determinazione della permeabilità all'acqua liquida;

**UNI EN 927-6** – Pitture e vernici. Prodotti e cicli di verniciatura per legno per impieghi esterni. Parte 6: Esposizione di rivestimenti per legno all'invecchiamento artificiale utilizzando lampade fluorescenti e acqua;

**UNI EN ISO 12944-1** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Introduzione generale;

**UNI EN ISO 12944-2** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Classificazione degli ambienti;

**UNI EN ISO 12944-3** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Considerazioni sulla progettazione;

**UNI EN ISO 12944-4** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Tipi di superficie e loro preparazione;

**UNI EN ISO 12944-5** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 5: Sistemi di verniciatura protettiva;

**UNI10527** – Prodotti vernicianti. Preparazione dei supporti di acciaio prima dell'applicazione di pitture e prodotti simili. Prove per valutare la pulizia delle superfici. Prova in campo per prodotti solubili di corrosione del ferro;

**UNI10560** – Prodotti vernicianti. Pitture murali in emulsione per interno. Resistenza al lavaggio. Metodo della spazzola;

**UNI11272** – Pitture e vernici. Linee guida per la stesura di garanzie tecniche di durata per rivestimenti ottenuti con prodotti vernicianti;

**UNI8305** – Prodotti vernicianti. Esame preliminare e preparazione dei campioni per il collaudo;

**UNI8405** – Materie prime per prodotti vernicianti. Comparazione del colore in massa dei pigmenti;

**UNI8406** – Materie prime per prodotti vernicianti. Comparazione del tono in diluizione e del potere colorante dei pigmenti;

**UNI8901** – Prodotti vernicianti. Determinazione della resistenza all'urto.

## Art. 17 **Sigillanti, adesivi e geotessili**

### 17.1 *Sigillanti*

Si definiscono *sigillanti* i prodotti utilizzati per riempire in forma continua e durevole i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne, ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua, ecc. Oltre a quanto specificato nel progetto esecutivo o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i sigillanti si intendono rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- diagramma forza/deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego, cioè con decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche che non pregiudichino la sua funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.

Norme di riferimento

**UNIiso 11600** – Edilizia. Sigillanti. Classificazione e requisiti.

a) piastrelle

**UNI EN 13888** – Sigillanti per piastrelle – Requisiti, valutazione di conformità, classificazione e designazione;

**UNI EN 12808-1** – Sigillanti per piastrelle – Parte 1: Determinazione della resistenza chimica di malte a base di resine reattive;

**UNI EN 12808-2** – Sigillanti per piastrelle – Parte 2: Determinazione della resistenza all'abrasione;

**UNI EN 12808-3** – Sigillanti per piastrelle – Parte 3: Determinazione della resistenza a flessione e a compressione;

**UNI EN 12808-4** – Sigillanti per piastrelle - Parte 4: Determinazione del ritiro;

**UNI EN 12808-5** – Sigillanti per piastrelle - Parte 5: Determinazione dell'assorbimento d'acqua.

b) giunti

**UNI EN 15651-1** – Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali – Parte 1: Sigillanti per elementi di facciate;

**UNI EN 15651-2** – Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali – Parte 2: Sigillanti per vetrate;

**UNI EN 15651-3** – Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali - Parte 3: Sigillanti per giunti per impieghi sanitari;

**UNI EN 15651-4** – Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali – Parte 4: Sigillanti per camminamenti pedonali;

**UNI EN 15651-5** – Sigillanti per giunti per impiego non strutturale negli edifici e piani di camminamento pedonali –

## 17.2 Adesivi

Si definiscono *adesivi* i prodotti utilizzati per ancorare un prodotto a uno attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc., dovute all'ambiente e alla destinazione d'uso.

Sono inclusi nel presente articolo gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, ferroso, legnoso, ecc.).

Sono esclusi gli adesivi usati durante la produzione di prodotti o componenti.

Oltre a quanto specificato nel progetto esecutivo o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego (cioè con un decadimento delle caratteristiche meccaniche che non pregiudichino la loro funzionalità);
- durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;
- proprietà meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.

### 17.2.1 Adesivi per piastrelle

Il prodotto dovrà essere preparato versandolo in un recipiente, aggiungendo la percentuale d'acqua prevista dal produttore e mescolando con il trapano elettrico a basso numero di giri per qualche minuto, fino a ottenere un impasto omogeneo (ovvero senza grumi), che, prima dell'impiego, deve essere lasciato a riposo per qualche minuto.

Il prodotto deve essere applicato su supporto esente da polveri, oli, grassi, ecc., con spatola dentata con passaggi sia orizzontali sia verticali.

Dovrà essere evitata l'applicazione del prodotto su quei supporti che presentano condizioni di maturazione insufficienti o contenuto d'acqua eccessivo. Si dovrà, inoltre, proteggere il prodotto dal gelo e non porlo in opera a temperature inferiori a + 5 °C. In presenza di temperature elevate e supporti assorbenti, è buona norma inumidire la superficie prima della stesura.

Il prodotto dovrà possedere i seguenti parametri meccanici:- resistenza a compressione ( $\text{N/mm}^2$ ): 7,5;- resistenza a flessione ( $\text{N/mm}^2$ ): 2;- resistenza allo strappo (adesione) ( $\text{N/mm}^2$ ): 0,8.

Norme di riferimento

**UNI EN 12002** – *Adesivi per piastrelle. Determinazione della deformazione trasversale di adesivi sigillanti e cementizi;*

**UNI EN 12003** – *Adesivi per piastrelle. Determinazione della resistenza al taglio degli adesivi reattivi con resina;*

**UNI EN 12004** – *Adesivi per piastrelle. Requisiti, valutazione di conformità, classificazione e designazione;*

**UNI EN 1323** – *Adesivi per piastrelle. Lastra di calcestruzzo per le prove;*

**UNI EN 1324** – *Adesivi per piastrelle. Determinazione dell'adesione mediante sollecitazione al taglio di adesivi in dispersione;*

**UNI EN 1308** – *Adesivi per piastrelle. Determinazione dello scorrimento;*

**UNI EN 1346** – *Adesivi per piastrelle. Determinazione del tempo aperto;*

**UNI EN 1347** – *Adesivi per piastrelle. Determinazione del potere bagnante;*

**UNI EN 1348** – *Adesivi per piastrelle. Determinazione dell'aderenza mediante trazione su adesivi cementizi.*

### 17.2.2 Adesivi per rivestimenti ceramici

Il prodotto dovrà essere preparato versandolo in un recipiente, aggiungendo la percentuale d'acqua prevista dal produttore e mescolando con il trapano elettrico a basso numero di giri per qualche minuto, fino a ottenere un impasto omogeneo (ovvero senza grumi), che, prima dell'impiego, deve essere lasciato a riposo per qualche minuto.

Il prodotto deve essere applicato su supporto esente da polveri, oli, grassi, ecc., con spatola dentata con passaggi sia orizzontali che verticali.

Dovrà essere evitata l'applicazione del prodotto su quei supporti che presentino condizioni di maturazione insufficienti o contenuto d'acqua eccessivo. Si dovrà, inoltre, proteggere il prodotto dal gelo e non porlo in opera a temperature inferiori a + 5 °C. In presenza di temperature elevate e supporti assorbenti, è buona norma inumidire la superficie prima della stesura.

Norme di riferimento

- UNI10110** – Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione del potere di ritenzione d'acqua della pasta;
- UNI10111** – Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione della granulometria della polvere;
- UNI EN 1245** – Adesivi - Determinazione del pH. Metodo di prova;
- UNI10113** – Adesivi per rivestimenti ceramici. Determinazione del residuo secco;
- UNI9446** – Adesivi. Determinazione della massa volumica apparente di adesivi in polvere per rivestimenti ceramici.

### 17.2.3 Metodi di prova

In luogo delle certificazioni di prova, l'appaltatore potrà fornire la certificazione rilasciata dal produttore previa accettazione della direzione dei lavori.

I metodi di prova sui requisiti degli adesivi dovranno essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN 828** – Adesivi. Bagnabilità. Determinazione mediante misurazione dell'angolo di contatto e della tensione superficiale critica della superficie solida;
- UNI EN ISO 15605** – Adesivi. Campionamento;
- UNI EN 924** – Adesivi. Adesivi con e senza solvente. Determinazione del punto di infiammabilità;
- UNI EN 1067** – Adesivi. Esame e preparazione di campioni per le prove;
- UNI EN 1465** – Adesivi. Determinazione della resistenza al taglio per trazione di assemblaggi a due substrati rigidi incollati;
- UNI EN 1841** – Adesivi. Metodi di prova degli adesivi per rivestimenti di pavimentazione e pareti. Determinazione delle variazioni dimensionali di un rivestimento per pavimentazione in linoleum a contatto con un adesivo;
- UNI EN 12092** – Adesivi. Determinazione della viscosità;
- UNI9059** – Adesivi. Determinazione del tempo di gelificazione di resine ureiche;
- UNI EN 1238** – Adesivi. Determinazione del punto di rammollimento di adesivi termoplastici (metodo biglia e anello);
- UNI9446** – Adesivi. Determinazione della massa volumica apparente di adesivi in polvere per rivestimenti ceramici;
- UNI EN 1721** – Adesivi per carta e cartone, imballaggio e prodotti sanitari monouso. Misurazione dell'adesività di prodotti autoadesivi. Determinazione dell'adesività mediante una sfera rotolante;
- UNI9591** – Adesivi. Determinazione della resistenza al distacco (peeling) a caldo di un adesivo per incollaggio di policloruro di vinile (pvc) su legno;
- UNI9594** – Adesivi. Determinazione del tempo aperto massimo di adesivi per legno mediante prove di taglio per trazione;
- UNI9595** – Adesivi. Determinazione della rapidità di presa a freddo di adesivi per legno mediante prove di taglio per trazione;
- UNI9752** – Adesivi. Determinazione del potere bagnante di un adesivo mediante la misura dell'angolo di contatto;
- UNI EN 26922** – Adesivi. Determinazione della resistenza alla trazione dei giunti di testa;
- UNI EN 28510-1** – Adesivi. Prova di distacco per un assemblaggio ottenuto per incollaggio di un materiale flessibile su rigido. Distacco a 90°;
- UNI EN 28510-2** – Adesivi. Prova di distacco per un assemblaggio ottenuto per incollaggio di un materiale flessibile su rigido. Distacco a 180°;
- UNI EN ISO 9142** – Adesivi. Guida alla selezione di condizioni normalizzate di laboratorio per prove di invecchiamento di giunti incollati;
- UNI EN ISO 9653** – Adesivi. Metodo di prova per la resistenza al taglio di giunti adesivi.

### 17.3 Geotessili

Si definiscono *geotessili* i prodotti utilizzati per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.) e in coperture. La natura del polimero costituente è (poliesteri, polipropilene, poliammide, ecc.).

Si distinguono in:- tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);- nontessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura), chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si hanno nontessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.

I geotessili sono caratterizzati da:- filamento continuo (o da fiocco);- trattamento legante meccanico (o chimico o termico);- peso unitario

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde a una norma UNIdi

cui al successivo punto e/o è in possesso di attestato di conformità. In loro mancanza, valgono i valori dichiarati dal produttore e accettati dalla direzione dei lavori.

#### 17.3.1 Geotessili. Norme di riferimento

Quando non è specificato nel progetto esecutivo, i geotessili devono essere rispondenti alle seguenti norme:

**UNI EN ISO 13433** – *Geosintetici. Prova di punzonamento dinamico (prova di caduta del cono);*

**UNI EN ISO 9863-2** – *Geotessili e prodotti affini. Determinazione dello spessore a pressioni stabilite. Procedura per la determinazione dello spessore dei singoli strati di prodotti multistrato;*

**UNI EN ISO 10319** – *Geotessili. Prova di trazione a banda larga;*

**UNI EN ISO 10321** – *Geosintetici. Prova di trazione a banda larga per giunzioni e cuciture;*

**UNI EN 12447** – *Geotessili e prodotti affini. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'idrolisi;*

**UNI EN 12224** – *Geotessili e prodotti affini. Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici;*

**UNI EN 12225** – *Geotessili e prodotti affini. Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica mediante prova di interrimento;*

**UNI EN 12226** – *Geotessili e prodotti affini. Prove generali per valutazioni successive a prove di durabilità;*

**UNI EN ISO 12236** – *Geotessili e prodotti affini. Prova di punzonamento statico (metodo cbr);*

**UNI EN ISO 13438** – *Geotessili e prodotti affini. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'ossidazione.*

#### 17.4 Nontessuti. Norme di riferimento

Per quanto non espressamente indicato per i nontessuti si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:

**UNI EN 29092** – *Tessili. Nontessuti. Definizione;*

**UNI8279-1** – *Nontessuti. Metodi di prova. Campionamento;*

**UNI8279-3** – *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della permeabilità all'aria;*

**UNI8279-4** – *Nontessuti. Metodi di prova. Prova di trazione (metodo di Grab);*

**UNI EN ISO 9073-2** – *Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione dello spessore;*

**UNI EN ISO 9073-6** – *Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Parte 6: Assorbimento;*

**UNI8279-11** – *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza alla perforazione con il metodo della sfera;*

**UNI8279-12** – *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della variazione dimensionale a caldo;*

**UNI8279-13** – *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all'acqua;*

**UNI8279-14** – *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione);*

**UNISperimentale 8279-16** – *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del tempo di assorbimento di acqua (metodo della goccia);*

**UNI8279-17** – *Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della stabilità agli agenti atmosferici artificiali;*

**UNI EN 29073-1** – *Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione della massa areica;*

**UNI EN 29073-3** – *Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione della resistenza a trazione e dell'allungamento.*

### Art. 18 **Prodotti e materiali per partizioni interne e pareti esterne**

#### 18.1 *Definizioni*

Le partizioni interne ed esterne dell'edificio con riferimento alla norma **UNI8290-1** si possono classificare in tre livelli:

- partizioni interne verticali:- pareti interne verticali;- infissi interni verticali;- elementi di protezione.
- partizioni interne orizzontali:- solai;- sopralchi;- infissi interni orizzontali.
- partizioni interne inclinate:- scale interne;- rampe interne.

Le partizioni esterne dell'edificio si possono classificare in:

- partizione interne verticali:- elementi di protezione;- elementi di separazione.

– partizioni esterne orizzontali:- balconi/logge;- passerelle.

– partizioni esterne inclinate:- scale esterne;- rampe interne.

Il direttore dei lavori, ai fini dell'accettazione dei materiali per la realizzazione dei principali strati funzionali di queste parti di edificio, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate. Nel caso di contestazione, si intende che la procedura di prelievo dei campioni, le modalità di prova e valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNIE, in mancanza di questi, quelli descritti nella letteratura tecnica.

#### 18.1.1 Pareti interne verticali

Le pareti interne verticali possono essere costituite da strutture continue, rigide e opache, oppure da elementi trasparenti; inoltre, possono essere fisse o spostabili. Le pareti devono supportare gli infissi interni quali porte, sportelli, sovralluci, ecc. Le pareti verticali possono essere costituite dai seguenti componenti:

- elemento di parete (muratura, pannello ecc.), costituito da uno o più strati;
- zoccolino battiscopa (gres, plastica, legno, ecc.), elemento di raccordo tra la parete e il pavimento;
- giunto laterale verticale, elemento di raccordo con la struttura portante;
- giunto superiore orizzontale, elemento di raccordo con il solaio superiore;
- giunto inferiore orizzontale, elemento di raccordo con il solaio inferiore;
- sopralzo, elemento di parete collocato ad altezza superiore a quella delle porte;
- fascia di aggiustaggio, superiore o laterale, elemento con funzioni di raccordo rispetto alle strutture, alle partizioni o agli elementi tecnici;
- infisso interno verticale (porta, passacarte, sportello, sopra-luce, sovrapporta, telaio vetrato).

Norme di riferimento

**UNI8087** – *Edilizia residenziale. Partizioni interne verticali. Analisi dei requisiti;*

**UNIprovvisoria 9269** – *Pareti verticali. Prova di resistenza agli urti.*

**UNI8290-1** – *Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia;*

**UNI8290-2** – *Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti;*

**UNI8290-3** – *Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi degli agenti;*

**UNI7960** – *Edilizia residenziale. Partizioni interne. Terminologia;*

**UNI8326** – *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prove di resistenza ai carichi sospesi;*

**UNI8327** – *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza al calore per irraggiamento;*

**UNI10700** – *Partizioni interne. Pareti interne mobili. Terminologia e classificazione;*

**UNI10815** – *Pareti interne mobili. Attrezzabilità per impianti tecnici. Criteri generali;*

**UNI10816** – *Pareti interne mobili. Attrezzabilità con equipaggiamenti di servizio. Criteri generali;*

**UNI10817** – *Pareti interne mobili. Collegamenti di messa a terra. Requisiti e verifica;*

**UNI10820** – *Partizioni interne. Pareti interne mobili. Analisi dei requisiti;*

**UNI10879** – *Pareti interne mobili. Prova di resistenza ai carichi sospesi e orizzontali;*

**UNI10880** – *Pareti interne mobili. Requisiti e metodi di prova di resistenza agli urti;*

**UNI11004** – *Partizioni interne. Pareti interne mobili. Tipologie significative per la determinazione del potere fonoisolante;*

**UNI8201** – *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza agli urti da corpo molle e duro;*

**UNI8326** – *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prove di resistenza ai carichi sospesi;*

**UNI8327** – *Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza al calore per irraggiamento;*

**UNI EN 13084-6** – *Camini strutturalmente indipendenti. Parte 6: Pareti interne di acciaio. Progettazione e costruzione;*

**UNI EN 13084-7** – *Camini strutturalmente indipendenti. Parte 7: Specifiche di prodotto applicabili a elementi cilindrici di acciaio da utilizzare per camini di acciaio a parete singola e per pareti interne di acciaio;*

**UNI EN 438-7** – *Laminati decorativi ad alta pressione (hpl). Pannelli a base di resine termoindurenti (generalmente chiamati laminati). Parte 7: Laminati stratificati e pannelli compositi hpl per applicazioni su pareti interne ed esterne e su soffitti;*

**UNI EN 594** – *Strutture di legno. Metodi di prova. Resistenza rigidità di piastra di pannelli per pareti con telaio di legno;*

**UNI EN 596** – *Strutture di legno. Metodi di prova. Prova di impatto con un corpo morbido su pareti con telaio di legno;*

**UNI10386** – *Materie plastiche cellulari rigide. Pannelli compositi con anima di poliuretano espanso rigido e paramenti rigidi per coperture, pareti perimetrali verticali esterne e di partizione interna. Tipi, requisiti e prove.*

## 18.2 *Prodotti a base di laterizio, di calcestruzzo alleggerito, ecc.*

I prodotti a base di laterizio, calcestruzzo e similari non aventi funzione strutturale ma unicamente di chiusura nelle pareti esterne e partizioni devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo e, a loro completamento, alle seguenti prescrizioni:

- gli elementi di laterizio (forati e non) prodotti mediante trafilatura o pressatura con materiale normale o alleggerito devono rispondere alla norma **UNI EN 771-1**;

- gli elementi di calcestruzzo alleggerito,  $1200 \text{ kg/m}^3 = \gamma = 1400 \text{ kg/m}^3$ , devono rispondere alla norma **UNI EN 771-3**;

- gli elementi di silicato di calcio devono rispondere alla norma **UNI EN 771-2**;

- gli elementi di pietra naturale devono rispondere alla norma **UNI EN 771-6**;

- gli elementi di pietra agglomerata devono rispondere alla norma **UNI EN 771-5**.

L'appaltatore, per ogni prodotto da impiegare, deve fornire alla direzione dei lavori le schede tecniche rilasciate dal produttore.

Norme di riferimento

**UNI EN 771-1** – *Specifiche per elementi per muratura. Parte 1: Elementi per muratura di laterizio;*

**UNI EN 771-2** – *Specifiche per elementi di muratura. Parte 2: Elementi di muratura di silicato di calcio;*

**UNI EN 771-3** – *Specifiche per elementi di muratura. Parte 3: Elementi per muratura di calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri);*

**UNI EN 771-4** – *Specifiche per elementi di muratura. Parte 4: Elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato;*

**UNI EN 771-5** – *Specifiche per elementi di muratura. Parte 5: Elementi per muratura di pietra agglomerata;*

**UNI EN 771-6** – *Specifiche per elementi di muratura. Parte 6: Elementi di muratura di pietra naturale.*

### 18.2.1 Isolamento acustico dei divisori

L'isolamento acustico dei divisori in laterizio deve essere assicurato mediante:

- rivestimento esterno con apposito pannello dello spessore non inferiore a ....., nel rispetto del D.P.C.M. 5 dicembre 1997. I pannelli devono essere applicati a secco e fissati con tasselli ad espansione, in ragione di almeno quattro tasselli per metro quadrato. Il rivestimento esterno deve essere in lastre di cartongesso;

- isolamento in intercapedine con prodotto in lana di legno di abete mineralizzata legata con cemento Portland e rivestimento esterno in lastre di cartongesso.

## 18.3 *Prodotti e componenti per facciate continue*

I prodotti e i componenti per facciate continue dovranno rispondere, oltreché alle prescrizioni del progetto esecutivo, anche alle seguenti ulteriori prescrizioni:

- gli elementi dell'ossatura devono possedere caratteristiche meccaniche non inferiori a quelle di progetto, in modo da poter trasmettere le sollecitazioni meccaniche (peso proprio delle facciate, vento, urti, ecc.) alla struttura portante, resistere alle corrosioni e azioni chimiche dell'ambiente esterno e interno;

- gli elementi di tamponamento (vetri, pannelli, ecc.) devono essere fissati alle strutture portanti, in modo resistere alle sollecitazioni meccaniche (vento, pioggia, urti, ecc.) e termoisometriche dell'ambiente esterno e chimiche degli agenti inquinanti;

- le parti apribili e i loro accessori devono rispondere alle prescrizioni sulle finestre o sulle porte stabilite in questo capitolato speciale;

- i rivestimenti ceramici e simili devono essere inassorbenti e resistenti all'usura, all'abrasione, agli attacchi chimici e alla flessione. Devono, inoltre, essere di facile pulizia e manutenzione;

- le soluzioni costruttive dei giunti devono completare e integrare le prestazioni dei pannelli ed essere sigillate con prodotti adeguati.

L'appaltatore, per ogni prodotto da impiegare, deve fornire alla direzione dei lavori le schede tecniche rilasciate dal produttore.

#### 18.4 Prodotti a base di cartongesso

I prodotti a base di cartongesso devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo e, in mancanza, alle prescrizioni seguenti: - spessore con tolleranza di  $\pm 0,5$  mm;- lunghezza e larghezza con tolleranza di  $\pm 2$  mm;- resistenza all'impronta, all'urto e alle sollecitazioni localizzate (punti di fissaggio);- basso assorbimento d'acqua;- bassa permeabilità al vapore (prodotto abbinato a barriera al vapore);- resistenza all'incendio dichiarata;- isolamento acustico dichiarato.

I limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto esecutivo e, in loro mancanza, quelli dichiarati dal produttore e approvati dalla direzione dei lavori.

#### 18.5 Blocchi di gesso

I blocchi in gesso pieni o forati per la formazione di pareti verticali per evitare in futuro rigonfiamenti e danni dovuti all'elevata umidità relativa o al contatto con acqua devono essere collocati previa predisposizione di una guaina impermeabile collocata a livello del pavimento al fine di evitare la risalita dell'umidità.

In mancanza di norme italiane specifiche si potrà fare riferimento alla norma **din 18163**.

In cantiere, il materiale deve essere appoggiato a pavimento, sempre in piano, al coperto o sotto un telo di plastica.

### Art. 19 Chiusini per pozzetti

#### 19.1 Dispositivi di chiusura

Potranno essere del tipo quadrato, rettangolare o circolare, secondo prescrizione, con coperchi chiusini o tamponi di forma rotonda o quadrata in rapporto ai vari tipi di manufatti, ma comunque con fori di accesso (se accessibili) di luce netta mai inferiore a 600 mm. I materiali di costruzione saranno la ghisa grigia (almeno R 150 UNIISO 185), la ghisa sferoidale, l'acciaio e materiale composito, impiegati da soli od in unione al calcestruzzo.

In ogni caso dovranno essere rispettate le seguenti norme di unificazione:

**UNI EN 124-1 : 2015** Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura e controllo di qualità;

**UNI EN 124-2 : 2015** Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali - Parte 2: Dispositivi di coronamento e chiusura fatti in ghisa;

**UNI EN 124-3 : 2015** Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali - Parte 3: Dispositivi di coronamento e chiusura fatti in acciaio e lega di alluminio;

**UNI EN 124-4 : 2015** Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali - Parte 4: Dispositivi di coronamento e chiusura fatti in calcestruzzo armato;

**UNI EN 124-5 : 2015** Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali - Parte 5: Dispositivi di coronamento e chiusura fatti in materiale composito ;

**UNI EN 124-6 : 2015** Dispositivi di coronamento e di chiusura dei pozzetti stradali - Parte 6: Dispositivi di coronamento e chiusura fatti in polipropilene (PP), polietilene (PE) o polivinilcloruro (PVC-U).

I coperchi potranno essere dotati di fori di aerazione di sezione totale non inferiore a: 5% della superficie del cerchio (DN quota di passaggio) per i chiusini aventi quota non superiore a 600 mm; 140 cm<sup>2</sup> chiusini con quota superiore. Sotto tali coperchi, inoltre, potrà essere richiesta l'installazione di opportuni cestelli in lamiera di acciaio zincata, per la raccolta dei corpi solidi.

TAB. III - 33 - Chiusini per camerette d'ispezione - Classi (Norma UNI EN 124)

CLASSE	CONDIZIONI DI INSTALLAZIONE*	CARICHI DI PROVA KN
A 15	Zone ad esclusivo uso pedonale - Zone ciclabili (vivo verde)	1,5
B 125	Zone pedonali - Marciapiedi (eccezionalmente soggetti a carichi veicolari)	12,5
C 250	Zone di banchina - Canalette e cunette	25,0
D 400	Vie di circolazione (Autostrade, strade statali e provinciali)	40,0

\* In casi eccezionali (es. aeroporti) i chiusini potranno essere richiesti con portate di 60 t (classe E 600) o 90 t (classe F 900)

Le superfici di contatto dei chiusini, dalla Classe A 15 alla classe F 900 dovranno garantire la dovuta stabilità e silenziosità di esercizio, in particolare modo per le classi D 400, E 600 e F 900. Queste condizioni potranno

essere ottenute con tutti i mezzi appropriati, quali: lavorazione meccanica, inserimento di guarnizioni elastiche, appoggio su tre punti, ecc. purché approvati dalla Direzione Lavori.

Ogni chiusino dovrà riportare, di fusione, il nome e/o la sigla del fabbricante e la classe, funzione quest'ultima del carico di prova () in rapporto alle condizioni di esercizio di cui alla Tabella III-33.

#### 19.2 Griglie e chiusini

Le griglie potranno avere, in rapporto alle prescrizioni, la superficie superiore sagomata ad inginocchiatoio (ossia piatta e con una leggera pendenza verso il cordolo del marciapiede), ovvero concava (secondo la sagoma della cunetta stradale), con sbarre trasversali oppure parallele alla direzione della carreggiata. La distanza delle traverse, in rapporto all'orientamento rispetto alla direzione del traffico ed alla classe, dovrà risultare conforme ai prospetti 4 e 5 della UNI EN 124.

In tutti i casi la luce netta delle griglie dovrà essere non inferiore a 125 cm<sup>2</sup> (per pendenza della carreggiata fino al 5%) e convenientemente superiore per maggiori pendenze.

Gli eventuali cestelli () per la selezione e raccolta dei detriti solidi dovranno essere realizzati in lamiera di acciaio zincata, con fondo pieno e parete forata, uniti mediante chiodatura, saldatura, flangiatura, ecc. Saranno di facile sollevamento e poggeranno di norma su appositi risalti ricavati nelle pareti dei pozzetti.

In rapporto all'utilizzazione il carico di prova () sarà stabilito come alla Tab.III-33.

### 19.3 Gradini per pozzetti di ispezione

Potranno essere, secondo prescrizione, in ghisa, in acciaio galvanizzato o zincato, od ancora in acciaio inossidabile. Potranno inoltre avere forma di bacchette (tipo DIN 19555) o di staffe (tipo corto: DIN 1211B; medio: DIN 1211A; lungo: DIN 1212).

Nel primo caso il diametro dovrà essere non inferiore a 20 mm; nel secondo caso lo stesso limite sarà rispettato dalla sezione di incastro dei bracci a mensola. In tutti i casi i gradini dovranno essere provati per un carico concentrato di estremità non inferiore a 3240 N

## Art. 20 Impermeabilizzazioni e coperture piane

### 20.1 Generalità

I prodotti per impermeabilizzazioni e per coperture piane sono sotto forma di:

- membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo o a caldo, in fogli singoli o pluristrato;
- prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo o a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in sito una membrana continua.

Norme di riferimento

**UNI8178** – *Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali;*

**UNI EN 1504-1** – *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 1: Definizioni;*

**UNI EN 1504-2** – *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 2: Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo;*

**UNI EN 1504-3** – *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 3: Riparazione strutturale e non strutturale.*

### 20.2 Classificazione delle membrane

Le membrane si classificano in base:

- a) al materiale componente, per esempio:- bitume ossidato fillerizzato;- bitume polimero elastomero;- bitume polimero plastomero;- etilene propilene diene;- etilene vinil acetato, ecc.
- b) al materiale di armatura inserito nella membrana, per esempio: - armatura vetro velo; - armatura poliammide tessuto; - armatura polipropilene film; - armatura alluminio foglio sottile, ecc.
- c) al materiale di finitura della faccia superiore, per esempio: - poliestere film da non asportare;- polietilene film da non asportare;- graniglie, ecc.
- d) al materiale di finitura della faccia inferiore, per esempio: - poliestere non tessuto;- sughero;- alluminio foglio sottile, ecc.

### 20.3 Prodotti forniti in contenitori

I prodotti forniti in contenitori possono essere:- mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;- asfalti colati;- malte asfaltiche;- prodotti termoplastici;- soluzioni in solvente di bitume;- emulsioni acquose di bitume;- prodotti a base di polimeri organici.

Il direttore dei lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura. In ogni caso, l'appaltatore dovrà consegnare l'attestato di conformità della fornitura.

Le membrane per coperture di edifici, in relazione allo strato funzionale che vanno a costituire (per esempio: strato di tenuta all'acqua, strato di tenuta all'aria, strato di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti, ecc.), devono rispondere alle prescrizioni del progetto e, in mancanza, alla norma **UNI8178**.

### 20.4 Membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore sono le seguenti (norme **UNI9380-1** e **UNI9380-2**):- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);- difetti, ortometria e massa areica;- resistenza a trazione; - flessibilità a freddo;- comportamento all'acqua;-

permeabilità al vapore d'acqua;- invecchiamento termico in acqua;- giunzioni resistenti a trazione e impermeabili all'aria.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

Norme di riferimento

**UNI9380-1** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi bpp per strato di barriera e/o schermo al vapore;

**UNI9380-2** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi bof per strato di barriera e/o schermo al vapore;

**UNI8629-1** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Caratteristiche prestazionali e loro significatività;

**UNI8629-2** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi bpp per elemento di tenuta;

**UNI8629-3** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi bpe per elemento di tenuta;

**UNI8629-4** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione per tipi epdm e iir per elementi di tenuta;

**UNI8629-5** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi bpp (con autoprotezione metallica) per elemento di tenuta;

**UNI8629-6** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi a base di pvc plastificato per elementi di tenuta;

**UNI8629-7** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi bof (con autoprotezione metallica) per elemento di tenuta;

**UNI8629-8** – Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi bof per elemento di tenuta.

#### 20.5 Membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore, di irrigidimento o ripartizione dei carichi, di regolarizzazione, di separazione e/o scorrimento o drenante sono le seguenti (norma **UNI9168**):- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);- difetti, ortometria e massa areica;- comportamento all'acqua;- invecchiamento termico in acqua.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori. Le membrane rispondenti alle norme **UNI9380** (varie parti) e **UNI8629** (varie parti) per le caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego.

#### 20.6 Membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria

I prodotti non normati devono essere conformi ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

Le membrane rispondenti alle norme **UNI9380** e **UNI8629** per le caratteristiche precitate sono valide anche per formare gli strati di tenuta all'aria.

In particolare, dovranno essere controllati i seguenti parametri:- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);- difetti, ortometria e massa areica;- resistenza a trazione e alla lacerazione;- comportamento all'acqua;- giunzioni resistenti alla trazione e alla permeabilità all'aria.

Norme di riferimento

**UNI9168-1** – Membrane complementari per impermeabilizzazione. Limiti di accettazione dei tipi con armatura carta-feltro o vetro velo;

**UNI9168-2** – Membrane complementari per impermeabilizzazione. Limiti di accettazione dei tipi bof.

#### 20.7 Membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua sono le seguenti (norma **UNI8629**, varie parti):- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);- difetti, ortometria e massa areica;- resistenza a trazione e alla lacerazione;- punzonamento statico e dinamico;- flessibilità a freddo;- stabilità dimensionale in seguito ad azione termica;- stabilità di forma a caldo;- impermeabilità all'acqua e comportamento all'acqua;- permeabilità al vapore d'acqua;- resistenza all'azione perforante delle radici;- invecchiamento termico in aria e in acqua;- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche);- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche);- giunzioni resistenti a trazione e impermeabili all'aria.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

## 20.8 Membrane destinate a formare strati di protezione

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di protezione sono le seguenti (norma **UNI8629**, varie parti):- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);- difetti, ortometria e massa areica;- resistenza a trazione e alle lacerazioni;- punzonamento statico e dinamico;- flessibilità a freddo;- stabilità dimensionali a seguito di azione termica;- stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di pvc, epdm, iir);- comportamento all'acqua;- resistenza all'azione perforante delle radici;- invecchiamento termico in aria;- giunzioni resistenti a trazione;- l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante e accettati dalla direzione dei lavori.

## 20.9 Membrane a base di elastomeri e di plastomeri

### 20.9.1 Tipologie

I tipi di membrane base di elastomeri e di plastomeri sono:

- membrane in materiale elastomerico senza armatura (si definisce *materiale elastomerico* un materiale che sia fondamentalmente elastico anche a temperature superiori o inferiori a quelle di normale impiego e/o che abbia subito un processo di reticolazione (per esempio gomma vulcanizzata);
- membrane in materiale elastomerico dotate di armatura (si definisce *materiale elastomerico* un materiale che sia relativamente elastico solo entro un intervallo di temperatura corrispondente generalmente a quello di impiego, ma che non abbia subito alcun processo di reticolazione, come per esempio cloruro di polivinile plastificato o altri materiali termoplastici flessibili o gomme non vulcanizzate);- membrane in materiale plastomerico flessibile senza armatura;- membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;- membrane in materiale plastomerico rigido (per esempio polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);- membrane polimeriche a reticolazione posticipata (per esempio polietilene clorosolfonato) dotate di armatura;- membrane polimeriche accoppiate (membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione o altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, quando la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante ha importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana, le prove devono essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore).

### 20.9.2 Classi di utilizzo

Le classi di utilizzo delle membrane base di elastomeri e di plastomeri sono le seguenti:

- classe A: membrane adatte per condizioni eminentemente statiche del contenuto (per esempio bacini, dighe, sbarramenti, ecc.);
- classe B: membrane adatte per condizioni dinamiche del contenuto (per esempio canali, acquedotti, ecc.);
- classe C: membrane adatte per condizioni di sollecitazioni meccaniche particolarmente gravose, concentrate o no (per esempio fondazioni, impalcati di ponti, gallerie, ecc);
- classe D: membrane adatte anche in condizioni di intensa esposizione agli agenti atmosferici e/o alla luce;
- classe E: membrane adatte per impieghi in presenza di materiali inquinanti e/o aggressivi (per esempio discariche, vasche di raccolta e/o decantazione, ecc.);
- classe F: membrane adatte per il contatto con acqua potabile o sostanze di uso alimentare (per esempio acquedotti, serbatoi, contenitori per alimenti, ecc.).

Nell'utilizzo delle membrane polimeriche per impermeabilizzazione, possono essere necessarie anche caratteristiche comUNIA più classi.

### 20.9.3 Accettazione

Le membrane a base di elastomeri e di plastomeri devono rispettare le caratteristiche previste dalle varie parti della norma **UNI8898**, anche se attualmente ritirata senza sostituzione.

## 20.10 Prodotti forniti sotto forma di liquidi o paste

I prodotti forniti solitamente sotto forma di liquidi o paste destinati principalmente a realizzare strati di tenuta all'acqua (ma anche altri strati funzionali della copertura piana), a seconda del materiale costituente, devono rispondere alle caratteristiche e ai valori di limiti di riferimento normalmente applicati. Quando non sono riportati limiti, si intendono validi quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettati dalla direzione dei lavori.

### 20.10.1 Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni

I bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni (in solvente e/o emulsione acquosa) devono rispondere ai limiti specificati, per i diversi tipi, alle prescrizioni delle seguenti norme:

**UNI4157** – *Edilizia. Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni. Campionamento e limiti di accettazione;*

**UNISperimentale 4163** – *Impermeabilizzazione delle coperture. Bitumi da spalmatura. Determinazione dell'indice di penetrazione dei bitumi.*

### **Tabella 32.1. Caratteristiche dei bitumi da spalmatura**

Indicazione per la designazione	Penetrazione a 25 °C (dmm/min)	Punto di rammollimento (palla anello °C/min)
0	40	55
15	35	65
25	20	80

#### 20.10.2 Malte asfaltiche

Le malte asfaltiche per impermeabilizzazione devono rispondere alle seguenti norme:

- UNI5660** – Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Caratteristiche e prelievo dei campioni;
- UNI5661** – Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione del punto di rammollimento con il metodo palla-anello;
- UNI5662** – Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione dello scorrimento su piano inclinato;
- UNI5663** – Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione della fragilità (punto di rottura);
- UNI5664** – Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua;
- UNI5665** – Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Trattamento di termo-ossidazione.

#### 20.10.3 Asfalti colati

Gli asfalti colati per impermeabilizzazione devono rispondere alle seguenti norme:

- UNI5654** – Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Caratteristiche e prelievo dei campioni;
- UNI5655** – Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione del punto di rammollimento con il metodo palla-anello (ritirata senza sostituzione);
- UNI5656** – Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione dello scorrimento su piano inclinato;
- UNI5657** – Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione della fragilità a freddo;
- UNI5658** – Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua;
- UNI5659** – Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Trattamento di termo-ossidazione.

#### 20.10.4 Mastice di rocce asfaltiche

Il mastice di rocce asfaltiche per la preparazione di malte asfaltiche e degli asfalti colati deve rispondere alla seguente norma:

- UNI4377** – Impermeabilizzazione delle coperture. Mastice di rocce asfaltiche per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati.

#### 20.10.5 Mastice di asfalto sintetico

Il mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati deve rispondere alle seguenti norme:

- UNI4378** – Impermeabilizzazione delle coperture. Mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati;
- UNI4379** – Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione dell'impronta nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici (ritirata senza sostituzione);
- UNI4380** – Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione delle sostanze solubili in solfuro di carbonio presenti nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici;
- UNI4381** – Impermeabilizzazione delle coperture. Estrazione del bitume dai mastici di rocce asfaltiche e dai mastici di asfalto sintetici;
- UNI4382** – Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione degli asfaltene presenti nei bitumi contenuti nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici;
- UNI4383** – Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione dei carbonati presenti nel materiale minerale;
- UNI4384** – Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione delle sostanze insolubili in acido cloridrico presenti nel materiale minerale contenuto nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici;
- UNI4385** – Impermeabilizzazione delle coperture. Controllo granulometrico del materiale minerale contenuto nei

*mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.*

#### 20.10.6 Prodotti fluidi o in pasta a base di polimeri organici

I prodotti fluidi o in pasta a base di polimeri organici (bituminosi, epossidici, poliuretanic, epossi-poliuretanic, epossi-catrame, polimetencatrame, polimeri clorurati, acrilici, vinilici, polimeri isomerizzati) devono essere valutati in base alle caratteristiche e ai limiti di riferimento normalmente applicati. Quando non sono riportati limiti, si intendono validi di quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica e accettati dalla direzione dei lavori.

Per i valori non prescritti, si intendono validi quelli dichiarati dal fornitore e accettati dalla direzione dei lavori.

Per i valori non prescritti si intendono validi quelli dichiarati dal fornitore e accettati dalla direzione dei lavori.

#### 20.11 Rinforzo di guaine liquide a base di resine acriliche ed epoxibituminose

Le guaine liquide a base di resine acriliche ed epoxibituminose e le malte impermeabilizzanti dovranno essere rinforzate con l'applicazione di reti in fibra di vetro.

Per superfici irregolari o inclinate, l'uso di reti realizzate con speciali filati voluminizzati assicura un maggiore assorbimento di resina, evitando fenomeni di gocciolatura e garantendo l'omogeneità della distribuzione del prodotto. Sul prodotto impermeabilizzante appena applicato dovrà essere posata la rete ben tesa, annegandola mediante spatola, rullo o pennello, avendo cura di sovrapporre i teli per almeno 10 cm evitando la formazione di bolle e piegature.

#### 20.12 Malta bicomponente elastica a base cementizia

Sono malte bicomponenti a base di leganti cementizi, aggregati selezionati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa. L'impasto ottenuto, scorrevole facilmente, è applicabile anche in verticale fino a 2 mm di spessore in una sola mano.

Sul primo strato di bicomponente deve essere stesa una rete costituita da fibre di vetro trattate con uno speciale appretto che conferisce resistenza agli alcali e inoltre promuove l'adesione con tutti i prodotti utilizzati per l'impermeabilizzazione e la rasatura; a indurimento avvenuto della rasatura o dello strato impermeabilizzante, la rete di vetro costituisce un'armatura che evita la formazione di fessurazioni dovute a movimenti del supporto o della superficie piastrellata. Inoltre, serve a facilitare anche l'applicazione di uno spessore uniforme di circa 2 mm della rasatura e migliorare le resistenze agli sbalzi termici e all'abrasione del sistema. La rete di vetro deve essere completamente annegata nello spessore dello strato impermeabilizzante o delle rasature. I teli adiacenti di rete in fibra di vetro dovranno essere sovrapposti lungo i bordi per uno spessore di almeno 5-10 cm.

La posa in opera deve rispettare le precise indicazioni del produttore e le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori.

Il prodotto impermeabilizzante può essere impiegato per:- impermeabilizzazione di vasche in calcestruzzo per il contenimento delle acque;- impermeabilizzazione di bagni, docce, balconi, terrazze, piscine, ecc. prima della posa di rivestimenti ceramici;- impermeabilizzazione di superfici in cartongesso, intonaci o cementizi, blocchi di cemento alleggerito, multistrato marino;- rasatura elastica di strutture in calcestruzzo con sezioni sottili anche soggette a piccole deformazioni sotto carico (per esempio pannelli prefabbricati);- protezione di intonaci o calcestruzzi che presentano delle fessurazioni causate da fenomeni di ritiro, contro la penetrazione dell'acqua e degli agenti aggressivi presenti nell'atmosfera;- protezione, dalla penetrazione dell'anidride carbonica, di pile e impalcati in calcestruzzo e di strutture che presentano uno spessore di copriferro inadeguato;- protezione di superfici in calcestruzzo che possono venire a contatto con l'acqua di mare, i sali disgelanti come il cloruro di sodio e di calcio e i sali solfatici.

Norme di riferimento

**UNI EN 1504-2** – *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 2: Sistemi di protezione della superficie di calcestruzzo;*

**UNI EN 1504-9** – *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo – Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità – Parte 9: Principi generali per l'utilizzo dei prodotti e dei sistemi.*

### Art. 21 **Infissi in legno e in metallo**

#### 21.1 Definizioni

Si definiscono *infissi* gli elementi edilizi aventi la funzione principale di regolare il passaggio di persone, animali, oggetti e sostanze liquide o gassose tra spazi interni ed esterni dell'organismo edilizio o tra ambienti diversi dello spazio interno.

Il *serramento*, invece, è definito come l'elemento tecnico con la funzione principale di regolare in modo particolare il passaggio di persone, animali, oggetti e sostanze liquide o gassose, energia, aria, ecc.

Essi si dividono in elementi fissi (cioè luci fisse non apribili) e serramenti (cioè con parti apribili). Gli infissi si dividono, a loro volta, in porte, finestre e schermi.

I meccanismi di apertura e chiusura degli infissi devono essere facilmente manovrabili e percepibili e le parti mobili devono poter essere usate esercitando una lieve pressione.

Per la terminologia specifica dei singoli elementi e delle loro parti funzionali in caso di dubbio si fa riferimento alla norma **UNI8369** (varie parti).

Norme di riferimento

**UNI7895** – *Disegni tecnici. Designazione simbolica del senso di chiusura e delle facce delle porte, finestre e persiane;*

**UNI8369-1** – *Edilizia. Chiusure verticali. Classificazione e terminologia;*

**UNI8369-2** – *Edilizia. Pareti perimetrali verticali. Classificazione e terminologia;*

**UNI8369-3** – *Edilizia. Chiusure verticali. Classificazione e terminologia dei serramenti esterni verticali;*

**UNI8369-4** – *Edilizia. Chiusure verticali. Classificazione e terminologia degli schermi;*

**UNI8369-5** – *Edilizia. Chiusure verticali. Giunto tra pareti perimetrali verticali e infissi esterni. Terminologia e simboli per le dimensioni;*

**UNI8370** – *Edilizia. Serramenti esterni. Classificazione dei movimenti di apertura delle ante.*

## 21.2 Campioni

L'appaltatore dovrà esibire un campione di ogni tipologia di ogni infisso della fornitura ai fini dell'approvazione da parte della direzione dei lavori.

Il campione di infisso deve essere limitato a un modulo completo di telaio, parte apribile e cerniere, meccanismi di chiusura, comandi, accessori e guarnizioni. Resta inteso che i manufatti che saranno consegnati in cantiere dovranno essere tassativamente uguali ai campioni approvati dal direttore dei lavori, comprese le anodizzazioni e/o le verniciature.

L'appaltatore deve consegnare l'attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni contrattuali e alle normative vigenti.

## 21.3 Tipologie dei serramenti di progetto

La tipologia dei serramenti, il sistema di apertura, le dimensioni (in mm) e il meccanismo di chiusura sono quelli indicati nella tabella che segue:

Tabella : Tipologie dei serramenti di progetto

<b>Codice identificativo del serramento</b> (riferimento: abaco dei serramenti)	<b>Dimensioni</b> (mm)	<b>Sistema di apertura</b>	<b>Meccanismo di apertura</b>	<b>Elaborato grafico di riferimento</b>

## 21.4 Marcatura CE

Il marchio ce non riguarda la posa in opera. L'attestazione obbligatoria deve riguardare almeno i seguenti requisiti (**UNI EN 14351-1**): - tenuta all'acqua, mediante la prova in laboratorio (norma **UNI EN 1027**);- permeabilità all'aria, mediante la prova in laboratorio (norma **UNI EN 1026**);- resistenza al vento, mediante prova in laboratorio (norma **UNI EN 12211**);- resistenza termica, mediante il procedimento di calcolo indicato dalla norma **UNI EN ISO 10077-1** oppure **10077-2** o in alternativa con la prova in laboratorio (norma **UNI EN ISO 12657-1**);- prestazione acustica, mediante procedimento di calcolo o, in alternativa, con la prova in laboratorio (norma **UNI EN ISO 140-3**);- emissione di sostanze dannose verso l'interno del locale;- resistenza all'urto.

Le tipologie di serramenti più importanti con l'obbligo della marcatura ce sono le seguenti:- porte per uso esterno a esclusivo uso dei pedoni (a una o due ante; con pannelli laterali e/o sopra luce);- porte destinate a uscita di sicurezza con maniglioni antipanico;- finestre (uso esterno) a una e due ante (incluso le guarnizioni di tenuta alle intemperie);- porte finestre (uso esterno) a una e due ante (incluso le guarnizioni di tenuta alle intemperie);- finestre scorrevoli orizzontali;- finestre francesi;- finestre da tetto con o senza materiali antifiamma;- porte blindate per uso esterno;- porte automatiche (con radar) motorizzate;- tutti i prodotti che possono essere in versione manuale o motorizzata;- tutti i prodotti che possono essere ciechi, parzialmente o totalmente vetrati;- tutti i prodotti che possono essere assemblati in due o più unità.

Norma di riferimento

**UNI EN 14351-1** – *Finestre e porte. Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali. Parte 1: Finestre e porte esterne pedonali senza caratteristiche di resistenza al fuoco e/o di tenuta al fumo.*

### 21.5 Documentazione da fornire al direttore dei lavori

L'appaltatore è obbligato a fornire al direttore dei lavori la documentazione rilasciata dal produttore riguardante:

- dichiarazione di conformità a norma dei prodotti forniti;
- istruzioni di installazione del prodotto;
- istruzioni sull'uso e sulla manutenzione dei prodotti;
- marcatura ce.

### 21.6 *Forme. Luci fisse*

Le luci fisse devono essere realizzate nella forma, con i materiali e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto. In mancanza di prescrizioni (o in presenza di prescrizioni limitate), si intende che comunque devono – nel loro insieme (telai, lastre di vetro, eventuali accessori, ecc.) – resistere alle sollecitazioni meccaniche dovute all'azione del vento o agli urti, garantire la resistenza al vento e la tenuta all'aria e all'acqua.

Quanto richiesto, dovrà garantire anche le prestazioni di isolamento termico, isolamento acustico, comportamento al fuoco e resistenza a sollecitazioni gravose dovute ad attività sportive, atti vandalici, ecc.

Le prestazioni predette dovranno essere garantite con limitato decadimento nel tempo.

Il direttore dei lavori potrà procedere all'accettazione delle luci fisse mediante i criteri seguenti:

- controllo dei materiali costituenti il telaio, il vetro e gli elementi di tenuta (guarnizioni, sigillanti) più eventuali accessori;
- controllo delle caratteristiche costruttive e della lavorazione del prodotto nel suo insieme e/o dei suoi componenti (in particolare, trattamenti protettivi del legno, rivestimenti dei metalli costituenti il telaio, esatta esecuzione dei giunti, ecc.);
- accettazione di dichiarazioni di conformità della fornitura alle classi di prestazione quali tenuta all'acqua, all'aria, resistenza agli urti, ecc.

Le modalità di esecuzione delle prove saranno quelle definite nelle relative norme UNI per i serramenti.

### 21.7 *Serramenti interni ed esterni*

I serramenti interni ed esterni (finestre, porte-finestre e similari) dovranno essere realizzati seguendo le prescrizioni indicate nei disegni costruttivi. In mancanza di prescrizioni (o in presenza di prescrizioni limitate), si intende che comunque devono, nel loro insieme, essere realizzati in modo da resistere alle sollecitazioni meccaniche e degli agenti atmosferici e contribuire, per la parte di loro spettanza, al mantenimento negli ambienti delle condizioni termiche, acustiche, luminose, di ventilazione, ecc. Lo svolgimento delle funzioni predette deve essere mantenuto nel tempo.

Il direttore dei lavori potrà procedere all'accettazione dei serramenti mediante:

- il controllo dei materiali che costituiscono l'anta e il telaio, i loro trattamenti preservanti e i rivestimenti;
- il controllo dei vetri, delle guarnizioni di tenuta e/o sigillanti e degli accessori;
- il controllo delle caratteristiche costruttive (in particolare, dimensioni delle sezioni resistenti, conformazione dei giunti e connessioni realizzate meccanicamente – viti, bulloni, ecc. – e per aderenza – colle, adesivi, ecc. – e comunque delle parti costruttive che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica, sulla tenuta all'acqua, all'aria, al vento e sulle altre prestazioni richieste.

Gli infissi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- finestre:- isolamento acustico- tenuta all'acqua, all'aria e resistenza al vento (misurata secondo la norma **UNI EN 1027**)- resistenza meccanica (misurata secondo le norme **UNI 9158** e **UNI EN 107**)
- porte interne:- tolleranze dimensionali: - spessore: (misurato secondo la norma **UNI EN 951**); - planarità: (misurata secondo la norma **UNI EN 952**);- resistenza all'urto corpo molle (misurata secondo la norma **UNI 8200**);- corpo d'urto: - altezza di caduta: - resistenza al fuoco e controllo della dispersione del fumo (misurati secondo la norma **UNI EN 1634-1**);- resistenza al calore per irraggiamento (misurata secondo la norma **UNI 8328**):
- porte esterne:- tolleranze dimensionali:- spessore: (misurato secondo la norma **UNI EN 951**);- planarità: (misurata secondo la norma **UNI EN 952**);- tenuta all'acqua, aria, resistenza al vento (misurata secondo la norma **UNI EN 1027**);- resistenza all'antintrusione (misurata secondo la norma **UNI 9569**)

L'attestazione di conformità dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione fornita dall'appaltatore al direttore dei lavori.

### 21.8 *Schermi (tapparelle, persiane, antoni)*

Gli schermi (tapparelle, persiane, antoni) con funzione prevalentemente oscurante dovranno essere realizzati nella forma, con il materiale e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto. In mancanza di prescrizioni o con prescrizioni insufficienti, si intende che comunque lo schermo deve nel suo insieme resistere alle sollecitazioni meccaniche (vento, sbattimenti, ecc.) e agli agenti atmosferici, mantenendo nel tempo il suo funzionamento.

Il direttore dei lavori dovrà procedere all'accettazione degli schermi mediante:

- il controllo dei materiali che costituiscono lo schermo e dei loro rivestimenti;
- il controllo dei materiali costituenti gli accessori e/o gli organi di manovra;
- la verifica delle caratteristiche costruttive dello schermo, principalmente delle dimensioni delle sezioni resistenti, delle conformazioni delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni ecc.) o per aderenza (colle, adesivi ecc.) e comunque delle parti che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica e sulla durabilità agli agenti atmosferici.

Il direttore dei lavori potrà altresì procedere all'accettazione mediante attestazione di conformità della fornitura alle caratteristiche di resistenza meccanica e di comportamento agli agenti atmosferici (corrosioni, cicli con lampade solari, camere climatiche, ecc.). L'attestazione dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione.

## 21.9 Prescrizioni dimensionali e prestazionali per i portatori di handicap

### 21.9.1 Porte interne

La luce netta della porta di accesso di ogni edificio e di ogni unità immobiliare deve essere di almeno 80 cm. La luce netta delle altre porte interne deve essere di almeno 75 cm.

L'altezza delle maniglie deve essere compresa tra gli 85 e i 95 cm (altezza consigliata: 90 cm).

Devono inoltre essere preferite soluzioni per le quali le singole ante delle porte non abbiano larghezza superiore ai 120 cm e gli eventuali vetri siano collocati a una altezza di almeno 40 cm dal piano del pavimento.

L'anta mobile deve poter essere usata esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

### 21.9.2 Infissi esterni

L'altezza delle maniglie o dispositivo di comando deve essere compresa tra 100 e 130 cm; consigliata 115 cm.

Nelle finestre lo spigolo vivo della traversa inferiore dell'anta apribile deve essere opportunamente sagomato o protetto per non causare infortuni.

L'anta mobile deve poter essere usata esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

## 21.10 Serramenti in acciaio

### 21.10.1 Componenti dei serramenti

Tutti i componenti dei serramenti della fornitura conforme alle prescrizioni progettuali (telai metallici, accessori, vetrazioni, guarnizioni, schermi, ecc.) devono essere costruiti con caratteristiche che non rilascino sostanze pericolose oltre i limiti ammessi dalle norme sui materiali.

### 21.10.2 Materiali e norme di riferimento

Alluminio a) telai:

**UNI EN 573-3** – Alluminio e leghe di alluminio. Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati. Sistema di designazione sulla base dei simboli chimici;

**UNI EN 12020-1** – Alluminio e leghe di alluminio. Profilati di precisione estrusi, di leghe en aw-6060 e en aw-6063. Parte 1: Condizioni tecniche di controllo e di fornitura;

**UNI EN 12020-2** – Alluminio e leghe di alluminio. Profilati di precisione estrusi di leghe en aw-6060 e en aw-6063. Parte 2: Tolleranze dimensionali e di forma;

**UNI EN 14024** – Profili metallici con taglio termico. Prestazioni meccaniche. Requisiti, verifiche e prove per la valutazione.

b) laminati di trafilati o di sagomati non estrusi in alluminio:

**UNI EN 573-3** – Alluminio e leghe di alluminio. Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati. Sistema di designazione sulla base dei simboli chimici;

**UNI EN 485-2** – Alluminio e leghe di alluminio. Lamiere, nastri e piastre. Parte 2: Caratteristiche meccaniche;

**UNI EN 754-2** – Alluminio e leghe di alluminio. Barre e tubi trafilati. Tubi estrusi con filiera a ponte, tolleranze.

c) getti in alluminio:

**UNI EN 1706** – Alluminio e leghe di alluminio. Getti. Composizione chimica e caratteristiche meccaniche.

Profili in acciaio

a) telai:

**UNI EN 10079** – Definizione dei prodotti di acciaio e a quelle di riferimento per gli specifici prodotti.

b) laminati a caldo:

**UNI10163-1** – Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo. Parte 1: Requisiti generali;

**UNI10163-2** – Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo. Parte 2: Lamiera e larghi piatti;

**UNI EN 10163-3** – Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiera, larghi piatti e profilati di acciaio laminati a caldo. Parte 3: Profilati;

**UNI EN 10143** – Lamiera sottili e nastri di acciaio con rivestimento metallico applicato per immersione a caldo in continuo. Tolleranze dimensionali e di forma;

**UNI EN 10025-1** – Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;

**UNI EN 10025-2** – Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali;

**UNI EN 10025-3** – Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato;

**UNI EN 10025-4** – Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica;

**UNI EN 10025-5** – Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica;

**UNI EN 10025-6** – Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali. Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciaio per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento, bonificati.

c) lamiera a freddo:

**UNI7958** – Prodotti finiti di acciaio non legato di qualità laminati a freddo. Lamiera sottili e nastri larghi da costruzione;

**UNI EN 10327** – Nastri e lamiera di acciaio a basso tenore di carbonio rivestiti per immersione a caldo in continuo, per formatura a freddo. Condizioni tecniche di fornitura.

d) lamiera zincate:

**UNI EN 10143** – Lamiera sottili e nastri di acciaio con rivestimento applicato per immersione a caldo in continuo. Tolleranze sulla dimensione e sulla forma.

Acciaio inossidabile

a) telai:

**UNI EN 10088-1** – Acciai inossidabili. Parte 1: Lista degli acciai inossidabili;

**UNI EN 10088-2** – Acciai inossidabili. Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiera e dei nastri per impieghi generali.

Lega di rame

a) telai:

**UNI EN 13605** – Rame e leghe di rame. Profilati di rame e fili profilati per usi elettrici.

b) lamiera in rame:

**UNI EN 13599:2003** – Rame e leghe di rame. Piatti, lastre e nastri di rame per usi elettrici.

### 21.10.3 Finitura superficiale dei telai metallici

La finitura superficiale dei telai metallici dei serramenti dovrà essere priva di difetti visibili a occhio nudo (graffi, colature, rigonfiamenti, ondulazione e altre imperfezioni) a distanza non inferiore a 5 m per gli spazi esterni e a 3 m per gli spazi interni.

La finitura superficiale non deve subire corrosioni o alterazioni di aspetto per un periodo di tempo adeguato alla vita del manufatto e in cantiere deve essere evitato il contatto con sostanze o materiali che possano instaurare fenomeni corrosivi. Il colore deve essere quello previsto dal progetto esecutivo.

In base al tipo di metallo si indicano le seguenti norme di riferimento:

a) alluminio:

**UNI EN 12206-1** – Pitture e vernici. Rivestimenti di alluminio e di leghe di alluminio per applicazioni architettoniche. Parte 1. Rivestimenti preparati a partire da materiali in polvere.

b) acciaio:

**UNI EN ISO 12944-1** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Introduzione generale;

**UNI EN ISO 12944-2** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Classificazione degli ambienti;

**UNI EN ISO 12944-3** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Considerazioni sulla progettazione;

**UNI EN ISO 12944-4** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Tipi di superficie e loro preparazione;

**UNI EN ISO 12944-5** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 5: Sistemi di verniciatura protettiva.

I trattamenti di metallizzazione devono rispettare le seguenti norme:

- zincatura elettrolitica:

**UNIiso 2081** – Rivestimenti metallici. Rivestimenti elettrolitici di zinco su ferro o acciaio.

- zincatura a spruzzo:

**UNI EN 22063** – Rivestimenti metallici e altri rivestimenti inorganici. Metallizzazione termica a spruzzo. Zinco, alluminio e loro leghe.

- cadmiatura:

**UNI4720** – Trattamenti superficiali dei materiali metallici. Classificazione, caratteristiche e prove dei rivestimenti elettrolitici di cadmio su materiali ferrosi.

- cromatura:

**UNI EN 12540** – Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrodepositati di nichel, nichel più cromo, rame più nichel e rame più nichel più cromo.

c) acciaio inossidabile:

**UNI EN 10088-2** – Acciai inossidabili. Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere, dei fogli e dei nastri di acciaio resistente alla corrosione per impieghi generali.

#### 21.10.4 Telai e controtelai

I telai dei serramenti dovranno essere realizzati con profili in lega con taglio termico, con sistema di tenuta (a giunto aperto, a battuta semplice o doppia).

Dai traversi inferiori dei serramenti dovrà essere consentito lo scarico verso l'esterno delle acque meteoriche, evitando reflussi verso l'interno dell'ambiente. Sui traversi dovranno essere presenti opportuni fori di drenaggio in numero e dimensioni sufficienti a garantire l'eliminazione di eventuali condense e infiltrazioni d'acqua dalle sedi dei vetri verso l'esterno.

Tutti i serramenti dovranno essere dotati di coprifili ed eventuali raccordi a davanzale esterno e interno.

I controtelai dovranno essere realizzati in metallo.

#### 21.10.5 Accessori

Tutti gli accessori impiegati per i serramenti devono avere caratteristiche resistenti alla corrosione atmosferica e tali da assicurare al serramento la prescritta resistenza meccanica, la stabilità e la funzionalità per le condizioni d'uso a cui il serramento è destinato.

Gli accessori devono essere compatibili con le superfici con cui devono essere posti a contatto.

#### 21.10.6 Guarnizioni

Le guarnizioni dei serramenti devono garantire le prestazioni di tenuta all'acqua, permeabilità all'aria, isolamento acustico e inoltre devono essere compatibili con i materiali con cui devono venire a contatto.

Le guarnizioni dei giunti apribili devono potere essere facilmente sostituibili e dovranno essere esclusivamente quelle originali.

Norme di riferimento

**UNI EN 12365-1** – Accessori per serramenti. Guarnizioni per porte, finestre, chiusure oscuranti e facciate continue. Parte 1: Requisiti prestazionali e classificazione;

**UNI EN 12365-2** – Accessori per serramenti. Guarnizioni per porte, finestre, chiusure oscuranti e facciate continue. Parte 2: Metodi di prova per determinare la forza di compressione;

**UNI EN 12365-3** – Accessori per serramenti. Guarnizioni per porte, finestre, chiusure oscuranti e facciate continue.

Parte 3: Metodo di prova per determinare il recupero elastico;

**UNI EN 12365-4** – Accessori per serramenti. Guarnizioni per porte, finestre, chiusure oscuranti e facciate continue.  
Parte 4: Metodo di prova per determinare il recupero dopo l'invecchiamento accelerato.

#### 21.10.7 Sigillanti

I sigillanti impiegati nei serramenti devono garantire le prestazioni di tenuta all'acqua, tenuta all'aria, tenuta alla polvere e la realizzazione della continuità elastica nel tempo. Inoltre, devono essere compatibili con i materiali con cui devono venire a contatto.

I sigillanti non devono corrodere le parti metalliche con cui vengono in contatto.

Norme di riferimento

**UNI9610** – Edilizia. Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Requisiti e prove;

**UNI9611** – Edilizia. Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Confezionamento;

**UNI EN 26927** – Edilizia. Prodotti per giunti. Sigillanti. Vocabolario;

**UNI EN 27390** – Edilizia. Sigillanti per giunti. Determinazione della resistenza allo scorrimento;

**UNI EN 28339** – Edilizia. Sigillanti per giunti. Determinazione delle proprietà tensili;

**UNI EN 28340** – Edilizia. Prodotti per giunti. Sigillanti. Determinazione delle proprietà tensili in presenza di trazione prolungata nel tempo;

**UNI EN 28394** – Edilizia. Prodotti per giunti. Determinazione dell'estrudibilità dei sigillanti monocomponenti;

**UNI EN 29048** – Edilizia. Prodotti per giunti. Determinazione dell'estrudibilità dei sigillanti per mezzo di un apparecchio normalizzato.

#### 21.10.8 Caratteristiche dei vetri

I vetri devono rispondere ai requisiti di risparmio energetico, isolamento acustico, controllo della radiazione solare e sicurezza.

La trasmittanza termica non deve essere inferiore a .....  $W/m^2K$ , con un valore di fattore solare ....., con un valore di trasmissione luminosa pari a ....., certificato da un laboratorio ufficiale, in conformità alla norma **UNI EN 410**.

I valori di trasmittanza termica per le principali tipologie di vetri sono quelli previsti dalla norma **UNI EN ISO 1077**.

Le tipologie dei vetri dei serramenti sono quelle indicate qui di seguito.

Tabella : Tipologie dei vetri dei serramenti

Codice identificativo del serramento (riferimento: abaco dei serramenti)	Tipologia del vetro	Caratteristiche	Spessore	Colore	Norme di riferimento

Norme di riferimento

**UNI EN 410** – Vetro per edilizia. Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate;

**UNI EN ISO 10077-1** – Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti. Calcolo della trasmittanza termica. Parte 1: Generalità;

**UNI EN ISO 10077-2** – Prestazione termica di finestre, porte e chiusure. Calcolo della trasmittanza termica. Metodo numerico per i telai.

a) vetri isolanti:

**UNI EN 1279-1** – Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 1: Generalità, tolleranze dimensionali e regole per la descrizione del sistema;

**UNI EN 1279-2** – Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 2: Metodo per la prova di invecchiamento e requisiti per la penetrazione del vapore d'acqua;

**UNI EN 1279-3** – Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 3: Prove d'invecchiamento e requisiti per la velocità di perdita di gas e per le tolleranze di concentrazione del gas;

**UNI EN 1279-4** – Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 4: Metodo di prova per le proprietà fisiche delle sigillatu-

re del bordo;

**UNI EN 1279-5** – *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 5: Valutazione della conformità;*

**UNI EN 1279-6** – *Vetro per edilizia. Vetrate isolanti. Parte 6: Controllo della produzione in fabbrica e prove periodiche.*

b) vetro di silicato sodocalcico:

**UNI EN 572-1** – *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodocalcico. Definizione e proprietà generali fisiche e meccaniche;*

**UNI EN 572-2** – *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodocalcico. Parte 2: Vetro float;*

**UNI EN 572-5** – *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodocalcico. Vetro stampato;*

**UNI EN 572-4** – *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodocalcico. Vetro tirato.*

c) vetro profilato armato e non armato

**UNI EN 572-3** – *Vetro per edilizia. Prodotti di base di vetro di silicati sodocalcico. Parte 3: Vetro lustro armato;*

**UNI EN 572-6** – *Vetro per edilizia. Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico. Parte 6: Vetro stampato armato;*

**UNI EN 572-7** – *Vetro per edilizia. Prodotti a base di vetro di silicato sodocalcico. Vetro profilato armato e non armato.*

d) vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza:

**UNI EN ISO 12543-1** – *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Definizioni e descrizione delle parti componenti;*

**UNI EN ISO 12543-2** – *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato di sicurezza;*

**UNI EN ISO 12543-3** – *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Vetro stratificato;*

**UNI EN ISO 12543-4** – *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Metodi di prova per la durabilità;*

**UNI EN ISO 12543-5** – *Vetro per edilizia, Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Dimensioni e finitura dei bordi;*

**UNI EN ISO 12543-6** – *Vetro per edilizia. Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza. Aspetto.*

e) vetro rivestito:

**UNI EN 1096-1** – *Vetro per edilizia. Vetri rivestiti. Definizione e classificazione;*

**UNI EN 1096-2** – *Vetro per edilizia. Vetri rivestiti. Requisiti e metodi di prova per rivestimenti di classe A, B e S;*

**UNI EN 1096-3** – *Vetro per edilizia. Vetri rivestiti. Requisiti e metodi di prova per rivestimenti di classe C e D;*

**UNI EN 1096-4** – *Vetro per edilizia. Vetri rivestiti. Parte 4: Valutazione della conformità/Norma di prodotto.*

#### 21.10.9 Pannelli

Norme di riferimento

**UNI EN 12086** – *Isolanti termici per edilizia. Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore acqueo;*

**UNI EN 12087** – *Isolanti termici per edilizia. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a lungo termine: prova attraverso immersione;*

**UNI EN 12088** – *Isolanti termici per edilizia. Determinazione dell'assorbimento d'acqua per diffusione per lungo periodo.*

### 21.11 Porte e chiusure resistenti al fuoco

#### 21.11.1 Generalità

Gli elementi di chiusura resistenti al fuoco comprendono:

- porte su perni e su cardini;
- porte scorrevoli orizzontalmente e verticalmente, incluse le porte articolate scorrevoli e le porte sezionali;
- porte a libro in acciaio, monolamiera (non coibentate);
- porte scorrevoli a libro;
- porte basculanti;
- serrande avvolgibili.

Per assicurare la tenuta al fumo le porte tagliafuoco devono essere corredate da guarnizioni etumescenti.

#### 21.11.2 Valutazione delle caratteristiche

La valutazione delle caratteristiche, delle prestazioni, nonché le modalità di redazione del rapporto di prova in forma completa di porte ed elementi di chiusura resistenti al fuoco, si effettua secondo quanto specificato nella norma **UNI EN 1634-1** e, per quanto da essa richiamato, nelle norme **UNI EN 1363-1** e **UNI EN 1363-2**.

La valutazione delle prestazioni, da effettuare tramite la prova a fuoco secondo la curva di riscaldamento prevista dalla **UNI EN 1363-1**, va condotta previo il condizionamento meccanico previsto al punto 10.1.1, comma a), della norma **UNI EN 1634-1**. Il condizionamento meccanico deve essere eseguito secondo quanto descritto nell'allegato A al **D.M. 20 aprile 2001**.

Salvo diversa indicazione dei decreti di prevenzione incendi, la classe di resistenza al fuoco richiesta per porte e altri elementi di chiusura con la terminologia *re* e *rei* è da intendersi, con la nuova classificazione, equivalente rispettivamente a *E* e a *EI2*. Laddove sia prescritto l'impiego di porte e altri elementi di chiusura classificati *E* ed *EI2*, potranno essere utilizzate porte omologate con la classificazione *re* e *rei*, nel rispetto di tutte le condizioni previste dal **D.M. 20 aprile 2001**.

#### 21.11.3 Classificazione delle porte resistenti al fuoco

Il sistema di classificazione adottato per le porte resistenti al fuoco è qui di seguito illustrato.

E	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI <sub>1</sub>	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI <sub>2</sub>	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EW	-	20	30	-	60	-	-	-	-

Il requisito di tenuta *E* è l'attitudine di una porta o altro elemento di chiusura a non lasciar passare né produrre, se sottoposto all'azione dell'incendio su un lato, fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto.

La perdita del requisito *E* si ha al verificarsi di uno dei seguenti fenomeni:

- aperture di fessure passanti superiori a fissate dimensioni (punto 10.4.5.3 della norma **UNI EN 1363-1**);
- accensione di un batuffolo di cotone posto ad una distanza di 30 mm per un massimo di 30 s (punto 10.4.5.2 della norma **UNI EN 1363-1**) su tutta la superficie;
- presenza di fiamma persistente sulla faccia non esposta.

Il requisito di isolamento *I* è l'attitudine di una porta o altro elemento di chiusura a ridurre entro un dato limite la trasmissione del calore dal lato esposto all'incendio al lato non esposto.

La perdita del requisito di tenuta significa anche perdita del requisito di isolamento, sia che il limite specifico di temperatura sia stato superato o meno.

Sono previsti due criteri di isolamento:- isolamento I1;- isolamento I2.

##### Isolamento I1

Si considera che l'elemento in prova perde l'isolamento termico al verificarsi del primo dei seguenti fenomeni:

- l'aumento della temperatura media sulla faccia non esposta supera i 140 °C (punto 9.1.2.2 della norma **UNI EN 1634-1**);
- l'aumento della temperatura su ogni punto dell'anta, con esclusione della zona entro 25 mm dal bordo visibile o foro di passaggio, supera i 180 °C (punto 9.1.2.4 lettera b) della norma **UNI EN 1634-1**);
- l'aumento della temperatura sul telaio supera i 180 °C a una distanza di 100 mm dal foro di passaggio se il telaio è più largo di 100 mm o alla massima distanza possibile se il telaio è inferiore o uguale a 100 mm (punto 9.1.2.3 lettera b) della norma **UNI EN 1634-1**).

##### isolamento i2

Si considera che l'elemento in prova perde l'isolamento termico al verificarsi del primo dei seguenti fenomeni:

- l'aumento della temperatura media sulla faccia non esposta supera i 140 °C (punto 9.1.2.2 della norma **UNI EN 1634-1**);
- l'aumento della temperatura su ogni punto dell'anta, con esclusione della zona entro 100 mm dal bordo visibile o foro di passaggio, supera i 180 °C (punto 9.1.2.3 lettera c) della norma **UNI EN 1634-1**);
- l'aumento della temperatura sul telaio supera i 360 °C a una distanza di 100 mm dal foro di passaggio se il telaio è più largo di 100 mm o alla massima distanza possibile se il telaio è inferiore o uguale a 100 mm (punto 9.1.2.3 lettera b) della norma **UNI EN 1634-1**).

Il requisito di irraggiamento *W* è l'attitudine di una porta o altro elemento di chiusura a resistere all'incendio agente su una sola faccia, riducendo la trasmissione di calore radiante sia ai materiali costituenti la superficie non esposta sia ad altri materiali o a persone a essa adiacenti.

Una porta o altro elemento di chiusura che soddisfa i criteri di isolamento I1 o I2 si ritiene che soddisfi anche il requisito di irraggiamento *W* per lo stesso tempo. La perdita del requisito di tenuta *E* significa automaticamente perdita del requisito di irraggiamento *W*.

#### 21.11.4 Omologazione

Le porte e altri elementi di chiusura da impiegarsi nelle attività soggette alle norme di prevenzione incendi devono essere omologati.

Per *omologazione* si intende l'atto conclusivo attestante il corretto espletamento della procedura tecnico-amministrativa illustrata nel presente decreto, finalizzata al riconoscimento dei requisiti certificati delle porte resistenti al fuoco. Con tale riconoscimento è autorizzata la riproduzione del prototipo e la connessa immissione in commercio di porte resistenti al fuoco omologate, con le variazioni consentite dalla norma **UNI EN 1634-1** nel campo di applicazione diretta del risultato di prova, integrate dalle variazioni riportate nell'allegato C al **D.M. 20 aprile 2001**.

Per *prototipo* si intende il campione, parte del campione medesimo e/o la documentazione idonea alla completa identificazione e caratterizzazione della porta omologata, conservati dal laboratorio che rilascia il certificato di prova.

Per *porta omologata* si intende la porta o altro elemento di chiusura per il quale il produttore ha espletato la procedura di omologazione.

Per *produttore* della porta resistente al fuoco si intende il fabbricante residente in uno dei paesi dell'Unione europea, ovvero in uno dei paesi costituenti l'accordo see, nonché ogni persona che, apponendo il proprio nome, marchio o segno distintivo sulla porta resistente al fuoco, si presenti come rappresentante autorizzato dallo stesso, purché residente in uno dei paesi dell'Unione europea, ovvero in uno dei paesi costituenti l'accordo see.

Per *certificato di prova* si intende il documento, rilasciato dal laboratorio o da un organismo di certificazione, con il quale, sulla base dei risultati contenuti nel rapporto di prova, si certifica la classe di resistenza al fuoco del campione sottoposto a prova.

Per *rapporto di prova* si intende il documento, rilasciato dal laboratorio a seguito della prova, riportante quanto indicato al punto 12 della norma **UNI EN 1634-1** e al punto 12.1 della norma **UNI EN 1363-1**.

L'omologazione decade automaticamente se la porta resistente al fuoco subisce una qualsiasi modifica non prevista nell'atto di omologazione.

#### 21.11.5 Documentazione tecnica che il produttore deve allegare ad ogni fornitura

Il produttore, per ogni fornitura di porte resistenti al fuoco, deve allegare la seguente documentazione tecnica:

- copia dell'atto di omologazione della porta;
- dichiarazione di conformità alla porta omologata;
- libretto di installazione, uso e manutenzione.

##### Dichiarazione di conformità

Per *dichiarazione di conformità* si intende la dichiarazione, rilasciata dal produttore, attestante la conformità della porta resistente al fuoco alla porta omologata e contenente, tra l'altro, i seguenti dati: - nome del produttore; - anno di costruzione; - numero progressivo di matricola; - nominativo del laboratorio e dell'organismo di certificazione se diversi; - codice di omologazione; - classe di resistenza al fuoco.

Con la dichiarazione di conformità, il produttore si impegna a garantire comunque la prestazione certificata, quali che siano le modifiche apportate alla porta resistente al fuoco tra quelle consentite nell'atto di omologazione.

##### Marchio di conformità

Per *marchio di conformità* si intende l'indicazione permanente e indelebile apposta dal produttore sulla porta resistente al fuoco, contenente almeno il numero progressivo di matricola e il codice di omologazione.

Il marchio di conformità deve essere applicato dal produttore sulla porta resistente al fuoco.

##### Libretto di installazione, uso e manutenzione

Per *libretto di installazione, uso e manutenzione* si intende il documento, allegato a ogni singola fornitura di porte resistenti al fuoco, che riporta, come minimo, i seguenti contenuti: - modalità e avvertenze d'uso; - periodicità dei controlli e delle revisioni con frequenza almeno semestrale; - disegni applicativi esplicativi per la corretta installazione, uso e manutenzione della porta; - avvertenze importanti a giudizio del produttore.

#### 21.12 Norme di riferimento

**D.M. 14 dicembre 1993** – *Norme tecniche e procedurali per la classificazione di resistenza al fuoco e omologazione di porte e altri elementi di chiusura;*

**D.M. 27 gennaio 1999** – *Resistenza al fuoco di porte e altri elementi di chiusura. Prove e criteri di classificazione;*

**D.M. 20 aprile 2001** – *Utilizzazione di porte resistenti al fuoco di grandi dimensioni;*

**D.M. 21 giugno 2004** – *Norme tecniche e procedurali per la classificazione di resistenza al fuoco e omologazione di porte e altri elementi di chiusura;*

**UNI EN 1634-1** – *Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi. Parte 1: Prove di resistenza al fuoco per porte e sistemi di chiusura e finestre apribili;*

**UNI EN 1634-3** – *Prove di resistenza al fuoco per porte ed elementi di chiusura. Porte e chiusure a tenuta fumo;*

**UNI EN 1634-3** – *Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi. Parte 3: Prove di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura;*

**UNI EN 1363-1** – *Prove di resistenza al fuoco. Requisiti generali;*

**UNI EN 1363-2** – *Prove di resistenza al fuoco. Procedure alternative e aggiuntive;*

**UNI EN $\nu$  1363-3** – *Prove di resistenza al fuoco. Verifica della prestazione del forno.*

- elementi verniciati:

**UNI8456** – *Prodotti combustibili suscettibili di essere investiti dalla fiamma su entrambe le facce. Reazione al fuoco mediante applicazione di una piccola fiamma;*

**UNI8457** – *Prodotti combustibili suscettibili di essere investiti dalla fiamma su una sola faccia. Reazione al fuoco mediante applicazione di una piccola fiamma;*

**UNI9174** – *Reazione al fuoco dei prodotti sottoposti all'azione di una fiamma d'innescio in presenza di calore radiante;*

**UNI EN ISO 1182** – *Prove di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione. Prova di non combustibilità.*

**Per tutte le Norme Tecniche elencate e/o indicate nel presente capitolo, comprese quelle superate e/o ritirate e sostituite con altre, si dovrà sempre e comunque fare riferimento alle corrispondenti normative tecniche in vigore al momento dei lavori.**

## CAPITOLO 02 NORME GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

### Art. 22 Rilievi, tracciati e capisaldi

#### 22.1 Rilievi

L'esecuzione dei lavori deve essere preceduta dal rilievo planimetrico altimetrico e di dettaglio dello stato di fatto da parte e a spese dell'esecutore e in contraddittorio con la direzione dei lavori. Il rilievo riguarda stutte le aree interessate dai lavori, in atmosfera o in aree subacquee, in ambiente esterno, o in locali emanufatti in sotterraneo quali gallerie o pozzetti.

Il rilievo è necessario per la quantificazione delle opere di scavo a sezione obbligata o di sbancamento e di movimento terra in generale. Prima dell'inizio dei lavori l'impresa dovrà consegnare alla DL il rilievo di dettaglio che dovrà essere accettato. Nel caso in cui l'impresa abbia dato corso ai lavori senza predisposizione di rilievo planoaltimetrico accettato dalla DL, non ha titolo a richiedere la contabilizzazione dei lavori di movimenti terra.

#### 22.2 Tracciati

L'esecuzione delle opere di fondazione deve essere preceduta dal tracciamento sul terreno delle strutture portanti alla quota indicata dal progetto esecutivo.

#### 22.3 Capisaldi di livellazione

Unitamente agli occorrenti disegni di progetto esecutivo, in sede di consegna sarà fornito all'appaltatore l'elenco dei capisaldi di livellazione a cui si dovrà riferire nell'esecuzione dei lavori. La verifica di tali capisaldi dovrà essere effettuata con tempestività, in modo che non oltre sette giorni dalla consegna possano essere segnalate alla direzione dei lavori eventuali difformità riscontrate.

L'appaltatore è responsabile della conservazione dei capisaldi che non può rimuovere senza preventiva autorizzazione del direttore dei lavori

Per tutte le operazioni di livellazione, limitatamente a quanto non indicato espressamente nel presente capitolato, vige l'obbligo di riferirsi al testo intitolato *Guida alla progettazione e all'esecuzione delle livellazioni geometriche* della Commissione geodetica italiana (igm, 1974), che viene a far parte del presente capitolato speciale d'appalto.

Il percorso della livellazione dovrà sempre consentire il controllo delle misure. Se la livellazione ha come scopo la determinazione di quote, la linea da istituire dovrà essere collegata a uno o più capisaldi preesistenti. In tal caso dovrà essere verificato che i dislivelli sui tratti contigui al caposaldo considerato siano rimasti invariati. La scelta del caposaldo da utilizzarsi deve essere comunque autorizzata dalla direzione dei lavori. La fase di segnalizzazione dei capisaldi e quella di misura devono essere separate da un adeguato intervallo di tempo, per consentire ai capisaldi di assumere un assetto stabile.

#### 22.4 Strumentazione

Per tutti i lavori topografici dovranno essere utilizzati teodoliti con approssimazione angolare al secondo centesimale, accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a  $5 \text{ mm} \pm 10 \text{ E} - 6 \cdot \text{D}$  (con D espressa in km). In alternativa, è possibile utilizzare la total station con prestazioni analoghe.

Per quanto riguarda le quote si dovranno utilizzare dei livelli di precisione (autolivelli).

La strumentazione deve essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento.

### Art. 23 Programma esecutivo dei lavori

Entro 7 (sette) giorni dalla data del verbale di consegna, l'appaltatore deve predisporre e consegnare alla direzione lavori un programma esecutivo dei lavori, elaborato in relazione alle proprie tecnologie, alle proprie scelte imprenditoriali e alla propria organizzazione lavorativa.

Tale programma dovrà essere coerente con i tempi contrattuali di ultimazione e deve essere approvato dalla direzione dei lavori, mediante apposizione di un visto, entro cinque giorni dalla data di ricevimento. Trascorso il predetto termine senza che la direzione dei lavori si sia pronunciata, il programma si intenderà accettato, fatte salve evidenti illogicità o indicazioni erronee palesemente incompatibili con il rispetto dei termini di ultimazione.

### Art. 24 Oneri a carico dell'appaltatore. Impianto del cantiere e ordine dei lavori

#### 24.1 Impianto del cantiere

L'appaltatore dovrà provvedere all'impianto del cantiere non oltre il termine di 5 (cinque) giorni dalla data del verbale di consegna dei lavori.

#### 24.2 Vigilanza del cantiere

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e guardia sia diurna che notturna del cantiere, nel rispetto dei provvedimenti antimafia, e la custodia di tutti i materiali, impianti e mezzi d'opera esistenti nello stesso (siano essi di

pertinenza dell'appaltatore, del committente o di altre ditte) nonché delle opere eseguite o in corso di esecuzione.

Ai sensi dell'art. 22 della legge 13 settembre 1982 n. 646, la custodia dei cantieri installati per la realizzazione di opere pubbliche deve essere affidata a persone provviste della qualifica di guardia particolare giurata.

In caso di inosservanza, si incorrerà nelle sanzioni previste dal comma 2 del citato art. 22 della legge n. 646/1982.

Tale vigilanza si intende estesa anche al periodo intercorrente tra l'ultimazione e il collaudo provvisorio dei lavori, salvo l'anticipata consegna delle opere alla stazione appaltante e per le sole opere consegnate.

Sono altresì a carico dell'appaltatore gli oneri per la vigilanza e guardia del cantiere nei periodi di sospensione dei lavori, purché non eccedenti un quarto della durata complessiva prevista per l'esecuzione dei lavori stessi e comunque quando non superino sei mesi complessivi.

Fermo restando l'obbligo della vigilanza nei periodi eccedenti i termini fissati in precedenza, ne verranno riconosciuti i maggiori oneri, sempre che l'appaltatore non richieda e ottenga di essere sciolto dal contratto.

#### 24.3 *Locale ufficio di direzione dei lavori*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di locali uso ufficio (in muratura o prefabbricati) idoneamente rifiniti e forniti dei servizi necessari alla permanenza e al lavoro di ufficio della direzione dei lavori.

Tale ufficio deve essere adeguatamente protetto da dispositivi di allarme e antintrusione, climatizzato, nonché dotato di strumenti (fax, fotocopiatrice, computer, software, ecc).

I locali saranno realizzati nel cantiere o in luogo prossimo, stabilito o accettato dalla direzione dei lavori, la quale disporrà anche il numero degli stessi e le attrezzature di dotazione.

Il locale deve essere idoneamente allacciato alle normali utenze (luce, acqua, fognatura, telefono).

#### 24.4 *Ordine dell'esecuzione dei lavori*

In linea generale, l'appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo a lui più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale purché a giudizio della direzione dei lavori ciò non riesca pregiudizievole alla buona riuscita delle opere e agli interessi della stazione appaltante.

La D.L. ad ogni modo si riserva il diritto di stabilire la precedenza o il differimento di un determinato tipo di lavoro o l'esecuzione entro un congruo termine perentorio senza che l'appaltatore possa rifiutarsi o richiedere particolari compensi. In particolar modo nei lavori idraulici all'interno dei serbatoi, anche durante le fasi di lavoro, l'impresa dovrà assicurare la continuità del servizio di erogazione in rete ed assicurare la igienicità dei locali e delle vasche di accumulo. In tutti questi casi, la disposizione dell'amministrazione costituirà variante al programma dei lavori.

#### 24.5 *Fornitura di notizie statistiche sull'andamento dei lavori*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di notizie statistiche sull'andamento dei lavori per periodi quindicinali a decorrere dal sabato immediatamente successivo alla consegna degli stessi, come di seguito specificato:

- numero degli operai impiegati, distinti nelle varie categorie, per ciascuno dei 15 giorni, con le relative ore lavorative;
- genere di lavoro eseguito nei 15 giorni in cui non si è lavorato e cause relative.

Dette notizie devono pervenire alla direzione dei lavori non oltre il mercoledì immediatamente successivo al termine dei 15 giorni.

#### 24.6 *Cartelli indicatori*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la fornitura di cartelli indicatori e la relativa installazione nel sito o nei siti indicati dalla direzione dei lavori entro cinque giorni dalla data di consegna dei lavori. I cartelloni, delle dimensioni minime di 1 m per 2 m, recheranno impresse a colori indelebili le diciture riportate con le eventuali modifiche e integrazioni necessarie per adattare ai casi specifici.

Nello spazio per l'aggiornamento dei dati devono essere indicate le sospensioni e le interruzioni intervenute nei lavori, le relative motivazioni, le previsioni di ripresa e i nuovi tempi.

Tanto i cartelli quanto le armature di sostegno devono essere eseguiti con materiali di adeguata resistenza meccanica, resistenti agli agenti atmosferici, di decoroso aspetto e mantenuti in ottimo stato fino al collaudo tecnico-amministrativo dei lavori.

Per la mancanza o il cattivo stato del prescritto numero di cartelli indicatori, sarà applicata all'appaltatore una penale di euro **100,00 (Cento/00)**. Sarà, inoltre, applicata una penale giornaliera di euro 100,00 (Cento/00) dal giorno della constatata inadempienza fino a quello dell'apposizione o riparazione del cartello mancante o deteriorato. L'importo delle penali sarà addebitato sul certificato di pagamento in acconto, successivo all'inadempienza.

#### 24.7 *Oneri per le pratiche amministrative*

Sono a carico dell'appaltatore tutti gli oneri e le pratiche per l'acquisizione presso amministrazioni ed enti di permessi, licenze, concessioni, autorizzazioni per attraversamenti, opere di presidio, occupazioni temporanee di suoli pubblici o privati, apertura di cave di prestito, uso di discariche, interruzioni provvisorie di pubblici servizi, attraversamenti, cautelamenti, trasporti speciali nonché le spese a esse relative per tasse, diritti, indennità, canoni, cauzioni, ecc.

In difetto rimane a esclusivo carico dell'appaltatore ogni eventuale multa o contravvenzione nonché il risarcimento degli eventuali danni.

#### 24.8 *Spese allacciamenti*

Sono a carico dell'Appaltatore le spese per gli allacciamenti provvisori, e relativi contributi e diritti, dei servizi di acqua, elettricità, gas, telefono e fognature necessari per il funzionamento del cantiere e l'esecuzione dei lavori, nonché le spese di utenza e consumo relative ai predetti servizi.

#### 24.9 *Personale tecnico di cantiere*

L'appaltatore dovrà assumere un responsabile tecnico di cantiere, diplomato e/o laureato, che dovrà essere messo a disposizione del R.U.P., della Direzione dei lavori e dell'Ufficio di Coordinamento per la elaborazione, verifica e sviluppo degli elaborati tecnico-amministrativi e contabili richiesti dal RUP, D.L. che dal CSE.

L'impresa prima dell'inizio dei lavori dovrà comunicare per iscritto il tecnico designato che dovrà formalmente essere accettato dalla D.L. e comunicato alla stazione appaltante ed al R.U.P.

Il responsabile tecnico di cantiere, insieme al personale reso disponibile dall'appaltatore, provvederanno in cantiere a scattare le foto digitali di tutte le categorie di opere da contabilizzare e rilevare, durante le varie fasi di lavoro, tutte le misure, i pesi e le dimensioni geometriche di tutti i lavori, manufatti, scavi, interferenze, forniture ed elaborare tutti i disegni in formato autocad, da rendere disponibili, per la successiva verifica in contraddittorio al personale dell'Ufficio di Direzione Lavori, per la iscrizione sul libretto delle misure. Qualora il tecnico responsabile di cantiere, o l'impresa in generale, non produce le foto e gli elementi dimensionali atti a computare le categorie d'opera realizzate o presunte tale dovrà dimostrare anche con successive lavorazioni, a suo carico, la consistenza delle categorie d'opera realizzate.

#### 24.10 *Spese per collaudi tecnici*

Sono a carico dell'Appaltatore le spese per i collaudi tecnici prescritti dall'Amministrazione o per legge per le strutture e gli impianti, ivi compresi gli onorari spettanti ai collaudatori designati. Tali oneri vigendo comunque, ove detti onorari non siano stati appositamente previsti ed inseriti, come spese tecniche, tra le norme a disposizione dell'Amministrazione.

#### 24.11 *Spese di collaudazione*

Sono a carico dell'Appaltatore le spese di collaudazione per tutte le indagini, prove e controlli che il Collaudatore o i Collaudatori riterranno opportuno disporre, a loro insindacabile giudizio, e per gli eventuali ripristini.

#### 24.12 *Spese pratiche amministrative e concessioni*

Sono a totale carico dell'appaltatore tutti gli oneri connessi alle richieste, ottenimento e rilascio di autorizzazione, concessioni, permessi, nulla-osta e pareri da parte di enti terzi (Provincia, Comuni, Genio Civile, ANAS, ENEL, TELECOM, ecc..) interessati dalle opere in progetto anche in caso di assenti già rilasciati dagli stessi enti sul progetto esecutivo in sede di approvazione dello stesso. Tali oneri comprendono: i rilievi topografici funzionali, i picchettamenti, i tracciamenti esecutivi, la documentazione fotografica di dettaglio, la documentazione grafica di corredo completa di particolari ed esecutivi, la notifica degli atti agli enti interessati, la produzione delle eventuali integrazioni richieste fino al perfezionamento finale dell'iter burografico. Rimangono esclusi, perché a carico esclusivo dell'Ente appaltante, i pagamenti di diritti, tasse, concessioni connessi al rilascio richieste avanzate agli enti interessati.

Per i ritardi connessi all'acquisizione delle suddette autorizzazioni, concessioni, permessi, nulla osta e pareri, l'appaltatore non potrà richiedere compensi aggiuntivi o avanzare riserve per eventuali danni connessi al rallentamento produttivo e/o a eventuali fermi temporanei di manodopera ed attrezzature. Qualora il ritardo ecceda i 30 giorni, su richiesta motivata dell'appaltatore, l'Amministrazione potrà procedere alla novazione della scadenza contrattuale ma esclusivamente per il numero di giorni eccedenti i primi trenta. Per effetto di tale novazione dei tempi contrattuali l'Appaltatore non potrà richiedere il riconoscimento di danni, maggiori compensi o eventuali oneri accessori.

#### 24.13 *Provvedimenti per mantenimento in esercizio degli impianti*

L'appaltatore dovrà provvedere, per tutti gli interventi da eseguirsi sui manufatti esistenti componenti il sistema idrico cittadino (serbatoi, sollevamenti, ecc..) e che interferiscono con le opere oggetto di intervento, a realizzare le necessarie opere di by-pass provvisori e quant'altro necessario onde limitare al massimo i tempi di interruzione del servizio di erogazione idrica. Quando le opere provvisorie fossero tali da turbare il regolare svolgimento delle attività dell'impianto, prima di iniziare i lavori stessi, dovranno essere presi gli opportuni accordi in merito con la Direzione dei Lavori e con l'Ente Gestore. Nei casi di urgenza, però, l'appaltatore ha espresso obbligo di prendere ogni misura, anche di carattere eccezionale, per salvaguardare l'esercizio degli impianti e/o la sicurezza pubblica, avvertendo immediatamente di ciò la Direzione dei Lavori.

Inoltre per le opere che eventualmente interferiscono con la viabilità stradale, l'appaltatore dovrà provvedere ad assicurare sbarramenti o segnalazioni in corrispondenza dei lavori, di interruzioni o di ingombri, sia in sede stradale che fuori, da attuarsi con i dispositivi prescritti dal "Nuovo Codice della Strada".

Dovrà, altresì, provvedere ai ripari ed alle armature degli scavi, ed in genere a tutte le operazioni provvisorie necessarie alla sicurezza degli addetti ai lavori e dei terzi.

Tali provvedimenti devono essere presi sempre ad esclusiva cura ed iniziativa dell'appaltatore, ritenendosi impliciti

negli ordini di esecuzione dei singoli lavori.

L'appaltatore non avrà mai diritto a compensi addizionali ai prezzi di contratto qualunque siano le condizioni effettive nelle quali debbano eseguirsi i lavori, né potrà valere titolo di compenso ed indennizzo per non concessa interruzione del servizio idrico o per non concessa interruzione di una strada o tratto di strada al passaggio dei veicoli.

L'Appaltatore, in relazione alla particolare natura delle opere, dovrà articolare e sviluppare i lavori in modo da garantire per tutta la loro durata, la continuità del servizio di adduzione, accumulo e distribuzione idrica alla rete cittadina.

A tal fine l'inizio dei lavori su un serbatoio non potrà avvenire se non dopo che l'Appaltatore abbia completato gli interventi e riattivato in servizio il serbatoio precedentemente interessato dalle attività.

La contemporaneità di intervento su più serbatoi potrà essere autorizzata dal Direttore dei Lavori, sentito il parere dell'Amministrazione Appaltante, o quando si tratti di serbatoi già disattivati o fuori esercizio all'atto della consegna.

#### 24.14 Osservanza di leggi e norme tecniche

L'esecuzione dei lavori in appalto nel suo complesso è regolata dal presente capitolato speciale d'appalto e, per quanto non in contrasto con esso o in esso non previsto e/o specificato, valgono le norme, le disposizioni e i regolamenti appresso richiamati e tutte le successive modifiche ed integrazioni intervenute per legge.

Testo unico edilizia

**D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380** – *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.*

Norme tecniche strutturali

**Legge 5 novembre 1971, n. 1086** – *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica;*

**Legge 2 febbraio 1974, n. 64** – *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;*

**C.M. 9 gennaio 1980, n. 20049** – *Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato;*

**D.M. 20 novembre 1987** – *Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento;*

**D.M. 11 marzo 1988** – *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*

**C.M. 24 settembre 1988, n. 30483** – *Legge 2 febbraio 1974, n. 64, art. 1. D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione;*

**C.M. 4 gennaio 1989, n. 30787** – *Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo degli edifici in muratura e per il consolidamento;*

**C.M. 16 marzo 1989, n. 31104** – *Legge 2 febbraio 1974, n. 64, art. 1. Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;*

**D.M. 9 gennaio 1996** – *Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;*

**D.M. 16 gennaio 1996** – *Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;*

**D.M. 16 gennaio 1996** – *Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;*

**C.M. 4 luglio 1996, n. 156 aa.gg/stc** – *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi, di cui al D.M. 16 gennaio 1996;*

**C.M. 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.** – *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 9 gennaio 1996;*

**C.M. 29 ottobre 1996** – *Istruzioni generali per la redazione dei progetti di restauro nei beni architettonici di valore storico-artistico in zona sismica;*

**C.M. 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.** – *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche, di cui al D.M. 16 gennaio 1996;*

**C.M. 14 dicembre 1999, n. 346/STC** – *Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20. Concessione ai laboratori per prove sui materiali da costruzione;*

**Ord. P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274** – *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;*

**D.M. 14 settembre 2005** – *Norme tecniche per le costruzioni*;

**D.M. 17 gennaio 2018** – *Approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni*;

**D.M. 6 maggio 2008** – *Integrazione al decreto 14 gennaio 2008 di approvazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni*.

Prodotti da costruzione

**D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246** – *Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/cee relativa ai prodotti da costruzione*;

**D.M. 9 maggio 2003, n. 156** – *Criteri e modalità per il rilascio dell'abilitazione degli organismi di certificazione, ispezione e prova nel settore dei prodotti da costruzione, ai sensi dell'articolo 9, comma 2, del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Isolanti termici per edilizia»*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Accessori per serramenti»*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità dei «Sistemi fissi di estinzione incendi. Sistemi equipaggiati con tubazioni»*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Sistemi per il controllo di fumo e calore»*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità dei «Sistemi di rivelazione e di segnalazione d'incendio»*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità delle «Installazioni fisse antincendio»*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di «Sistemi fissi di lotta contro l'incendio. Sistemi a polvere»*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità per gli «Impianti fissi antincendio. Componenti per sistemi a CO<sub>2</sub>»*;

**D.M. 5 marzo 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/cee sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità per i «Sistemi fissi di lotta contro l'incendio. Componenti di impianti di estinzione a gas»*;

**D.M. 11 aprile 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/ce sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati*;

**D.M. 11 aprile 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/ce sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di appoggi strutturali*;

**D.M. 11 aprile 2007** – *Applicazione della direttiva n. 89/106/ce sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, relativa alla individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di geotessili e prodotti affini*.

Prevenzione incendi

**D.M. 15 settembre 2005** – *Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per i vani degli impianti di sollevamento ubicati nelle attività soggette ai controlli di prevenzione incendi*;

**D.M. 16 febbraio 2007** – *Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione*;

**D.M. 9 marzo 2007** – *Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco*.

Impianti all'interno degli edifici

**Legge 5 marzo 1990, n. 46** – *Norme per la sicurezza degli impianti*;

**D.M. 22 gennaio 2008, n. 37** – Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici;

**C.M. 27 febbraio 2007, n. 11411** – Utilizzazione di raccordi a pressione in reti di adduzione di gas negli edifici civili.

Rendimento energetico nell'edilizia

**D.M. 27 luglio 2005** – Norma concernente il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (articolo 4, commi 1 e 2), recante norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia;

**D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192** – Attuazione della direttiva 2002/91/ce, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

**D.Lgs. 29 dicembre 2006, n. 311** – Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo n. 192 del 2005, recante attuazione della direttiva 2002/91/ce, relativa al rendimento energetico nell'edilizia;

**D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59** – Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/ce sul rendimento energetico in edilizia.

Barriere architettoniche

**Legge 9 gennaio 1989, n. 13** – Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati;

**D.M. 14 giugno 1989, n. 236** – Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche;

**D.P.R. 24 luglio 1996, n. 503** – Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche, negli edifici, spazi e servizi pubblici.

Espropriazione per pubblica utilità

**D.P.R. 8 giugno 2001, n. 327** – Testo unico sulle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazioni per pubblica utilità.

Rifiuti e ambiente

**D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22** – Attuazione delle direttive 91/156/cee sui rifiuti, 91/689/cee sui rifiuti pericolosi e 94/62/ce sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio;

**D.M. 8 maggio 2003, n. 203** – Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo;

**D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152** – Norme in materia ambientale;

**Legge 28 gennaio 2009, n. 2** – Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 29 novembre 2008, n. 185, recante misure urgenti per il sostegno a famiglie, lavoro, occupazione e impresa e per ridisegnare in funzione anti-crisi il quadro strategico nazionale.

Acque

**D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152** – Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/cee concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/cee relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Beni culturali e del paesaggio

**D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42** – Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137.

Nuovo codice della strada

**D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285** – Nuovo codice della strada.

Contratti pubblici

**D.M. 19 aprile 2000, n. 145** – Regolamento recante il capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni;

**Legge 21 dicembre 2001, n. 443** – Delega al governo in materia di infrastrutture e insediamenti produttivi strategici e altri interventi per il rilancio delle attività produttive;

**D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163** – Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/ce e 2004/18/ce;

**D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207** – Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/ce e 2004/18/ce».

Sicurezza nei luoghi di lavoro

**D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81** – Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

#### Art. 25 Integrazione del piano di manutenzione dell'opera

Il direttore dei lavori deve raccogliere in un fascicolo i documenti progettuali più significativi, la dichiarazione di conformità predetta (ed eventuali schede dei prodotti) nonché le istruzioni per la manutenzione ai fini dell'integrazione o dell'aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.

In riferimento al comma precedente, l'esecutore è obbligato a trasmettere al direttore dei lavori le istruzioni e/o le schede tecniche di manutenzione e di uso rilasciate dal produttore dei materiali o degli impianti tecnologici installati.

#### Art. 26 Azioni e carichi sulle opere e costruzioni in genere

Generalità

Il calcolo di progetto o di verifica strutturale delle opere dovrà essere condotto tenendo conto sia delle *azioni principali* che potranno influire sulle stesse, sia di quelle *complementari*. I criteri generali di verifica dovranno comunque rispettare le disposizioni di cui al Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e s.m.i. e le Nuove Norme Sismiche per il Calcolo strutturale NTC 2018 approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.

##### 26.1 Azioni principali

Saranno costituite dai carichi permanenti, dai carichi di esercizio nonché eventualmente da neve, spinta delle terre, effetti dinamici ed effetti da coazioni impresse.

##### 26.2 Azioni complementari

Saranno costituite dal vento, dalle variazioni termiche, dal ritiro, dai fenomeni viscosi nonché eventualmente da imperfezioni dei vincoli e difetti di montaggio.

##### 26.3 CARICHI PERMANENTI

I carichi permanenti agenti sulle opere e costruzioni in genere saranno determinati con analisi dettagliata dei materiali componenti le strutture e le sovrastrutture (con specifica degli spessori e delle masse per unità di volume) e dei sovraccarichi permanenti (effettivi, presuntivi o da ripartizione). Nel caso delle tubazioni, la massa per unità di volume dei materiali costituenti il rinterro dovrà essere assunta non inferiore a 2000 kg/m<sup>3</sup>.

##### 26.4 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

TAB. IV - 1 – Carichi di esercizio per costruzioni edilizie

N.	STRUTTURE E LOCALI	CARICHI
1	Tetti e terrazze impraticabili - Pensiline	2,00 kN/m <sup>2</sup>
2	Locali per uffici e relativi terrazzi praticabili	3,00 "
3	Locali suscettibili di affollamento	4,00 "
4	Rimesse per autovetture fino a 2,5 tonnellate	2,50 "
5	Locali suscettibili di grande affollamento	5,00 "
6	Balconi, scale e ballatoi	5,00 "
7	Archivi (secondo i casi) - Minimo	6,00 "
8	Locali per centrali idriche (secondo i casi) - Minimo	6,00 "

Dovranno essere conformi, per le più comuni strutture, ai valori riportati nella Tabella IV-1 (comprensivi degli effetti dinamici).

I parapetti saranno calcolati in base ad una spinta orizzontale sul corrimano non inferiore a 1,50 kN, con maggiorazioni fino a 2,50 kN in casi particolari. Le tubazioni destinate ad essere posate sotto pavimentazione stradale dovranno essere calcolate per sopportare

dei sovraccarichi fissi e/o mobili da valutarsi con i criteri di cui al punto 4.3. della UNI7517 od equivalenti.

#### Art. 27 Strutture, opere ed impianti in generale modalità di studio, progettazione ed esecuzione

Generalità

All'atto della consegna dei lavori l'Appaltatore dovrà prendere visione del progetto delle opere e delle strutture in particolare, nonché degli eventuali esecutivi di dettaglio e dovrà esaminare e valutare in tutti gli aspetti, i metodi ed i procedimenti costruttivi prescritti in progetto. Quanto ai metodi ed ai procedimenti non prescritti la scelta spetterà all'Appaltatore, salvo l'approvazione della Direzione Lavori, che deciderà in via definitiva dopo aver esaminato la proposta e la documentazione presentategli.

L'Appaltatore sarà tenuto a verificare la stabilità, l'efficienza ed il dimensionamento (anche sotto il profilo idraulico) di tutte le opere e strutture, dei procedimenti provvisori, degli scavi liberi ed armati, delle strutture di sostegno rigide e flessibili, dei rilevati ed argini, degli effetti di falda, ecc., e ciò anche nei riguardi dei manufatti esistenti in prossimità dell'opera in costruzione. In ogni caso, qualsiasi variante proposta dall'Appaltatore stesso alle caratteristiche costruttive ed ai metodi esecutivi, che rientrano nell'ambito della discrezionalità della Direzione ai sensi del Regolamento, dovrà essere giustificata e documentata tecnicamente mediante uno specifico studio.

Sono a carico dell'appaltatore la calcolazione di tutti gli impianti compresi nell'appalto e la relativa progettazione esecutiva, ove non inserita in progetto, compresa ogni incombenza e spesa per denunce, approvazioni, licenze, collaudi, omologazioni ecc., nonché tutti i disegni di dettaglio.

## 27.1 Strutture ed opere in fondazione - condotte

### Studio e progetto delle opere

Effettuate le indagini necessarie, l'Appaltatore sarà tenuto a studiare e predisporre il dimensionamento esecutivo delle strutture in fondazione ed a proporre, nel contempo, tutti gli accorgimenti ed interventi connessi alla migliore stabilità delle stesse e delle opere ad esse correlate. Se non diversamente disposto pertanto, gli eventuali calcoli esecutivi di progetto relativi alle strutture ed opere in fondazione dovranno intendersi come di massima e l'Appaltatore, alla luce degli accertamenti effettuati, dovrà curarne la relativa verifica proponendo, ove necessario, le opportune modifiche ed integrazioni. Dovranno comunque essere rispettate, per quanto non abrogato o modificato, le "Norme per il progetto, esecuzione e collaudo delle opere di fondazione" emanate con Circolare Ministero LL. PP. 6 novembre 1967, n. 3797 nonché specificatamente le "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" approvate con D.M. 11 marzo 1988, nonché le relative "Istruzioni" diramate con Circolari Min. LL.PP. 24 settembre 1988, n. 30483 e 9 gennaio 1996, n. 218/24/3..

### Stabilità e cedimenti del terreno di fondazione

La stabilità del terreno sotto l'azione delle forze trasmesse dalla fondazione dovrà essere verificata secondo i metodi ed i procedimenti della meccanica dei terreni (Geotecnica), tenendo conto dei risultati acquisiti con le indagini svolte.

Dovrà pertanto essere determinato il *carico limite* del complesso terreno-fondazione (carico oltre il quale il diagramma cedimenti-carichi presenta un andamento quasi parallelo all'asse dei cedimenti) oppure il carico massimo effettivamente applicato senza raggiungere il valore di rottura, dai quali dovrà dedursi il carico di sicurezza con l'introduzione di un adeguato coefficiente.

Il *calcolo dei cedimenti* (assoluti o differenziali), del piano di appoggio della fondazione, conseguenti alle deformazioni del terreno per effetto dei carichi ad esso trasmessi, dovrà essere eseguito qualora si fosse accertata la presenza di strati molto compressibili, inoltre quando fossero imposti determinati limiti ai cedimenti in dipendenza della funzione alla quale l'opera è destinata. Il calcolo dei cedimenti verrà svolto secondo i metodi ed i procedimenti della Geotecnica.

### Stabilità e resistenza delle condotte

Il calcolo statico delle tubazioni costituenti le condotte dovrà essere eseguito considerando le massime sollecitazioni cui saranno sottoposte le pareti dei manufatti nelle condizioni più onerose di esercizio e di prova. Le sollecitazioni dovute alla pressione interna (o depressione), alle variazioni termiche, al carico dinamico dell'acqua ed al peso proprio saranno determinate con i metodi ordinari della scienza delle costruzioni. In particolare, per le condotte metalliche in pressione, dovranno essere rispettate le prescrizioni della norma di unificazione UNI1285.

La stabilità delle condotte sotto l'azione dei carichi dovuti al rinterro e dei sovraccarichi esterni dovrà essere verificata con l'osservanza dei principi generali di calcolo dei carichi ovalizzanti. Per i tubi rigidi e semirigidi si farà in particolare riferimento alla seguente norma di unificazione:

**UNI7517** - Guida alla scelta della classe dei tubi per condotte di fibro-cemento sottoposte a carichi esterni e funzionanti con o senza pressione interna (N.R.).

Per i tubi in ghisa sferoidale (GS) si farà riferimento al progetto di norme americane ANSI/AWWA C 151 A/21.51.81. "Thickness design ductile iron pipe" (1) ed all'Appendice F della norma UNI EN545. Per i tubi flessibili alle equazioni di Marston, Spangler, Luscher e Hoeg o equazioni equivalenti.

La verifica contro i pericoli di schiacciamento dovrà sempre venire effettuata, qualunque fosse il materiale costituente la condotta, per i tubi di grande diametro e/o rapporti diametro/spessore sensibilmente elevati.

## 27.2 Strutture ed opere in elevazione - impianti

### Studio e progetto delle strutture

Preso cognizione di tutti i fattori di sollecitazione interni ed esterni che influiscono sulle opere, analogamente a quanto effettuato per quelle in fondazione, l'Appaltatore sarà tenuto a studiare ed a predisporre il calcolo ed il dimensionamento esecutivo di tutte le strutture in elevazione, alle prime strettamente correlate ed unitamente alle quali costituiranno un unico progetto strutturale da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori. Qualora il progetto fosse già corredato di calcoli ed esecutivi di dimensionamento strutturale, l'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire la relativa verifica proponendone, se del caso, le relative varianti e sottoponendoli alla propria firma ed a quella di un Ingegnere od Architetto di propria fiducia .

Dovranno comunque essere rispettate, in ordine ai tempi di emanazione, le norme tecniche di cui ai Decreti previsti all'art. 1 della Legge 2 febbraio 1974, n. 64 e s.m.i.

## Studio e progetto degli impianti

Tutti gli impianti da installare nelle opere in appalto dovranno essere adeguatamente calcolati o verificati a cura dell'Appaltatore e tradotti in esecutivi particolareggiati da sottoporre all'approvazione della Direzione. I calcoli dovranno essere condotti nel rispetto della normativa vigente per i rispettivi settori, e unitamente agli esecutivi, saranno corredati da visti, nulla-osta o licenze eventualmente previsti da leggi o regolamenti.

L'Appaltatore dovrà predisporre nelle murature tutti i necessari fori, incavi, ecc. per il passaggio di tubi e canalizzazioni di qualsiasi genere, e ciò anche nel caso che gli impianti, in tutto od in parte, fossero scorporati. In questo caso l'Appaltatore dovrà richiedere per iscritto tempestivamente alla Direzione Lavori l'ubicazione di ogni passaggio ed alloggiamento restando obbligato, in difetto, oltre che ad effettuare in ogni caso tali lavori, a provvedere a propria cura e spese alla riparazione di tutti i danni che da tale negligenza potessero derivare.

## Art. 28 Opere di acquedotto

### 28.1 Osservanza del Capitolato e delle norme e disposizioni vigenti

Le opere di acquedotto dovranno essere studiate ed eseguite con la scrupolosa osservanza delle prescrizioni del presente Capitolato nonché delle norme e disposizioni al riguardo emanate (e vigenti) da parte dei Ministeri, Assessorati, Enti od Autorità in genere competenti in materia o comunque interessate. In particolare si richiamano le Circolari 22 dicembre 1964 n. 231 e 21 novembre 1970 n. 190 del Ministero della Sanità nonché la Delibera 4 febbraio 1977 del Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento.

Si richiama altresì il DM. 12 dicembre 1985 (*Norme tecniche relative alle tubazioni*) con le relative istruzioni diffuse con Circolare Min. LL.PP. 20 marzo 1986, n. 27291.

### 28.2 Progetto delle opere

Qualora il progetto da realizzare non risultasse sufficientemente sviluppato in forma esecutiva, e comunque su specifica richiesta della Direzione Lavori, a norma di quanto in generale prescritto dal presente Capitolato, l'Appaltatore sarà tenuto a presentare, nel termine massimo stabilito dalla stessa Direzione, ed in ogni caso non meno di 30 giorni prima della posa delle tubazioni, il progetto esecutivo delle opere, in doppia copia, redatto da un ingegnere e da altro tecnico competente ed abilitato nel ramo.

Gli elaborati di progetto, che dovranno essere firmati dal professionista redattore e dall'Appaltatore, comprenderanno di norma (salvo diversa e più estesa indicazione):

- a) - La relazione illustrativa;
- b) - Il calcolo dettagliato delle portate delle tubazioni, correlato ai fabbisogni richiesti o necessari, ed il calcolo dei relativi diametri;
- c) - Il calcolo del dimensionamento strutturale dei manufatti, in rapporto alle pressioni di lavoro ed alle condizioni di posa;
- d) - Lo studio della funzionalità completa delle condotte con riferimento agli organi di intercettazione e comando, di sfiato, di scarico, di protezione, ecc. e delle relative opere d'arte;
- e) - La rappresentazione schematica per simboli delle condotte da realizzare e la distinta dettagliata e completa dei materiali (tubi, pezzi speciali, apparecchi, ecc.) da impiegare.

Qualora dagli allegati di contratto non dovesse risultare l'esatta posizione degli apparecchi, delle derivazioni, ecc. od in generale non dovesse risultare sufficientemente chiara l'articolazione funzionale dei vari elementi dell'impianto, al fine della migliore definizione del progetto o delle verifiche, l'Appaltatore sarà tenuto a richiedere alla Direzione Lavori, per iscritto, precise indicazioni rimanendo obbligato, in difetto, ad operare le occorrenti modifiche, a propria cura e spese, ed a risarcire eventuali danni conseguenti.

### 28.3 Campionatura

Unitamente alla presentazione del progetto, e comunque su richiesta della Direzione Lavori, l'Appaltatore sarà tenuto a produrre ed a depositare, negli appositi locali all'uopo designati, la campionatura di tutti i vari elementi componenti la parte impiantistica delle opere da realizzare (tubazioni, raccordi, apparecchiature di manovra, apparecchi speciali, ecc.) compresi i relativi accessori, per la preventiva accettazione da parte della stessa Direzione e per i controlli che saranno ritenuti più opportuni.

Resta stabilito in ogni caso, come più volte annotato nel corso del presente testo, che l'accettazione dei campioni da parte della Direzione non pregiudica, in alcun modo, i diritti che l'Amministrazione si riserva in sede di collaudo.

### 28.4 Tubazioni - Prove idrauliche e verifiche varie - Verbali

I tubi da impiegare per l'esecuzione delle condotte, nei tipi prescritti, dovranno possedere i requisiti riportati nelle relative norme di accettazione, o diversamente indicati, e saranno posti in opera con le modalità di cui al presente capitolato.

Le prove idrauliche delle tubazioni dovranno essere effettuate prima dell'applicazione degli apparecchi e della chiusura dei cavi. Le pressioni di prova dovranno essere, non inferiori a 1,5÷2 volte quelle di esercizio per le basse pressioni

(inferiori a 10 bar) e superiori di almeno 10 bar (i) per le alte pressioni. Le verifiche dovranno accertare l'esatto montaggio di tutti gli apparecchi, raccordi accessori, ecc.. la perfetta tenuta delle giunzioni e delle guarnizioni, il regolare funzionamento di ogni elemento e la completa corrispondenza con le caratteristiche di prestazione richieste.

Di ogni prova o verifica eseguita dalla Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, verranno redatti regolari verbali.

#### DEFINIZIONI

Ai fini della presente normativa, ed in accordo al punto 1.2. della D.C.M. 4 febbraio 1977, nella trattazione delle opere di acquedotto verranno adottate le seguenti definizioni:

- a) - Per *acquedotto* si intenderà il complesso degli impianti di attingimento, di trattamento, di trasporto e di distribuzione;
- b) - Per *impianto di attingimento* si intenderà il complesso delle opere occorrenti per la raccolta, la regolazione, e la derivazione di acque sotterranee o superficiali;
- c) - Per *impianto di trattamento* si intenderà il complesso delle opere occorrenti per conferire alle acque attinte le particolari caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche richieste dalla loro destinazione;
- d) - Per *impianto di trasporto* si intenderà il complesso delle opere occorrenti per convogliare le acque dagli impianti di attingimento agli impianti di distribuzione;
- e) - Per *impianto di distribuzione* si intenderà il complesso dei serbatoi, della rete di distribuzione e delle relative diramazioni fino al punto di consegna agli utenti.

#### 28.5 Norme generali di installazione

Qualora il progetto delle opere in appalto non fosse completamente definito nei particolari costruttivi, sicchè tale onere fosse devoluto all'Appaltatore a norma del presente articolo, nella progettazione e nell'installazione degli impianti, dovrà tenersi conto degli indirizzi e delle norme generali di cui ai punti che seguono.

#### 28.6 Impianti di attingimento

a) - *Opere di captazione delle sorgenti*: Le opere penetreranno, per quanto possibile nella formazione costituente l'acquifero principale mediante gallerie o pozzi. I tratti di galleria ispezionabile, con alimentazione laterale, saranno provvisti di canale collettore destinato alla raccolta ed al convogliamento dell'acqua captata; le acque intercettate, ma non destinate alla utilizzazione, nonchè quelle provenienti dall'esterno, dovranno essere accuratamente separate ed allontanate. Allo sbocco delle opere di *presa* sarà di *norma* disposta una vasca di raccolta contenuta in un manufatto chiuso, di dimensioni tali da consentire la decantazione di eventuali sostanze solide, facilmente ispezionabile. La vasca sarà divisa in due o più scomparti, ciascuno munito di scarico di fondo e di troppopieno, e sarà accuratamente impermeabilizzata.

b) - *Opere di captazione da falde*: Le perforazioni saranno eseguite in modo da evitare la comunicazione tra falde diverse, provvedendo tra l'altro alla cementazione delle falde non interessate alla utilizzazione. La testata dei pozzi sarà a quota superiore a quella del piano di calpestio, sarà chiusa ed alloggiata in apposita cabina, nella quale avrà sede l'eventuale impianto di sollevamento. La chiusura della testata sarà provvista di organo di aerazione.

c) - *Opere di captazione da acque superficiali*: L'opera di presa sarà disposta a distanza dal fondo dell'invaso naturale tale da evitare apprezzabili azioni di richiamo di torbidità o vegetazione ed a distanza dalla superficie tale che, anche nelle condizioni di massimo svaso, si abbiano limitate escursioni delle caratteristiche termiche e biologiche. L'opera di presa sarà di norma provvista di luci regolabili a quota diversa, specie nel caso di prevedibili escursioni del livello di acqua. La zona sarà opportunamente delimitata con galleggianti od altre apparecchiature di segnalazione.

#### 28.7 Impianti di trattamento

Gli impianti funzionanti in continuità dovranno essere realizzati in due o più unità operatrici gemelle, salvo quelli per i quali fosse previsto un numero limitato di ore di funzionamento giornaliero; in ogni caso dovrà essere prevista una capacità di compenso e di riserva dell'acqua trattata.

Gli impianti dovranno comprendere adeguate opere di raccolta e di smaltimento dei prodotti di rifiuto del trattamento (fanghi di sedimentazione, acque di lavaggio dei filtri, ecc., salamoia ed altre soluzioni rigeneratrici), opere effettuate nel rispetto delle norme emanate e vigenti all'atto dell'esecuzione. Dovranno inoltre essere dotati di strumenti di misura e di controllo, possibilmente registratori, del funzionamento di tutte le unità operatrici in tutte le fasi del trattamento. Queste dovranno essere munite di dispositivi di sicurezza e di allarme di fuori esercizio, avaria o funzionamento anomalo, onde consentire gli immediati interventi.

#### 28.8 Impianti di trasporto

Avranno sede in terreni la cui stabilità dovrà essere accertata mediante indagini di dettaglio ed una profondità di posa fissata anche in rapporto alle caratteristiche climatiche della zona. Il tracciato dei condotti si dovrà comunque sviluppare il più possibile all'esterno di zone interessate da insediamenti civili o produttivi e dalle relative reti di scarico e dovrà ricadere lontano da aree soggette a deposito o scarichi suscettibili di inquinamento.

I dispositivi di regolazione, di intercettazione, di sfiato, di scarico e di misura, disposti in asse od in deviazione rispetto al condotto, dovranno essere sistemati in appositi pozzetti. L'immissione delle acque di scarico nel ricettore dovrà

essere effettuata tramite apposita intercettazione idraulica a sifone.

## 28.9 Impianti di distribuzione

a) - *Serbatoi*: Dovranno essere protetti dall'esterno mediante idonea intercapedine ispezionabile (munita di apposita cunetta di raccolta e di allontanamento delle acque di infiltrazione) o, in subordine, avere le pareti esterne perfettamente impermeabilizzate e fornite di un sistema verticale di drenaggio che consenta anche di rilevare eventuali perdite.

Ogni vasca sarà dotata di scarico di fondo e di scarico di superficie. Le acque di scarico e di sfioro dovranno confluire in appositi pozzetti i cui scarichi saranno muniti di chiusura idraulica. L'accesso alle vasche dovrà avvenire attraverso la camera di manovra o l'intercapedine. Le porte di accesso dovranno essere a tenuta e non aprirsi verso le vasche.

Le vasche non dovranno essere fornite di luci aperte direttamente all'esterno, nè dovranno avere aperture di accesso superiori. I dispositivi di aerazione dovranno aprirsi verso le camere di manovra ed essere protetti contro il passaggio di organismi viventi o polveri. La copertura sarà perfettamente impermeabilizzata e dotata di sistema di smaltimento delle acque pluviali; inoltre sarà termocoibentata ovvero coperta con strato di terreno di idoneo spessore, che potrà essere coltivato esclusivamente a prato.

b) - *Reti di distribuzione*: Potranno essere realizzate a maglie chiuse od a ramificazione, secondo prescrizione; di norma, saranno a maglie chiuse nei tronchi principali ed a ramificazione in quelli secondari. In ogni caso in tutti i punti delle reti la quota piezometrica dovrà essere adeguatamente superiore alla quota del terreno, anche nelle condizioni di esercizio più gravose.

Gli scarichi delle condotte dovranno avvenire in apposito pozzetto provvisto di intercettatore idraulico. Le diramazioni agli utenti dovranno essere munite di apparecchiatura automatica atta ad impedire il ritorno dell'acqua.

## Art. 29 Opere di fognatura

### 29.1 Osservanza del Capitolato e delle norme a disposizioni vigenti

Le opere di fognatura dovranno essere realizzate nel rispetto delle previsioni progettuali e di contratto nonché con l'osservanza delle disposizioni e prescrizioni ufficiali e vigenti all'atto dell'esecuzione e delle norme di regolamento locale. Sarà tenuto conto in particolare delle "Norme tecniche generali per la regolamentazione dell'installazione e dell'esercizio degli impianti di fognatura e depurazione" di cui all'Allegato 4 della Delibera 4 febbraio 1977 dello stesso Comitato, nonché del D. Leg.vo 11 maggio 1999, n. 152 avente per oggetto le "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/ CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane...", Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale"

Saranno a carico dell'Appaltatore tutti gli adempimenti, gli oneri e le spese derivanti dai rapporti con le Autorità locali (per le pratiche di allacciamento, per le autorizzazioni, ecc. nonché per le visite ed i controlli eventualmente disposti) come pure saranno a carico dello stesso l'assunzione di tutte le informazioni relative a detti adempimenti ed in genere gli oneri previsti dal presente Capitolato.

### 29.2 Progetto delle opere

A norma di quanto in generale prescritto del presente testo, l'Appaltatore sarà tenuto a presentare, non meno di 30 giorni prima della posa delle canalizzazioni, il progetto esecutivo delle opere, in doppia copia, redatto da un Ingegnere o da un Perito competente nel ramo.

Gli elaborati di progetto, che dovranno essere firmati dal professionista redattore e dall'Appaltatore, comprenderanno di norma (salvo diversa o più estesa indicazione):

- a) - La relazione illustrativa;
- b) - Il calcolo dettagliato delle portate delle tubazioni e/o dei condotti di vario tipo e la verifica dei relativi diametri o sezioni in rapporto anche alle velocità limite più avanti prescritte;
- c) - I disegni particolareggiati, eseguiti a scala opportuna, con una chiara rappresentazione grafica di ogni dettaglio esecutivo.

Qualora dagli allegati di contratto non dovesse risultare l'esatta posizione degli attacchi, degli allacciamenti, degli sbocchi, ecc., od in generale non dovesse risultare sufficientemente chiara l'articolazione funzionale dei vari elementi dell'impianto, al fine della migliore definizione del progetto o delle verifiche, l'Appaltatore sarà tenuto a richiedere per iscritto alla Direzione precise indicazioni rimanendo obbligato, in difetto, ad operare le occorrenti modifiche, a propria cura e spese, ed a risarcire eventuali danni conseguenti. Lo stesso dicasi qualora le modifiche dipendessero da omesse o non sufficienti informazioni presso le competenti Autorità locali. Si richiamano le norme:

**UNI EN 754/1/2/3** - Connessioni di scarico e collettori di fognatura all'esterno degli edifici.

### 29.3 Definizioni e norme generali di installazione

Definizioni

Ai fini della presente normativa, ed in accordo all'“Allegato 4” in precedenza richiamato, per impianti di fognatura dovranno intendersi tutte le reti esterne di canalizzazione, generalmente sotterranee, atte a raccogliere ed allontanare dagli insediamenti le acque superficiali (meteoriche, di lavaggio, ecc.) e quelle reflue provenienti dai complessi insediati e dalle attività umane in generale.

Le canalizzazioni, in funzione del ruolo svolto nella rete fognaria, saranno distinte secondo la seguente terminologia:

- a) - Per *fogne* si intenderanno le canalizzazioni elementari che raccolgono le acque provenienti da fognoli di allacciamento e/o da caditoie, convogliandole ai collettori.
- b) - Per *collettori* si intenderanno le canalizzazioni costituenti l'ossatura principale della rete che raccolgono le acque provenienti dalla fogne e, se del caso, quelle direttamente addotte da fognoli e/o caditoie, convogliandole in un emissario.
- c) - Per *emissario* si intenderà il canale che, partendo dal termine della rete, addurrà alle acque raccolte al recapito finale.

#### 29.4 Norme generali di installazione

Le canalizzazioni fognarie e le opere d'arte connesse dovranno essere impermeabili alla penetrazione di acque dall'esterno ed alla fuoriuscita di liquami dall'interno nelle previste condizioni di esercizio; dovranno inoltre resistere alle azioni di tipo fisico, chimico e biologico eventualmente provocate dalle acque reflue e/o superficiali correnti in esse. Tale resistenza potrà essere assicurata sia dal materiale costituente le canalizzazioni, che da idonei rivestimenti. Le sezioni prefabbricate dovranno assicurare l'impermeabilità dei giunti di collegamento e la linearità del piano di scorrimento. L'impiego comunque del materiale di rivestimento e delle sezioni prefabbricate sarà ammesso solo su presentazione di apposita dichiarazione di garanzia, debitamente documentata, da parte del fabbricante.

Il regime di velocità delle acque nelle canalizzazioni dovrà essere tale da evitare sia la formazione di depositi di materiali, che l'abrasione delle superfici interne; inoltre i tempi di permanenza delle acque nelle canalizzazioni non dovranno dar luogo a fenomeni di setticizzazione delle acque stesse.

Manufatti di ispezione dovranno di norma essere previsti ad ogni confluenza di canalizzazione in un'altra, ad ogni variazione planimetrica tra due tronchi rettilinei, ad ogni variazione di livelletta ed in corrispondenza di ogni opera d'arte particolare. Il piano di scorrimento nei manufatti dovrà rispettare la linearità della livelletta della canalizzazione in uscita dai manufatti stessi.

Le stazioni di sollevamento dovranno essere munite di un numero di macchine tali da assicurare un'adeguata riserva. I tempi di attacco e stacco delle macchine dovranno consentire le loro utilizzazione al meglio delle curve di rendimento ed al minimo di usura, tenendo conto che i periodi di permanenza delle acque nelle vasche di adescamento non determinino fenomeni di setticizzazione.

La giacitura nel sottosuolo delle reti fognarie dovrà essere realizzata in modo tali da evitare interferenze con quelle di altri sottoservizi; in particolare le canalizzazioni fognarie dovranno sempre essere tenute debitamente distanti ed al di sotto delle condotte di acque potabili. Ove ciò non fosse possibile, dovranno essere adottati adeguati provvedimenti atti ad evitare interferenze e pericoli di inquinamento.

#### 29.5 Fognature Nere

##### 29.5.1 Caratteristiche del tracciato

Le fogne nere dovranno essere poste ad una profondità tale da consentire un agevole allacciamento degli scarichi dei fabbricati, profondità che, compatibilmente alle quote assegnate ai punti di sbocco, non dovrà essere di norma inferiore a 2,00 m.

La pendenza delle canalizzazioni dovrà risultare non inferiore all'1% se riferita a tubazioni di limitato diametro ed allo 0,5% se riferita ai collettori. In ogni caso, e specie per le sezioni maggiori, la pendenza massima non dovrà superare il 5%.

##### 29.5.2 Diametri - Sezioni - Velocità minima

Il diametro minimo interno delle tubazioni, per le fogne elementari, non dovrà risultare inferiore a 25 cm. Per i collettori, ed in genere per i condotti soggetti a forti escursioni di portata, dovranno adottarsi sezioni ovoidali e semiovoidali.

La velocità dei liquami, al fine di garantire in ogni caso condizioni di autoespurgo, non dovrà risultare inferiore a 0,60 m/sec.

##### 29.5.3 Calcolo della portata nera

La portata nera delle fogne e dei collettori di scarico sarà determinata come somma delle portate di scarico del complesso di fabbricati serviti o servibili dalle rete fognante in esecuzione. Tale portata dovrà comunque non risultare inferiore a quella ricavabile dalla formula:

$$Q = 1,8 \times 10^{-3} d \times P/t \quad \text{m}^3/\text{h} \quad \text{con:}$$

- **d** = dotazione individuale giornaliera d'acqua (in litri/giorno, che verrà specificata dalla Direzione);
- **P** = numero di persone insediate o comunque fruitori dell'insediamento;

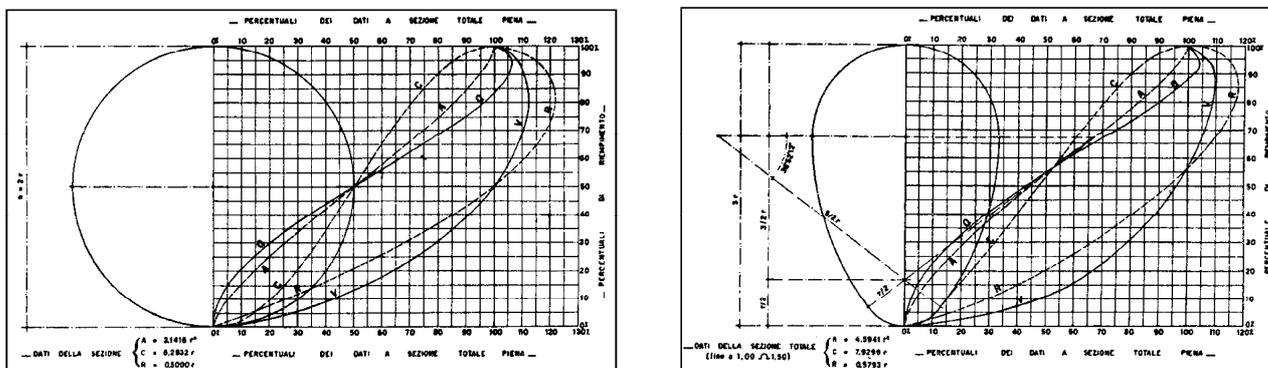
- t = numero di ore in cui si potrà presumere che la portata giornaliera debba venire smaltita (di norma 18 h).

#### 29.5.4 Calcolo dei canali

Le sezioni adottate per i singoli tratti di fogna dovranno essere convenientemente verificate mediante le più accreditate formule di idraulica applicata.

La velocità verrà determinata mediante la formula di Chez (2) o mediante appositi diagrammi logaritmici che, in rapporto ai diametri ed alla pendenza delle canalizzazioni, consentono anche un rapido calcolo della portata a sezione piena e viceversa. Dai dati così calcolati (relativi alla sezione piena), potrà poi passarsi alla valutazione dei dati relativi ad altezze diverse di riempimento, attraverso i seguenti grafici di riferimento percentuale:

TAB. IV - 1 – Condotti circolari ed a sezione ovoidale - Indicazione percentuale dei valori caratteristici.



### 29.6 Fognature Pluviali

#### 29.6.1 Pendenza - Velocità massima - Sbocchi

La pendenza delle canalizzazioni pluviali, al pari di quelle nere, dovrà risultare di norma non superiore al 5%. Dovrà comunque essere verificato che la velocità assunta dall'acqua, anche per le portate di piena, non venga a superare il limite massimo consentito di 2,50 m/sec.

Dovrà curarsi inoltre, allo scopo di evitare rigurgiti, che il fondo di ogni collettore, allo sbocco, risulti alquanto superiore al fondo del canale recipiente.

#### 29.6.2 Diametri minimi

Il diametro minimo interno delle tubazioni, per i condotti elementari, non dovrà risultare inferiore a 30 cm.

#### 29.6.3 Calcolo delle portate pluviali

La portata da smaltire attraverso la rete delle fogne e dei collettori pluviali verrà calcolata mediante la formula

$Q = z IA/360$  m<sup>3</sup>/s. dove "z" è il fattore di impermeabilità, "I" è l'altezza d'acqua corrispondente alla durata di un'ora (intensità media oraria, misurata in mm/h) ed "A" la superficie del bacino interessato, in ettari.

Il fattore d'impermeabilità verrà ricavato dai dati riportati nella tabella che segue. L'intensità di pioggia sarà ricavata dal diagramma delle massime intensità in funzione della durata delle precipitazioni sull'ordinata corrispondente al tempo di corrivazione del bacino; tale tempo, per piccoli bacini di superficie non superiore a 10 ha, sarà considerato dell'ordine di 15 minuti.

#### 29.6.4 Calcolo dei canali

TAB. IV - 2 - Fattore di impermeabilità per elementi analitici e globali

Elementi analitici		Elementi globali	
- Tetti, terrazze, pavimentazioni in asfalto	0,9	- Costruzioni dense (intensive)	0,8
- Lastricati ben connessi	0,8	- Costruzioni spaziate (semi intensive)	0,6
- Lastricati ordinari	0,7	- Zone a villini (estensive)	0,4
- Macadam e selciati	0,6	- Aree non edificate (piazze, campi di gioco)	0,2
- Superfici battute	0,3	- Parchi, boschi, giardini	0,1
- Superfici non battute, parchi giardini	0,1		

Valutata la portata di ogni tratto di canalizzazione, dovrà procedersi alla verifica delle sezioni adottate, al fine di controllare che le stesse lavorino con opportuni margini di sicurezza e ciò sia con riguardo all'entità delle portate stesse, sia con riferimento alle velocità mas-

sime consentite.

I procedimenti di verifica saranno condotti, in linea generale, mediante i criteri di cui al precedente punto.

## 29.7 FOGNATURE MISTE

Qualora il progetto prevedesse la realizzazione di fognature con sistema misto, le stesse dovranno essere eseguite con il rispetto di tutte le prescrizioni generali e particolari fin qui riportate e con la specifica che, per il calcolo delle canalizzazioni, le portate nere dovranno essere sommate per intero a quelle pluviali.

### Art. 30 Protezione delle opere

#### 30.1 Protezione In Generale

Tutte le strutture, le murature, le rifiniture, le installazioni e gli impianti dovranno essere adeguatamente protetti (sia in fase di esecuzione, che a costruzione ultimata) dall'azione degli agenti atmosferici, in particolare pioggia, vento e temperature eccessivamente basse od alte.

Le protezioni saranno rapportate al manufatto da proteggere, all'elemento agente, ai tempi di azione ed alla durata degli effetti protettivi (provvisori o definitivi); potranno essere di tipo attivo o diretto (additivi, anticorrosivi, antievaporanti ecc.) o di tipo passivo od indiretto (coperture impermeabili, schermature ecc.).

Resta perciò inteso che nessun compenso potrà richiedere l'Appaltatore per danni conseguenti alla mancanza od insufficienza delle protezioni in argomento, risultando anzi lo stesso obbligato al rifacimento od alla sostituzione di quanto deteriorato, salvo il risarcimento all'Amministrazione od a terzi degli eventuali danni dipendenti.

#### 30.2 Protezione Delle Condotte Elevatorie

Per proteggere le condotte prementi degli impianti di sollevamento dai *colpi di ariete*, derivanti dalle rapide variazioni di portata, dovranno di norma impiegarsi *volani, pozzi piezometrici o casse d'aria*, in rapporto alle indicazioni di progetto od alle prescrizioni della Direzione Lavori. I volani saranno di regola limitati agli impianti di modesta entità, mentre i pozzi piezometrici, a meno di particolari situazioni orografiche, a quelli di modesta prevalenza.

Il ricorso ai suddetti mezzi di protezione sarà necessario nei casi in cui le tubazioni, con lo spessore ed il tipo di acciaio previsti e le apparecchiature connesse, non risultassero stabili anche nelle condizioni di moto vario e laddove, in relazione all'andamento altimetrico, sussistesse il pericolo per le condotte di entrare in depressione. Resta inteso pertanto che ancorquando il progetto non prevedesse l'installazione delle protezioni prescritte, l'Appaltatore avrà il compito di verificarne la eventuale necessità od opportunità e di rappresentare alla Direzione Lavori i risultati di tale studio. In difetto sarà ritenuto responsabile di tutti i danni che alle condotte e relative apparecchiature potessero derivare dalla mancanza od insufficienza di tali protezioni.

Le casse d'aria dovranno essere dimensionate secondo il metodo Evangelisti.

### Art. 31 Costruzioni in zone soggette a tutela

#### 31.1 Costruzioni In Zone Sismiche

Tutte le costruzioni la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità, da realizzare in zone dichiarate sismiche (in muratura, in cemento armato, in acciaio o miste), dovranno essere calcolate ed eseguite con l'osservanza della normativa emanata con la Legge 2 febbraio "1974, n. 64 avente per oggetto": *Provvedimenti per le costruzioni con particolare prescrizioni per le zone sismiche*" nonché delle "Norme Tecniche" approvate con D.M. 16 gennaio 1996 (ii).

A norma dell'art. 17 della legge citata l'Appaltatore sarà tenuto, prima di dare inizio ai lavori, a darne preavviso scritto, mediante lettera raccomandata con ricevuta di ritorno, al Sindaco ed all'Ufficio Tecnico della Regione od all'Ufficio del Genio Civile, secondo le competenze vigenti, indicando il proprio domicilio, il nome e la residenza del progettista e del direttore dei lavori. Alla domanda dovrà essere unito il progetto, in doppio esemplare, firmato dal progettista, dal direttore dei lavori e dallo stesso Appaltatore.

Il progetto dovrà essere esaurientemente dettagliato ed accompagnato da una relazione tecnica, dal fascicolo dei calcoli delle strutture portanti, (sia in fondazione che in elevazione) e dai disegni dei particolari esecutivi delle strutture.

Al progetto dovrà inoltre essere allegata una relazione sulla fondazione, nella quale dovranno illustrarsi i criteri adottati nella scelta del tipo di fondazione, le ipotesi assunte, i calcoli svolti nei riguardi del complesso terreno-opera di fondazione. La relazione sulla fondazione dovrà essere corredata di grafici o di documentazione, in quanto necessari.

A norma dell'art. 18 della stessa legge, nelle località sismiche, ad eccezione di quelle a bassa sismicità all'uopo indicate nei decreti di cui al secondo comma dell'art. 3, i lavori non potranno essere iniziati senza preventiva autorizzazione scritta di uno degli Uffici di cui in precedenza.

#### 31.2 costruzioni in zone da consolidare

A norma dell'art. 2 della legge 2 febbraio 1974, n. 64, in tutti i territori comunali o loro punti, nei quali siano intervenuti od intervengano lo Stato o la Regione per opere di consolidamento abitato, ai sensi della legge 9 luglio 1908, n. 445 e successive modifiche ed integrazioni, nessuna opera e nessun lavoro, salvo quelli di manutenzione ordinaria e di

rifinitura, potranno essere eseguiti senza la preventiva autorizzazione dell'Ufficio Tecnico della Regione o dell'Ufficio del Genio Civile secondo le competenze vigenti.

Ove pertanto le opere in appalto ricadessero nelle zone contemplate dal presente articolo, l'Appaltatore sarà tenuto a munirsi, ancor prima di dare inizio ai lavori, dell'autorizzazione prescritta.

**Per tutte le Norme Tecniche elencate e/o indicate nel presente capitolo, comprese quelle superate e/o ritirate e sostituite con altre, si dovrà sempre e comunque fare riferimento alle corrispondenti normative tecniche in vigore al momento dei lavori.**

## CAPITOLO 03 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE

### § OPERE EDILIZIE IN GENERE

#### Art. 32 Demolizioni

##### 32.1 *Interventi preliminari*

L'appaltatore deve assicurarsi prima dell'inizio delle demolizioni dell'interruzione di approvvigionamenti idrici, gas e allacci di fognature nonché dell'accertamento e successiva eliminazione di elementi in amianto, in conformità alle prescrizioni del D.M. 6 settembre 1994 recante normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Ai fini pratici, i materiali contenenti amianto presenti negli edifici possono essere divisi in tre grandi categorie:

- materiali che rivestono superfici applicati a spruzzo o a cazzuola;
- rivestimenti isolanti di tubi e caldaie;
- una miscellanea di altri materiali comprendente, in particolare, pannelli ad alta densità (cemento-amianto), pannelli a bassa densità (cartoni) e prodotti tessili. I materiali in cemento-amianto, soprattutto sotto forma di lastre di copertura, sono quelli maggiormente diffusi.

##### 32.2 *Sbarramento della zona di demolizione*

Nella zona sottostante la demolizione devono essere vietati la sosta e il transito di persone e mezzi, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti.

L'accesso allo sbocco dei canali di scarico per il caricamento e il trasporto del materiale accumulato devono essere consentiti soltanto dopo che è stato sospeso lo scarico dall'alto.

##### 32.3 *Idoneità delle opere provvisionali*

Le opere provvisionali, in legno o in ferro, devono essere allestite sulla base di giustificati calcoli di resistenza e devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro, secondo le prescrizioni specifiche del piano di sicurezza.

Prima di reimpiegare elementi di ponteggi di qualsiasi tipo si deve provvedere alla loro revisione per eliminare le parti non ritenute più idonee.

Il coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o il direttore dei lavori potrà ordinare l'esecuzione di prove per verificare la resistenza degli elementi strutturali provvisionali impiegati dall'appaltatore.

Prima dell'inizio di lavori di demolizione, è fatto obbligo di procedere alla verifica delle condizioni di conservazione e di stabilità delle strutture da demolire e dell'eventuale influenza su strutture limitrofe.

In relazione al risultato di tale verifica, devono essere eseguite le opere di rafforzamento e di puntellamento necessarie a evitare che, durante la demolizione, si possano verificare crolli intempestivi o danni anche a strutture di edifici confinanti o adiacenti.

##### 32.4 *Ordine delle demolizioni. Programma di demolizione*

I lavori di demolizione, come stabilito dall'art. 151 del D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, devono procedere con cautela e con ordine, devono essere eseguiti sotto la sorveglianza di un preposto e condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento e di quelle eventuali adiacenti.

La successione dei lavori deve risultare da apposito programma contenuto nel pos, tenendo conto di quanto indicato nel psc, ove previsto, che deve essere tenuto a disposizione degli organi di vigilanza.

##### 32.5 *Allontanamento e /o deposito delle materie di risulta*

Il materiale di risulta ritenuto inutilizzabile dal direttore dei lavori per la formazione di rilevati o rinterri deve essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso pubblica discarica o altra discarica autorizzata. Diversamente, l'appaltatore potrà trasportare a sue spese il materiale di risulta presso proprie aree.

Il materiale proveniente dagli scavi che dovrà essere riutilizzato dovrà essere depositato entro l'ambito del cantiere o sulle aree precedentemente indicate ovvero in zone tali da non costituire intralcio al movimento di uomini e mezzi durante l'esecuzione dei lavori.

##### 32.6 *Proprietà degli oggetti ritrovati*

La stazione appaltante, salvi i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, si riserva la proprietà degli oggetti di

valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte, l'archeologia o l'etnologia, compresi i relativi frammenti, che si rinvenivano nei fondi occupati per l'esecuzione dei lavori e per i rispettivi cantieri e nella sede dei lavori stessi. L'appaltatore dovrà pertanto consegnarli alla stazione appaltante che gli rimborserà le spese incontrate per la loro conservazione e per le speciali operazioni espressamente ordinate al fine di assicurarne l'incolumità e il diligente recupero.

Qualora l'appaltatore nell'esecuzione dei lavori scopra ruderi monumentali, deve darne subito notizia al direttore dei lavori e non può demolirli né alterarli in qualsiasi modo senza il preventivo permesso del direttore stesso.

L'appaltatore deve denunciare immediatamente alle forze di pubblica sicurezza il rinvenimento di sepolcri, tombe, cadaveri e scheletri umani, ancorché attinenti pratiche funerarie antiche, nonché il rinvenimento di cose, consacrate o meno, che formino o abbiano formato oggetto di culto religioso o siano destinate all'esercizio del culto o formino oggetto della pietà verso i defunti. L'appaltatore dovrà altresì darne immediata comunicazione al direttore dei lavori che potrà ordinare adeguate azioni per una temporanea e migliore conservazione, segnalando eventuali danneggiamenti all'autorità giudiziaria.

### 32.7 *Proprietà dei materiali da demolizione*

I materiali provenienti da scavi o demolizioni restano in proprietà della stazione appaltante. Quando a giudizio della direzione dei lavori possano essere reimpiegati, l'appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli per categorie nei luoghi stabiliti dalla direzione stessa, essendo di ciò compensato con gli appositi prezzi di elenco.

Qualora in particolare i detti materiali possano essere usati nei lavori oggetto del presente capitolato speciale d'appalto, l'appaltatore avrà l'obbligo di accettarli. In tal caso verrà a essi attribuito un prezzo pari al 50% del corrispondente prezzo dell'elenco contrattuale; i relativi importi devono essere dedotti dall'importo netto dei lavori, restando a carico dell'appaltatore le spese di trasporto, accatastamento, cernita, lavaggio, ecc.

### 32.8 *Demolizione per rovesciamento*

Salvo l'osservanza delle leggi e dei regolamenti speciali e locali, la demolizione di parti di strutture aventi altezza sul terreno non superiore a 5 m può essere effettuata mediante rovesciamento per trazione o per spinta.

La trazione o la spinta deve essere esercitata in modo graduale e senza strappi e deve essere eseguita soltanto su elementi di struttura opportunamente isolati dal resto del fabbricato in demolizione, in modo da non determinare crolli intempestivi o non previsti di altre parti.

Devono inoltre essere adottate le precauzioni necessarie per la sicurezza del lavoro, quali la trazione da distanza non minore di una volta e mezzo l'altezza del muro o della struttura da abbattere e allontanamento degli operai dalla zona interessata.

Si può procedere allo scalzamento dell'opera da abbattere per facilitarne la caduta soltanto quando essa sia stata adeguatamente puntellata. La successiva rimozione dei puntelli deve essere eseguita a distanza a mezzo di funi.

Il rovesciamento per spinta può essere effettuato con martinetti solo per opere di altezza non superiore a 3 m, con l'ausilio di puntelli sussidiari contro il ritorno degli elementi smossi.

In ogni caso deve evitarsi che, per lo scuotimento del terreno in seguito alla caduta delle strutture o di grossi blocchi, possano sorgere danni o lesioni agli edifici vicini o a opere adiacenti o derivare pericoli per i lavoratori addetti.

## Art. 33 **Scavi a sezione obbligata e sbancamenti in generale**

### 33.1 *Generalità*

Per gli scavi di sbancamento generale e/o per quelli a sezione obbligata e per la formazione dei rinterri e dei rilevati si farà riferimento esclusivamente ai disegni di progetto esecutivo e alle ulteriori prescrizioni della direzione dei lavori.

### 33.2 *Ricognizione*

L'appaltatore prima di eseguire gli scavi o gli sbancamenti previsti deve verificare la presenza di eventuali scavi precedenti, tubazioni di acqua, gas e fognature, cavi elettrici e telefonici, cavità sotterranee, ecc. eventualmente non indicati (o indicati erroneamente) negli elaborati progettuali esecutivi, in modo da potere impiegare i mezzi idonei per l'esecuzione dei lavori in appalto.

### 33.3 *Smacchiamento dell'area*

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per lo smacchiamento generale della zona interessata dai lavori, ivi incluso il taglio di alberi, di siepi e l'estirpazione di eventuali ceppaie.

La terra vegetale eventualmente asportata per la profondità preventivamente concordata con la direzione dei lavori non dovrà essere mescolata con il terreno sottostante. La terra vegetale deve essere accumulata in cantiere nelle aree indicate dalla direzione dei lavori.

### 33.4 *Riferimento ai disegni di progetto esecutivo*

Per gli scavi di sbancamento generale e/o per quelli a sezione obbligata e per la formazione dei rinterri e dei rilevati si farà riferimento esclusivamente ai disegni di progetto esecutivo e alle prescrizioni della direzione dei lavori.

### 33.5 *Splateamento e sbancamento*

Nei lavori di splateamento o di sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere un'inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di 150 cm, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo o per altri motivi siano da temere frane o scoscendimenti, si deve predisporre alla necessaria armatura o al consolidamento del terreno.

### 33.6 *Scavi a sezione obbligata*

Gli scavi a sezione obbligata devono essere effettuati fino alle profondità indicate nel progetto esecutivo con le tolleranze ammesse.

Gli scavi a sezione obbligata eventualmente eseguiti oltre la profondità prescritta devono essere riportati al giusto livello con calcestruzzo magro o sabbione, a cura e a spese dell'appaltatore.

Eventuali tubazioni esistenti che devono essere abbandonate dovranno essere rimosse dall'area di scavo di fondazione.

Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 150 cm, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.

I sistemi di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno 30 cm.

Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbriche o manufatti le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.

### 33.7 *Scavi in presenza d'acqua*

Sono definiti *scavi in acqua* quelli eseguiti in zone del terreno dove la falda acquifera, pur ricorrendo a opere provvisorie di eliminazione per ottenere un abbassamento della falda, sia costantemente presente a un livello di almeno 20 cm dal fondo dello scavo.

Nel prosciugamento è opportuno che la superficie freatica si abbassi oltre la quota del fondo dello scavo per un tratto di 40-60 cm inversamente proporzionale alla granulometria del terreno in esame.

#### 33.7.1 Pompe di aggotamento

Le pompe di aggotamento (o di drenaggio) devono essere predisposte dall'appaltatore in quantità, portata e prevalenza sufficienti a garantire nello scavo una presenza di acqua di falda inferiore a 20 cm e in generale per scavi poco profondi.

L'impiego delle pompe di aggotamento potrà essere richiesto a giudizio insindacabile della direzione dei lavori e per il loro impiego verrà riconosciuto all'appaltatore il compenso convenuto.

I sistemi di prosciugamento del fondo adottati dall'appaltatore devono essere accettati dalla direzione dei lavori, specialmente durante l'esecuzione di strutture in cemento armato, al fine di prevenire il dilavamento del calcestruzzo o delle malte.

#### 33.7.2 Prosciugamento dello scavo con sistema Wellpoint

Lo scavo di fondazione può essere prosciugato con l'impiego del sistema Wellpoint ad anello chiuso (con collettori perimetrali su entrambi i lati), in presenza di terreni permeabili per porosità, come ghiaie, sabbie, limi, argille e terreni stratificati. Tale metodo comporterà l'utilizzo di una serie di minipozzi filtranti (Wellpoint), con profondità maggiore di quella dello scavo, collegati con un collettore principale di aspirazione munito di pompa autoadescante, di altezza tale da garantire il prosciugamento dello scavo. Le pompe devono essere installate nell'area circostante al terreno in cui necessita tale abbassamento. Le tubazioni di diametro e di lunghezza adeguata dovranno scaricare e smaltire le acque di aggotamento con accorgimenti atti a evitare interramenti o ostruzioni.

L'impianto di drenaggio deve essere idoneo: - alle condizioni stratigrafiche dei terreni interessati, rilevate fino a una profondità almeno doppia rispetto a quella di prefissata per lo scavo;- alla permeabilità dei terreni interessati, rilevata mediante prove *in situ*.

L'impresa potrà utilizzare caditoie esistenti ove possibile senza creare a immissione ultimata intasamenti alla naturale linea di smaltimento meteorica.

#### 33.7.3 Allontanamento delle acque superficiali o di infiltrazione

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per l'esaurimento delle acque superficiali o di infiltrazioni concorrenti nei cavi, l'esecuzione di opere provvisorie per lo scolo e la deviazione preventiva di esse dalle sedi stradali o dal cantiere in generale.

### 33.8 *Impiego di esplosivi*

L'uso di esplosivi per l'esecuzione di scavi è vietato.

### 33.9 Deposito di materiali in prossimità degli scavi

È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle opportune puntellature.

### 33.10 Presenza di gas negli scavi

Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, devono essere adottate idonee misure contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, specie in rapporto alla natura geologica del terreno o alla vicinanza di fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo a infiltrazione di sostanze pericolose.

Quando si sia accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione. Deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica – se siano da temere emanazioni di gas pericolosi – l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi comunque suscettibili di provocare fiamme o surriscaldamenti atti a incendiare il gas.

### 33.11 Sistemazione di strade, accessi e ripristino passaggi

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la sistemazione delle strade e dei collegamenti esterni e interni e la collocazione, ove necessario, di ponticelli, andatoie, rampe e scalette di adeguata portanza e sicurezza.

Prima di dare inizio a lavori di sistemazione, varianti, allargamenti e attraversamenti di strade esistenti, l'impresa è tenuta a informarsi dell'eventuale esistenza di cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, gasdotti, fognature) nelle zone nelle quali ricadono i lavori stessi. In caso affermativo, l'impresa dovrà comunicare agli enti proprietari di dette opere o impianti (Enel, Telecom, P.T., comuni, consorzi, società, ecc.) la data presumibile dell'esecuzione dei lavori nelle zone interessate, chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità, ecc.) necessari al fine di eseguire tutti i lavori con le opportune cautele, onde evitare danni alle suddette opere.

Qualora nonostante le cautele usate, si dovessero manifestare danni ai cavi o alle condotte, l'impresa dovrà procedere a darne immediato avviso mediante telegramma sia agli enti proprietari delle strade che agli enti proprietari delle opere danneggiate oltreché naturalmente alla direzione dei lavori.

Fanno comunque carico alla stazione appaltante gli oneri relativi a eventuali spostamenti temporanei e/o definitivi di cavi o condotte.

### 33.12 Manutenzione degli scavi

Gli scavi di fondazione dovranno essere mantenuti asciutti, in relazione al tipo di lavoro da eseguire.

Si dovranno proteggere le zone scavate e le scarpate per evitare eventuali scoscendimenti e/o franamenti.

Rifiuti e macerie dovranno essere asportati dagli scavi prima dell'esecuzione delle opere susseguenti.

#### Art. 34 Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi

L'appaltatore, dopo l'esecuzione degli scavi di fondazione o di sbancamento, non può iniziare l'esecuzione delle strutture di fondazione prima che la direzione dei lavori abbia verificato la rispondenza geometrica degli scavi o degli sbancamenti alle prescrizioni del progetto esecutivo e l'eventuale successiva verifica geologica e geotecnica del terreno di fondazione.

#### Art. 35 Riparazione di sottoservizi

L'appaltatore ha l'obbligo e l'onere di riparare o di provvedere al pagamento delle spese di riparazione alle aziende erogatrici di eventuali sottoservizi (allacci fognari, tubazione di adduzione acqua, gas, ecc.) danneggiati dall'impresa durante l'esecuzione degli scavi e delle demolizioni.

#### Art. 36 Rilevati e rinterri

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature o le strutture di fondazione o da addossare alle murature o alle strutture di fondazione e fino alle quote prescritte dagli elaborati progettuali o dalla direzione dei lavori, si impiegheranno in generale e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti per quel cantiere in quanto disponibili e adatte, a giudizio della direzione dei lavori, per la formazione dei rilevati.

Qualora venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si preleveranno le materie occorrenti ovunque l'appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla direzione dei lavori.

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature o alle strutture di fondazione, si dovranno sempre impiegare materie sciolte o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e in generale di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti, dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza non superiori a 30 cm, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione possibile, in modo da caricare uniformemente le strutture portanti su tutti i lati e così da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni o automezzi non dovranno essere scaricate direttamente contro

le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera, per essere riprese successivamente al momento della formazione dei suddetti rinterrati.

È vietato addossare terrapieni a murature o strutture in cemento armato di recente realizzazione e delle quali si riconosca non completato il processo di maturazione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata o imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo saranno a completo carico dell'appaltatore.

È obbligo dell'appaltatore, escluso qualsiasi compenso, dare ai rilevati durante la loro costruzione le dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché al momento del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

## Art. 37 **Paratie e diaframmi**

### 37.1 *Generalità*

Le paratie e i diaframmi costituiscono strutture di fondazione infisse o costruite in opera a partire dalla superficie del terreno, con lo scopo di realizzare tenuta all'acqua e anche a sostegno di scavi.

Le paratie e i diaframmi potranno essere:- del tipo a palancole metalliche infisse;- del tipo a palancole prefabbricate con calcestruzzo armato centrifugato infisse;- del tipo a pali in calcestruzzo armato di grosso diametro accostati;- a diaframma gettato in opera di calcestruzzo armato;.....;..

Devono essere precisate le modalità di esecuzione con particolare riguardo agli accorgimenti previsti per garantire i getti dagli eventuali dilavamenti e sottopressioni nonché la natura e le caratteristiche dei materiali che saranno impiegati.

### 37.2 *Palancole infisse*

#### 37.2.1 Paratie a palancole metalliche infisse

Le palancole metalliche di sezione varia devono rispondere comunque ai seguenti requisiti fondamentali:- adeguata resistenza agli sforzi di flessione; - facilità di infissione; - impermeabilità delle giunzioni; - facilità di estrazione e reimpiego (ove previsto);- elevata protezione contro le corrosioni.

L'infissione delle palancole sarà effettuata con i sistemi normalmente in uso.

Il maglio dovrà essere di peso complessivo non minore del peso delle palancole comprensivo della relativa cuffia.

Devono essere adottate speciali cautele affinché durante l'infissione gli incastri liberi non si deformino e rimangano puliti da materiali, così da garantire la guida alla successiva palanca.

A tale scopo, gli incastri prima dell'infissione devono essere riempiti di grasso.

Durante l'infissione si dovrà procedere in modo che le palancole rimangano perfettamente verticali, non essendo ammesse deviazioni, disallineamenti o fuoriuscite dalle guide.

Per ottenere un più facile affondamento, specialmente in terreni ghiaiosi e sabbiosi, l'infissione, oltre che con la battitura, potrà essere realizzata con il sussidio dell'acqua in pressione fatta arrivare mediante un tubo metallico sotto la punta della palanca.

Se durante l'infissione si verificassero fuoriuscite dalle guide, disallineamenti o deviazioni non tollerabili a giudizio della direzione dei lavori, la palanca dovrà essere rimossa e reinfissa o sostituita, se danneggiata.

Per ulteriori informazioni, si rimanda alle prescrizioni delle norme **UNI EN 10248-1**, **UNI EN 10248-2**, **UNI EN 10249** e **UNI EN 10249-2**.

#### 37.2.2 Paratia a palancole prefabbricate in calcestruzzo armato centrifugato

Le palancole prefabbricate saranno centrifugate a sezione cava.

Il conglomerato cementizio impiegato dovrà avere una resistenza caratteristica a 28 giorni non inferiore a 40 N/mm<sup>2</sup> e dovrà essere esente da porosità o altri difetti. Il cemento sarà ferrico pozzolanico, pozzolanico o d'altoforno.

Potrà essere richiesto, per infissione con battitura in terreni tenaci, l'inserimento nel getto di puntazza metallica.

L'operazione d'infissione sarà regolata da prescrizioni analoghe a quelle stabilite per i pali in calcestruzzo armato centrifugato, di cui al successivo articolo.

Nel caso specifico, particolare cura dovrà essere posta nell'esecuzione dei giunti, da sigillare con getto di malta cementizia.

### 37.3 *Paratie costruite in opera*

#### 37.3.1 Paratie a pali in calcestruzzo armato di grosso diametro accostati

Le paratie saranno di norma realizzate mediante pali di calcestruzzo armato eseguiti in opera accostati fra loro e collegati in sommità da un cordolo di calcestruzzo armato.

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione dei pali, si rinvia a quanto fissato nel relativo articolo.

Nel caso specifico, particolare cura dovrà essere posta nell'accostamento dei pali fra loro e nel mantenere la verticalità dei pali stessi.

#### 37.3.2 Diaframmi in calcestruzzo armato

In linea generale, i diaframmi saranno costruiti eseguendo lo scavo del terreno a qualsiasi profondità, con benna o altro sistema idoneo a dare tratti di scavo (conci) della lunghezza singola di norma non inferiore a 2,50 m.

Lo scavo verrà eseguito con l'ausilio di fango bentonitico per evacuare i detriti e per il sostegno provvisorio delle pareti.

I fanghi di bentonite da impiegare nello scavo devono essere costituiti di una miscela di bentonite attivata di ottima qualità e acqua, di norma nella proporzione di 8÷16 kg di bentonite asciutta per 100 litri d'acqua, salvo la facoltà della direzione dei lavori di ordinare una diversa dosatura.

Il contenuto in sabbia finissima dovrà essere inferiore al 3% in massa della bentonite asciutta.

Eseguito lo scavo e posta in opera l'armatura metallica interessante il concio, opportunamente sostenuta e mantenuta in posizione durante il getto, sarà effettuato il getto del conglomerato cementizio, con l'ausilio di opportuna prolunga o tubo di getto, la cui estremità inferiore sarà tenuta almeno due metri al di sotto del livello del fango, al fine di provocare il rifluimento in superficie dei fanghi bentonitici e di eseguire senza soluzioni di continuità il getto stesso.

Il getto dovrà essere portato fino a una quota superiore di circa 50 cm a quella di progetto.

I getti dei calcestruzzi saranno eseguiti solo dopo il controllo della profondità di scavo raggiunta e la verifica dell'armatura da parte della direzione dei lavori.

Nella ripresa dei getti, da concio a concio, si adotteranno tutti gli accorgimenti necessari al fine di evitare distacchi, discontinuità e differenze nei singoli conci.

L'allineamento planimetrico della benna di scavo del diaframma sarà ottenuto di norma con la formazione di guide o corree in calcestruzzo anche debolmente armato.

#### 37.3.3 Prove e verifiche sul diaframma

Oltre alle prove di resistenza sui calcestruzzi e sugli acciai impiegati previsti dalle vigenti norme tecniche, la direzione dei lavori potrà richiedere prove di assorbimento per singoli pannelli, nonché eventuali carotaggi per la verifica della buona esecuzione dei diaframmi stessi.

### Art. 38 **Fondazioni dirette**

#### 38.1 *Scavi di fondazione*

Le fondazioni dirette o superficiali sono quelle che trasferiscono l'azione proveniente dalla struttura in elevato agli strati superficiali del terreno.

La profondità del piano di posa delle fondazioni deve essere quella prevista dal progetto esecutivo. Eventuali variazioni o diversa natura del terreno devono essere comunicate tempestivamente alla direzione dei lavori, perché possa prendere i provvedimenti del caso.

Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione dell'opera. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi.

Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con conglomerato cementizio magro o altro materiale idoneo, eventualmente indicato dal direttore dei lavori.

In generale, il piano di fondazione deve essere posto al di fuori del campo di variazioni significative di contenuto d'acqua del terreno ed essere sempre posto a profondità tale da non risentire di fenomeni di erosione o scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale.

#### 38.2 *Controllo della rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva*

In corso d'opera, il direttore dei lavori deve controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto esecutivo e la situazione effettiva del terreno.

#### 38.3 *Magrone*

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia e il necessario costipamento dello stesso, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno.

Lo spessore dello strato di calcestruzzo magro è quello indicato negli elaborati progettuali esecutivi delle strutture.

## Art. 39 Pali di fondazione

### 39.1 Definizioni

#### 39.1.1 Pali infissi

I pali infissi vengono classificati in:- pali infissi gettati in opera;- pali infissi prefabbricati.

**Pali infissi gettati in opera**

I pali infissi gettati in opera sono quelli realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo nel terreno il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e l'eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato;
- pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene gettato con calcestruzzo con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma deve essere estratto dal terreno.

**Pali infissi prefabbricati**

I pali infissi prefabbricati sono quelli realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, eventualmente con l'ausilio di getti d'acqua in pressione alla punta.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento o in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica;
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

#### 39.1.2 Pali trivellati

I pali trivellati sono quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione, la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

#### 39.1.3 Pali trivellati ad elica continua

I pali trivellati a elica continua sono i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella a elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica deve avvenire contemporaneamente all'immissione del calcestruzzo.

#### 39.1.4 Pali con morsa giracolonna

I pali con morsa giracolonna e i pali trivellati sono realizzati all'interno di tubo-forma provvisorio in acciaio, infisso con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna. Tale tipologia è da utilizzare in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti e ove non fosse possibile l'utilizzo di diversa attrezzatura di perforazione.

#### 39.1.5 Micropali

I micropali vengono classificati in:

- micropali a iniezione multipla selettiva;
- micropali a semplice cementazione.

**Micropali a iniezione multipla selettiva**

I micropali a iniezione multipla selettiva sono quelli ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

**Micropali a semplice cementazione**

I micropali a semplice cementazione sono quelli realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica può essere costituita:

- da un tubo senza saldature;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata e da una staffatura

esterna costituita da anelli o spirale continua.

La cementazione può avvenire a semplice gravità o a bassa pressione, mediante un circuito a tenuta facente capo a un dispositivo posto a bocca foro.

### 39.2 Pali di medio e grande diametro

#### 39.2.1 Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)

L'appaltatore dovrà indicare alla direzione dei lavori la successione cronologica prevista per le infissioni. Dovrà inoltre assicurare il rispetto delle norme in merito ai limiti delle vibrazioni, comunicando alla direzione dei lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi.

#### 39.2.2 Pali trivellati

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato.

In particolare:

- la perforazione a secco senza rivestimento non è ammessa. In casi particolari potrà essere adottata, previa informazione alla direzione dei lavori, solo in terreni fortemente cementati o argillosi, caratterizzati da valori della coesione non drenata;
- la perforazione a secco è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro;
- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni medio-fini ( $D_{10} > 4$  mm).

#### 39.2.3 Pali trivellati a elica continua

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

In terreni compressibili nelle fasi di getto dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.

#### 39.2.4 Attrezzature di scavo

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'appaltatore alla direzione dei lavori.

#### 39.2.5 Tolleranze dimensionali

I pali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate negli elaborati progettuali esecutivi:

- coordinate planimetriche del centro del palo (rispetto al diametro del palo):  $\pm 10\%$  (max 5 cm);
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità):  $\square \pm 2\%$ ;
- lunghezza- pali aventi diametro  $< 600$  mm:  $\pm 15$  cm;- pali aventi diametro  $> 600$  mm:  $\pm 25$  cm.- diametro finito:  $\pm 5\%$ ;
- quota di testa palo:  $\pm 5$  cm.

L'impresa è tenuta a eseguire, a suoi esclusivi oneri e spesa, tutte le sostitutive e/o complementari che a giudizio della direzione dei lavori, sentito il progettista, si rendessero necessarie per ovviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi e opere di collegamento.

#### 39.2.6 Materiali

##### a) Armature metalliche

Le armature metalliche dovranno essere costituite da barre ad aderenza migliorata. Le armature trasversali dei pali saranno costituite unicamente da spirali in tondino esterne ai ferri longitudinali.

I pali dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in gabbie e i collegamenti dovranno essere realizzati con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti.

Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile ai sensi delle Norme tecniche emanate con D.M. 17 gennaio 2018 è possibile ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe o dei cerchioni irrigidenti con i ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione. Per le saldature devono essere rispettate le prescrizioni riportate in questo capitolato, relative alle verifiche da eseguire per accertarsi che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre.

Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità.

Le armature trasversali dovranno contrastare efficacemente gli spostamenti delle barre longitudinali verso l'esterno. Le staffe dovranno essere chiuse e risvoltate verso l'interno.

L'interasse delle staffe non dovrà essere superiore a 20 cm e il diametro dei ferri non inferiore a 10 mm. Non è consentito l'uso delle armature elicoidali ove non siano fissate solidamente a ogni spira a tutte le armature longitudinali inter-

secate.

In corso d'opera, la frequenza dei prelievi per le prove di verifica di cui sopra sarà di tre campioni di barra longitudinale e di staffa ogni 200-500 ml di gabbia.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta *in situ* senza poggiarla sul fondo del foro.

Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura, potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre di armatura. Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali. Orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà provvedersi un cerchiate ogni 2,5-3 m.

Non è ammessa la distribuzione delle barre verticali su doppio strato. L'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7,5 cm.

Le gabbie di armatura dovranno essere dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura e di un coprifermo netto minimo di 4-5 cm rispetto al rivestimento definitivo o di 6-7 cm rispetto al diametro nominale del foro nel caso di pali trivellati. Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori dovranno essere posti a gruppi di tre o quattro, regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto. Ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri, tramite impiego di un adeguato numero di morsetti.

#### b) Rivestimenti metallici

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti sia provvisori sia definitivi saranno conformi alle prescrizioni del progetto esecutivo.

Le caratteristiche meccaniche e di rigidità (spessore e inerzia) dovranno essere sufficienti a consentire il trasporto, il sollevamento e l'infissione, senza che gli stessi subiscano danni, ovalizzazioni, ecc.

Per i pali battuti, infissi senza alcuna asportazione di terreno, il dimensionamento dei tubi di rivestimento potrà essere realizzato con il metodo dell'onda d'urto.

I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto, in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne.

Nel caso di pali da realizzare in ambienti aggressivi, la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati (per esempio vernici a base di poliuretano-catrame), previa approvazione del direttore dei lavori.

#### c) Fanghi bentonitici

Nella realizzazione delle opere è ammesso l'uso di fanghi bentonitici o miscele equivalenti da sottoporre a preventiva autorizzazione della D.L. .

La scelta del tipo di bentonite e/o miscele, certificate dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

Sul fango bentonitico dovranno essere eseguiti controlli di qualità per determinare i seguenti parametri:- caratteristiche della bentonite;- caratteristiche dell'acqua;- densità del fango bentonitico fresco;- densità, viscosità, temperatura e pH del fango bentonitico pronto per l'impiego;- caratteristiche del fango bentonitico nell'interno dello scavo, prima del getto; - contenuto in sabbia del fango  $\leq 5\%$ ;- densità  $\leq 1,15 \text{ t/m}^3$ .

### 39.3 Modalità esecutive

#### 39.3.1 Pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo

##### a) Attrezzatura

L'infissione del rivestimento dovrà essere eseguita con un battipalo scorrevole su una torre avente guide fisse con perfetto allineamento verticale.

Le caratteristiche del battipalo saranno conformi alle indicazioni di progetto, quando esistenti.

Potranno essere impiegati i seguenti tipi di battipalo:- battipalo a vapore ad azione singola;- battipalo a vapore a doppia azione;- battipalo diesel.

Il battipalo impiegato deve essere in grado di fornire l'energia sufficiente all'infissione entro i terreni presenti nel sito.

La definizione delle caratteristiche minime del battipalo sarà eseguita a cura dell'appaltatore, utilizzando le formule dinamiche oppure l'analisi con il metodo dell'onda d'urto, essendo noti le caratteristiche geometriche del palo, il materiale di costruzione e la portata limite richiesta dal progetto.

La massa battente del battipalo dovrà agire su un cuscino (cuffia o testa di battuta) di cui siano note le caratteristiche geometriche e di elasticità.

Per ogni attrezzatura l'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori le seguenti informazioni:- marca e tipo del battipalo;- principio di funzionamento del battipalo;- energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;- numero di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;- efficienza  $E$  del battipalo;- caratteristiche del cuscinio (materiale, diametro, altezza costante elastica, coefficiente di costituzione);- caratteristiche della cuffia (materiale e peso);- peso degli eventuali adattatori;- peso del battipalo.

L'efficienza  $E$  dovrà essere sempre maggiore del 70%.

Qualora richiesto dalla direzione dei lavori, l'appaltatore dovrà provvedere alla strumentazione del battipalo per la misura della velocità terminale del maglio, onde ricavare, sulla base delle caratteristiche dell'attrezzatura certificate dal costruttore, la reale efficienza  $E$  del battipalo.

#### b) Tubi di rivestimento

I tubi di rivestimento saranno in acciaio e di qualità, forma e spessore tali da sopportare tutte le sollecitazioni agenti durante l'infissione e da non subire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno o all'infissione di pali vicini. I rivestimenti saranno chiusi alla base da una piastra in acciaio di resistenza adeguata, comunque di spessore  $> 3$  mm, saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento. La piastra sarà priva di sporgenze rispetto al rivestimento e la saldatura sarà tale da prevenire l'ingresso di acqua all'interno per l'intera durata della battitura e oltre.

È ammesso l'impiego di lamierino di modesto spessore, corrugato, battuto mediante mandrino.

È ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile con raccordi flangiati.

#### c) Mandrino

È prevista la possibilità di utilizzare un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello. È ammesso l'impiego di mandrini a espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

È ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

#### d) Infissione

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura deve avvenire senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale.

L'appaltatore deve comunicare alla direzione dei lavori il programma cronologico di infissione di tutti i pali, elaborato in modo da rendere minimi gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già realizzati.

È ammessa, se prevista dal progetto ovvero se approvata dalla direzione dei lavori, l'esecuzione della battitura in due o più fasi, con eventuale modifica del procedimento (ad esempio, eseguendo dapprima la battitura in testa e prevedendo l'impiego del mandrino in seconda fase).

Nel caso di utilizzo del mandrino, esso deve essere infilato nel rivestimento. Se previsto, il mandrino deve essere espanso e mantenuto del tutto solidale al tuboforma per l'intera durata dell'infissione, a seguito della quale sarà estratto.

L'inserimento del mandrino nel rivestimento deve essere eseguito, se necessario, con l'ausilio di un palo-pozzo di diametro superiore a quello dei pali di esercizio.

Il palo-pozzo potrà essere trasformato in palo di esercizio, se accettato dalla direzione dei lavori, in funzione della sua ubicazione e delle sue caratteristiche.

Si considererà raggiunto il rifiuto allorquando, con un battipalo pienamente efficiente, si avranno avanzamenti non superiori a 10 cm per cento colpi di maglio.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di due spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Il secondo spezzone, nel corso della saldatura, deve essere mantenuto in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

L'infissione dei rivestimenti sarà arrestata quando sarà soddisfatta una delle seguenti condizioni:- raggiungimento della quota di progetto;- misurazione del rifiuto della battitura.

In quest'ultimo caso, la direzione dei lavori avrà facoltà di chiedere all'appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, ecc.).

L'appaltatore, previa comunicazione alla direzione dei lavori, potrà eseguire dei prefori di guida all'infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il preforo avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Il preforo potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

#### e) Armature

Le gabbie di armatura devono essere assemblate in stabilimento o a piè d'opera, in conformità ai disegni progettuali esecutivi e con le specifiche di questo capitolato.

Esse saranno posizionate entro i rivestimenti, curando il perfetto centramento mediante l'impiego di opportuni distanziatori e rispettando con precisione le quote verticali prescritte nei disegni di progetto.

Prima del posizionamento, si avrà cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo e si verificherà che l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

#### 39.3.2 Pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile

##### a) Attrezzatura

L'infissione del tubo-forma provvisorio sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

##### b) Tubi di rivestimento

Le medesime specifiche per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo valgono per le caratteristiche della tubazione provvisoria.

Per l'espulsione del fondello, posto a occludere l'estremità inferiore del tubo-forma, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma, collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

È ammesso l'impiego di tubo-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

##### c) Infissione

L'infissione sarà effettuata in conformità a quanto specificato per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo, con la sola esclusione di quanto non applicabile.

##### d) Armature

Valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

##### e) Getto del calcestruzzo

Il getto di calcestruzzo avverrà secondo le modalità e le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo, con contemporanea estrazione e accorciamento del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa deve essere tenuta costantemente sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m. A questo scopo, ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore deve essere preceduta dalla misurazione del livello del calcestruzzo, tramite l'impiego di uno scandaglio.

Lo scandaglio dovrà essere costituito da un grave metallico, del peso di circa 5 kg, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato.

#### 39.3.3 Pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio

##### a) Attrezzatura

L'energia necessaria per l'infissione sarà applicata in testa al palo utilizzando un battipalo scorrevole su una torre con guide fisse con perfetto allineamento verticale e utilizzando un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza e accelerazione del minimo) saranno scelte dall'appaltatore in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

##### b) Infissione del tubo forma

Per quanto concerne le caratteristiche del tubo forma e le modalità di infissione dello stesso, valgono le prescrizioni di per i pali battuti gettati in opera con tubo-forma estraibile.

L'infissione sarà eseguita fino al raggiungimento delle quote previste nel progetto esecutivo.

La distanza minima e/o l'intervallo di tempo tra l'infissione di due pali adiacenti sarà definita in relazione alla natura dei terreni attraversati. In ogni caso, la distanza minima non sarà inferiore a 3 diametri.

##### c) Posa dell'armatura e getto del calcestruzzo

Per quanto concerne le caratteristiche dell'armatura e le modalità di getto, valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con tubo-forma estraibile.

Completata l'infissione, si provvederà a porre in opera l'armatura entro il tubo-forma e si darà luogo al getto, estraendo man mano, per vibrazione, il tubo-forma provvisorio.

La vibrazione deve favorire l'assettamento del calcestruzzo. Per evitare eventuali franamenti del terreno e il conseguente inglobamento di materiale nel getto di calcestruzzo, questo dovrà avere uno slump di 9-10 cm.

L'assorbimento reale di calcestruzzo può eccedere il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura del 10-20%.

##### d) Controlli e documentazione

L'appaltatore deve redigere per ogni palo una scheda tecnica contenente tutti i dati riguardanti il palo, ovvero:- numero progressivo del palo (riferito ad una planimetria);- profondità di infissione;- dati tecnici dell'attrezzatura;- descrizione di eventuali presunte anomalie stratigrafiche;- tempo necessario per l'infissione;- grafico degli assorbimenti di calce-

struzzo.

#### 39.3.4 Pali battuti prefabbricati

##### a) Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali può avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere.

I pali prefabbricati in stabilimento dovranno essere costruiti con calcestruzzo centrifugato avente una resistenza caratteristica dopo stagionatura di  $R_{ck} \geq 40$  MPa.

Se richiesto, i pali saranno di tipo precompresso con il metodo dei fili d'acciaio aderenti.

I pali troncoconici avranno un diametro esterno rastremato di 1,5 cm per metro lineare e un diametro interno non superiore alla metà dell'esterno.

I pali prefabbricati in cantiere invece saranno realizzati con calcestruzzo avente caratteristiche conformi alle prescrizioni per le opere in conglomerato cementizio fornite in questo capitolato. La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido oppure a vapore. In ogni caso, i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture.

Le armature metalliche dovranno essere costituite da barre ad aderenza migliorata. Le armature trasversali dei pali saranno costituite da uno o due spirali in filo lucido crudo esterne ai ferri longitudinali.

Le armature verranno pre-assemblate in gabbie e i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro.

Le gabbie di armature avranno un copriferro netto minimo rispetto alla superficie del palo di 3 cm e dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

##### b) Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di due o più elementi. Il giunto dovrà essere costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire. Gli anelli verranno saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

##### c) Protezione della punta

La punta dei pali dovrà essere protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza e annegati nel calcestruzzo.

In terreni poco compatti l'uso della puntazza potrà essere evitato.

In terreni molto compatti invece la puntazza sarà rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

##### d) Attrezzatura

L'infissione del palo sarà eseguita con un battipalo conforme alle prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

##### e) Infissione

L'infissione dei pali avverrà tramite battitura, senza estrazione di materiale. Nel caso di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni d'acqua. In tal caso, la discesa del palo avverrà per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura.

Le iniezioni d'acqua dovranno essere interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto esecutivo.

Modalità, pressioni e portata del getto dovranno essere comunicate alla direzione dei lavori.

Se motivato da esigenze di riduzione delle vibrazioni o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, si potranno eseguire prefori aventi diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo.

Il preforo non dovrà raggiungere lo strato portante (se esistente) e fermarsi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.

L'infissione dei pali sarà attestata quando si registrerà il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:- arrivo alla quota di progetto;- misurazione del rifiuto alla battitura.

In quest'ultimo caso, la direzione dei lavori ha facoltà di chiedere all'appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa per tratti anche superiori a 0,5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, ecc.).

Il rifiuto si considererà raggiunto quando l'infissione corrispondente a dieci colpi di battipalo efficiente risulta inferiore a 2,5 cm.

##### f) Controlli e documentazione

Per i controlli e la documentazione valgono le prescrizioni fornite per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

### 39.3.5 Pali trivellati con fanghi bentonitici

#### a) Attrezzatura

Per la perforazione saranno utilizzate attrezzature semoventi equipaggiate con rotary. L'utensile di scavo sarà il più idoneo in relazione alla natura e alla consistenza dei terreni da scavare.

Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare, nonché in relazione alle dimensioni (diametro e lunghezza) dei pali da eseguire.

#### b) Preparazione del fango bentonitico

Il fango bentonitico dovrà essere preparato e utilizzato in accordo alle modalità progettuali.

#### c) Perforazione

Se necessario, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione plano-altimetrica della sommità del palo o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue, in corso, appena ultimate o in corso di getto dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, ecc.), sarà necessario interrompere la perforazione al centimetri prima e ultimare solo nell'imminenza del getto.

Una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, e alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (per esempio, il cleaning bucket).

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:- eiettore (*air lifting*);- pompa sommersa per fanghi;- pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un adeguato immorsamento in substrati di roccia dura, si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo e comunque dotati alla sommità di un anello di forma appropriata per la guida dell'utensile.

In alternativa all'uso dello scalpello, possono essere utilizzate eliche da roccia aventi spirali rinforzate e denti idonei allo stato di fessurazione della roccia da perforare.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto sino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

#### d) Armature

Completata la perforazione, si provvederà alla posa in opera della gabbia delle armature, preassemblata, in conformità con le specifiche previste in questo capitolato o secondo le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori.

Nel caso che il palo attraversi strati sede di falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sarà avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di spessore non inferiore a 1 mm.

#### e) Getto del calcestruzzo

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3 m di tubo in acciaio avente diametro interno di 20-26 cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm. Sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto all'estremità superiore di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5- 0,6 m<sup>3</sup> e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita un'ulteriore misura del fondo foro. Qualora lo spessore del deposito superiori a 20 cm, si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a circa 30-60 cm dal fondo della perforazione. Al fine di evitare azioni di contaminazione o dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta o plastica, riempito con vermiculite granulare, palline di polistirolo o sabbia.

Durante il getto di calcestruzzo il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo evitando altresì la segregazione della malta dagli inerti.

Prima verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, nel corso del getto il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2

m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere portato ad almeno 0,5-1 m al di sopra delle quote di progetto della testa palo, per consentire di eliminare la parte superiore del palo (scapitozzatura).

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 m di palo.

È prescritta una cadenza di getto non inferiore a  $15 \text{ m}^3/\text{ora}$ .

Durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, l'appaltatore dovrà verificare la quota di riempimento del palo, in modo da avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta.

f) Controlli e documentazione

Per ciascun palo, l'appaltatore dovrà redigere una scheda indicante:- numero progressivo del palo (riferito a una planimetria);- dati tecnici dell'attrezzatura;- profondità di perforazione;- informazioni relative alla stratigrafia locale;- volumi e grafico del getto.

In presenza di anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'appaltatore dovrà informare tempestivamente la direzione dei lavori.

39.3.6 Pali trivellati con rivestimento provvisorio

a) Attrezzature

Le attrezzature per l'esecuzione dei pali trivellati con rivestimento provvisorio dovranno essere costituite da:- escavatori;- morsa muovi-colonna;- vibromorsa;- utensile di scavo.

Escavatori

Per gli escavatori valgono le specifiche valide per i fanghi bentonitici.

Morsa muovi-colonna

La morsa dovrà essere costituita da un telaio rigido di supporto sul quale viene posto un collare metallico, a tre settori, dotato di un martinetto di chiusura per il serraggio della colonna di rivestimento. Sul telaio di supporto, collegato all'escavatore, saranno montati:- due martinetti di oscillazione, sincronizzati, che imprimono un movimento rotatorio alla colonna;- due martinetti di infissione ed estrazione della colonna, a funzionamento indipendente, che consentono anche di correggere eventuali deviazioni della colonna.

Il diametro nominale del collare dovrà corrispondere al diametro del palo. Sarà consentito l'impiego di opportune riduzioni.

Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare.

Vibromorsa

Per la vibromorsa valgono le prescrizioni per i pali vibro-infissi gettati in opera con tubo-forma provvisorio.

Utensile di scavo

Per lo scavo entro la colonna di rivestimento provvisoria si utilizzerà l'utensile più adatto al tipo di terreno, prevedendo, ove necessario, l'impiego di scalpello a elevata energia demolitrice.

b) Tubi-forma

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio/femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio, mediante adeguata attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici oppure, in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza. In questo secondo caso, la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo. È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

c) Perforazione

La perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango bentonitico), con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda. Lo scavo all'interno sarà approfondito sino alla quota di progetto.

L'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti a fondo foro.

d) Armature

Per le armature devono applicarsi le specifiche previste dal presente capitolato speciale e le ulteriori indicazioni del

direttore dei lavori.

e) Getto del calcestruzzo

Il getto avverrà conformemente alle specifiche per i pali trivellati con fanghi bentonitici, provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente minimo di calcestruzzo non inferiore a 3 m.

f) Controlli e documentazione

Per i controlli e la documentazione, valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

39.3.7 Pali trivellati a elica continua

Questo tipo di palo potrà essere utilizzato solo se esplicitamente previsto in progetto.

Attrezzature

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida e dotate di dispositivo di spinta.

L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali.

Perforazione

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella a elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta, in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitemento. In ogni caso, il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'appaltatore con l'accordo della direzione dei lavori potrà:

- eseguire prefori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;
- ridurre la lunghezza di perforazione.

Armatura

L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia, dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary, per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo.

La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto ....

Getto del calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà essere pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. L'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata a una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari a evitare sbulbature ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare, il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

Controlli e documentazione

Per ogni palo eseguito, l'appaltatore dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:- numero progressivo del palo (riferito ad una planimetria);- profondità di perforazione;- osservazioni sulla stratigrafia locale;- tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla direzione dei lavori;- grafico dei tempi di perforazione;- spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella;- volume di calcestruzzo gettato.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto esecutivo, l'appaltatore dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di prefori, ecc.), concordandoli con la direzione dei lavori.

### 39.3.8 Pali con morsa giracolonna

La perforazione necessaria all'esecuzione dei pali da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, ecc., dovrà essere eseguita, per la sola parte interessata, all'interno di tubo-forma provvisorio in acciaio infisso, con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna.

La tubazione dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi da 2 a 2,5 m, connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento dovrà essere ottenuta imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici.

La superficie all'interno del tubo di rivestimento potrà essere realizzata mediante:- benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;- secchione (*bucket*) manovrato da un'asta rigida telescopica.

In entrambi i casi, si dovrà conseguire la disgregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro.

In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche a utensili disgregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento a opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno di fango bentonitico con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale, la perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma.

#### Pali compenetrati

I pali compenetrati per la realizzazione di paratie impermeabili dovranno essere realizzati eseguendo con metodi tradizionali una prima serie di pali opportunamente distanziati e completando la paratia con una seconda serie di pali, che si compenetrano ai precedenti attraverso la tecnica della morsa giracolonna.

### 39.3.9 Micropali

#### a) Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione, l'impresa dovrà individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla direzione dei lavori dall'impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

#### b) Micropali a iniezioni multiple selettive

Le fasi esecutive devono essere le seguenti:- perforazione;- allestimento del micropalo;- iniezione;- controlli e documentazione.

#### perforazione

La perforazione deve essere eseguita con sonda a rotazione o rotoperussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto esecutivo.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro, si utilizzeranno compressori di adeguata potenza.

Le caratteristiche minime richieste sono:- portata:  $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$ ;- pressione: 8 bar.

#### Allestimento del micropalo

Completata la perforazione, si deve provvedere a rimuovere i detriti presenti nel foro o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Successivamente, si deve inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto. Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo deve essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Dopo tali operazioni, si deve procedere immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina). La messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, deve essere eseguita successivamente all'iniezione.

#### Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita utilizzando un'idonea miscela cementizia, in due o più fasi, di seguito descritte:

– formazione della guaina: non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà

immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare. Contemporaneamente si procederà all'estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia. Completata l'iniezione di guaina, si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura;

– iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati: trascorso un periodo di 12-24 ore dalla formazione della guaina, si deve procedere all'esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar, in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione, fino a ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto.

Per *pressione di iniezioni* si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione deve essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min e comunque con valori che, in relazione all'effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (*claquage*). I volumi di iniezione devono essere non inferiori a tre volte il volume teorico del foro e comunque conformi alle prescrizioni di progetto esecutivo. Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12-24 ore. Fino a quando le operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo di armatura;

– caratteristiche degli iniettori: per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:- pressione massima di iniezione:  $\approx 100$  bar;- portata massima:  $\approx 2$  m<sup>3</sup> ora;- numero massimo pistonate/minuto:  $\approx 60$ .

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla direzione dei lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

#### Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito, l'appaltatore dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:- numero del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a una planimetria); – lunghezza della perforazione; – modalità di esecuzione della perforazione: utensile, fluido, rivestimenti; – caratteristiche dell'armatura; – volume dell'iniezione di guaina; – tabelle delle iniezioni selettive indicanti, per ogni valvola e per ogni fase:- data;- pressioni di apertura;- volumi di assorbimento;- pressioni raggiunte. – caratteristiche della miscela utilizzata: - composizione;- peso specifico;- viscosità Marsh;- rendimento volumetrico o decantazione;- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura.

#### c) Micropali a semplice cementazione

Le fasi esecutive devono essere le seguenti:- perforazione;- allestimento del micropalo;- cementazione;- controlli e documentazione.

#### Perforazione

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui all'articolo precedente.

#### Allestimento del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni cui all'articolo precedente, si provvederà a inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

#### Cementazione

La cementazione può avvenire per:

– riempimento a gravità: il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori. Nel caso si adotti una miscela contenente inerti sabbiosi ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico. Si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno = 80 mm. Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se il diametro interno è inferiore a 50 mm. In caso diverso, si dovrà ricorrere a un tubo di convogliamento separato con un diametro contenuto entro i limiti sopracitati. Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie, senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento;

– riempimento a bassa pressione: il foro dovrà essere interamente rivestito. La posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento, come descritto al paragrafo precedente. Successivamente, si applicherà al rivestimento un'adeguata testa a tenuta, alla quale si invierà aria in pressione (0,5÷0,6 MPa), mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta. Si procederà analogamente per le sezioni successive, fino a completare l'estrazione del rivestimento. In relazione alla natura del terreno, potrà essere sconsigliabile applicare la

pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fatturazione idraulica degli strati superficiali.

Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito, l'appaltatore dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- numero del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a una planimetria);
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione: utensile, fluido, rivestimenti;
- caratteristiche dell'armatura;
- volume della miscela o della malta;
- caratteristiche della miscela o della malta.

d) Tolleranze ammissibili

I micropali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto esecutivo, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

- coordinate planimetriche del centro del micropalo:  $\pm 2$  cm; - scostamento dell'inclinazione dell'asse teorico:  $\pm 2\%$ ;
- lunghezza:  $\pm 15$  cm; - diametro finito:  $\pm 5\%$ ; - quota testa micropalo:  $\pm 5$  cm.

## Art. 40 Esecuzione di strutture in acciaio

### 40.1 Composizione degli elementi strutturali

#### 40.1.1 Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore  $t < 4$  mm.

Una deroga può essere consentita fino a uno spessore  $t = 3$  mm per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati oppure opere non esposte agli agenti atmosferici.

Le limitazioni di cui sopra non riguardano gli elementi e i profili sagomati a freddo.

#### 40.1.2 Problematiche specifiche

Si può far riferimento a normative di comprovata validità, in relazione ai seguenti aspetti specifici:- preparazione del materiale;- tolleranze degli elementi strutturali di fabbricazione e di montaggio;- impiego dei ferri piatti;- variazioni di sezione;- intersezioni;- collegamenti a taglio con bulloni normali e chiodi;- tolleranze foro-bullone;- interassi dei bulloni e dei chiodi;- distanze dai margini;- collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza;- collegamenti saldati;- collegamenti per contatto.

#### 40.1.3 Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (per esempio, saldatura e bullonatura o chiodatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo.

### 40.2 Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza

#### 40.2.1 Serraggio dei bulloni

Per il serraggio dei bulloni si devono usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata. Tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di  $\pm 5\%$ .

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:- si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di  $10^\circ$  il dado;- dopo aver marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione almeno pari a  $60^\circ$  e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

La taratura delle chiavi dinamometriche deve essere certificata prima dell'inizio lavori da un laboratorio ufficiale di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e con frequenza trimestrale durante i lavori.

#### 40.2.2 Prescrizioni particolari

Quando le superfici comprendenti lo spessore da bullonare per una giunzione di forza non abbiano giacitura ortogonale agli assi dei fori, i bulloni devono essere piazzati con interposte rosette cuneiformi, tali da garantire un assetto corretto della testa e del dado e da consentire un serraggio normale.

### 40.3 Unioni saldate

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma **UNI EN ISO 4063**. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori, nei procedimenti semiautomatici e manuali, dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN 287-1** da parte di un ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma **UNI EN 287-1**, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma **UNI EN 1418**. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN ISO 15614-1**.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori a innesco sulla punta) si applica la norma **UNI EN ISO 14555**. Valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 dell'appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un ente terzo. In assenza di prescrizioni in proposito, l'ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovrà inoltre essere rispettata la norma **UNI EN 1011** (parti 1 e 2) per gli acciai ferritici e la norma **UNI EN 1011** (parte 3) per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma **UNI EN ISO 9692-1**.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

In assenza di tali dati, per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma **UNI EN ISO 5817**. Per strutture soggette a fatica invece si adotterà il livello B della stessa norma.

L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta al controllo visivo al 100%, saranno definiti dal collaudatore e dal direttore dei lavori. Per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione, si useranno metodi di superficie (per esempio, liquidi penetranti o polveri magnetiche). Per i giunti a piena penetrazione invece, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi x o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Per le modalità di esecuzione dei controlli e i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma **UNI EN 12062**.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati, secondo la norma **UNI EN 473**, almeno di secondo livello.

Il costruttore deve corrispondere a determinati requisiti. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma **UNI EN ISO 3834** (parti 2 e 4). Il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità, riassunti nella tabella 65.1. La certificazione dell'azienda e del personale dovrà essere operata da un ente terzo, scelto, in assenza di prescrizioni, dal costruttore, secondo criteri di indipendenza e di competenza.

**Tabella 65.1. Tipi di azione sulle strutture soggette a fatica in modo più o meno significativo**

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	
Riferimento				D
Materiale base: spessore minimo delle membrature	S235, $s \leq 30\text{mm}$ S275, $s \leq 30\text{mm}$	S355, $s \leq 30\text{mm}$ S235 S275	S235 S275 S355 S460, $s < 30\text{mm}$	S235 S275 S355 S460 Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati <sup>1</sup>
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma	Elementare	Medio	Medio	Completo

UNI EN ISO 3834	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719	Di base	Specifico	Completo	Completo
<sup>1</sup> Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo.				

#### 40.3.1 Raccomandazioni e procedure

**UNI EN 288-3** – *Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici. Prove di qualificazione della procedura di saldatura per la saldatura ad arco di acciai;*

**UNI EN ISO 4063** – *Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli. Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni;*

**UNI EN 1011-1** – *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Parte 1. Guida generale per la saldatura ad arco;*

**UNI EN 1011-2** – *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 2. Saldatura ad arco per acciai ferritici;*

**UNI EN 1011-3** – *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 3. Saldatura ad arco di acciai inossidabili;*

**UNI EN 1011-4** – *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici. Parte 4: Saldatura ad arco dell'alluminio e delle leghe di alluminio;*

**UNI EN 1011-5** – *Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 5: Saldatura degli acciai placcati.*

#### 40.3.2 Preparazione dei giunti

**UNI EN 29692** – *Saldatura ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco in gas protettivo e saldatura a gas. Preparazione dei giunti per l'acciaio.*

#### 40.3.3 Qualificazione dei saldatori

**UNI EN 287-1** – *Prove di qualificazione dei saldatori. Saldatura per fusione. Parte I: Acciai;*

**UNI EN 1418** – *Personale di saldatura. Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata e automatica di materiali metallici.*

#### 40.4 Apparecchi di appoggio

La concezione strutturale deve prevedere facilità di sostituzione degli apparecchi di appoggio, nel caso in cui questi abbiano vita nominale più breve di quella della costruzione alla quale sono connessi.

#### 40.5 Verniciatura e zincatura

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, devono essere adeguatamente protetti mediante verniciatura o zincatura, tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente nel quale è collocato. Devono essere particolarmente protetti i collegamenti bullonati (precaricati e non precaricati), in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del collegamento.

Anche per gli acciai con resistenza alla corrosione migliorata (per i quali può farsi utile riferimento alla norma **UNI EN 10025-5**) devono prevedersi, ove necessario, protezioni mediante verniciatura.

Nel caso di parti inaccessibili o profili a sezione chiusa non ermeticamente chiusi alle estremità, dovranno prevedersi adeguati sovrappessori.

Gli elementi destinati a essere incorporati in getti di calcestruzzo non devono essere verniciati ma possono essere invece zincati a caldo.

#### 40.5.1 Norme di riferimento

I rivestimenti a protezione dei materiali metallici contro la corrosione devono rispettare le prescrizioni delle seguenti norme:

**UNI EN 12329** – *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di zinco con trattamento supplementare su materiali ferrosi o acciaio;*

**UNI EN 12330** – *Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di cadmio su ferro o acciaio;*

**UNI EN 12487** – Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti di conversione cromati per immersione e senza immersione su alluminio e leghe di alluminio;

**UNI EN 12540** – Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrodepositati di nichel, nichel più cromo, rame più nichel e rame più nichel più cromo;

**UNI EN 1403** – Protezione dalla corrosione dei metalli. Rivestimenti elettrolitici. Metodo per la definizione dei requisiti generali;

**UNI EN ISO 12944-1** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 1. Introduzione generale;

**UNI EN ISO 12944-2** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 2. Classificazione degli ambienti;

**UNI EN ISO 12944-3** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 3. Considerazioni sulla progettazione;

**UNI EN ISO 12944-4** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 4. Tipi di superficie e loro preparazione;

**UNI EN ISO 12944-6** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 6. Prove di laboratorio per le prestazioni;

**UNI EN ISO 12944-7** – Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura. Parte 7. Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura.

## Art. 41 Esecuzione di strutture composte di acciaio e calcestruzzo

### 41.1 Dettagli costruttivi della zona di connessione a taglio

Il copriferro al di sopra dei connettori a piolo deve essere almeno 20 mm. Lo spessore del piatto a cui il connettore è saldato deve essere sufficiente per l'esecuzione della saldatura e per un'efficace trasmissione delle azioni di taglio. La distanza minima tra il connettore e il bordo della piattabanda cui è collegato deve essere almeno 20 mm.

L'altezza complessiva del piolo dopo la saldatura deve essere almeno tre volte il diametro del gambo del piolo  $d$ . La testa del piolo deve avere diametro pari ad almeno  $1,5 d$  e spessore pari ad almeno  $0,4 d$ . Quando i connettori a taglio sono soggetti ad azioni che inducono sollecitazioni di fatica, il diametro del piolo non deve eccedere 1,5 volte lo spessore del piatto a cui è collegato. Quando i connettori a piolo sono saldati sull'ala, in corrispondenza dell'anima del profilo in acciaio il loro diametro non deve essere superiore a 2,5 volte lo spessore dell'ala.

Quando i connettori sono utilizzati con le lamiere grecate per la realizzazione degli impalcati negli edifici, l'altezza nominale del connettore deve sporgere non meno di due volte il diametro del gambo al di sopra della lamiera grecata. L'altezza minima della greca che può essere utilizzata negli edifici è di 50 mm.

### 41.2 Spessori minimi

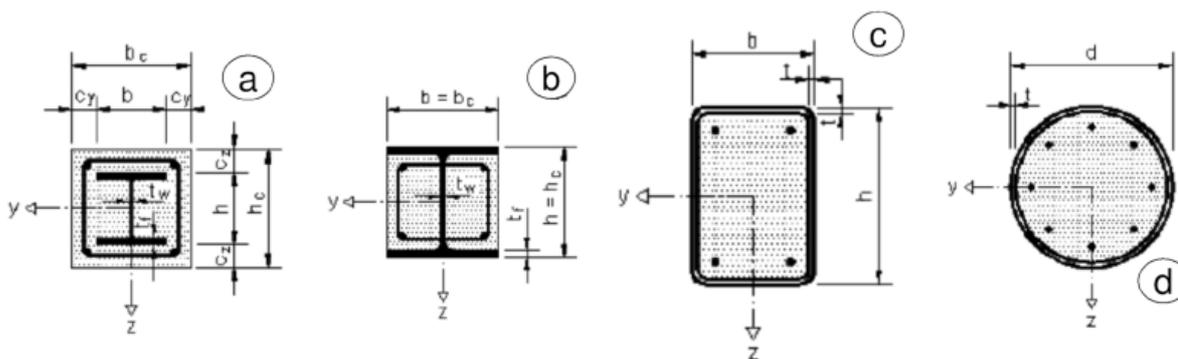
Nelle travi composte da profilati metallici e soletta in cemento armato lo spessore della soletta collaborante non deve essere inferiore a 50 mm e lo spessore della piattabanda della trave di acciaio cui è collegata la soletta non deve essere inferiore a 5 mm.

### 41.3 Colonne composte

#### 41.3.1 Generalità e tipologie

Si considerano colonne composte soggette a compressione centrata, presso-flessione e taglio, costituite dall'unione di profili metallici, armature metalliche e calcestruzzo, con sezione costante (si veda la figura 66.1):

- a) sezioni completamente rivestite di calcestruzzo;
- b) sezioni parzialmente rivestite di calcestruzzo;
- c) sezioni scatolari rettangolari riempite di calcestruzzo;
- d) sezioni circolari cave riempite di calcestruzzo.



**Figura 66.1 Tipi di sezioni per colonne composte**

#### 41.3.2 Copriferro e minimi di armatura

Si devono rispettare le seguenti limitazioni:

- il copriferro dell'ala deve essere non minore di 40 mm né minore di 1/6 della larghezza dell'ala;
- il copriferro delle armature deve essere in accordo con le disposizioni relative alle strutture in cemento armato ordinario.

Le armature devono essere realizzate rispettando le seguenti indicazioni:

- l'armatura longitudinale, nel caso che venga considerata nel calcolo, non deve essere inferiore allo 0,3% della sezione in calcestruzzo;
- l'armatura trasversale deve essere progettata seguendo le regole delle strutture in cemento armato ordinario;
- la distanza tra le barre e il profilo può essere inferiore a quella tra le barre oppure nulla; in questi casi, il perimetro efficace per l'aderenza acciaio-calcestruzzo deve essere ridotto alla metà o a un quarto, rispettivamente;
- le reti elettrosaldate possono essere utilizzate come staffe nelle colonne rivestite ma non possono sostituire l'armatura longitudinale.

Nelle sezioni riempite di calcestruzzo generalmente l'armatura non è necessaria.

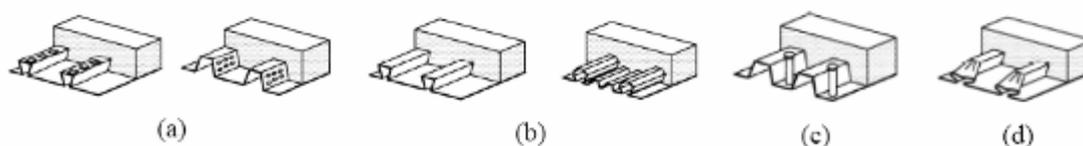
#### 41.3.3 Solette composte con lamiera grecata

Si definisce *composta* una soletta in calcestruzzo gettata su una lamiera grecata, in cui quest'ultima, ad avvenuto indurimento del calcestruzzo, partecipa alla resistenza dell'insieme, costituendo interamente o in parte l'armatura inferiore.

La trasmissione delle forze di scorrimento all'interfaccia fra lamiera e calcestruzzo non può essere affidata alla sola aderenza, ma si devono adottare sistemi specifici, che possono essere:

- a ingranamento meccanico fornito dalla deformazione del profilo metallico o a ingranamento ad attrito nel caso di profili sagomati con forme rientranti (figura 66.2a-b);
- con ancoraggi di estremità costituiti da pioli saldati o altri tipi di connettori, purché combinati a sistemi a ingranamento (figura 66.2c);
- con ancoraggi di estremità ottenuti con deformazione della lamiera, purché combinati con sistemi a ingranamento per attrito (figura 66.2d).

Occorre in ogni caso verificare l'efficacia e la sicurezza del collegamento tra lamiera grecata e calcestruzzo.



**Figura 66.2 Tipiche forme di connessione per ingranamento delle solette composte**

#### a) Spessore minimo delle lamiere grecate

Lo spessore delle lamiere grecate impiegate nelle solette composte non deve essere inferiore a 0,8 mm. Lo spessore della lamiera potrà essere ridotto a 0,7 mm quando in fase costruttiva vengano studiati idonei provvedimenti atti a consentire il transito in sicurezza dei mezzi d'opera e del personale.

b) Spessore minimo della soletta

L'altezza complessiva  $h$  del solaio composto non deve essere minore di 80 mm. Lo spessore del calcestruzzo  $h_c$  al di sopra dell'estradosso delle nervature della lamiera non deve essere minore di 40 mm.

Se la soletta realizza con la trave una membratura composta, oppure è utilizzata come diaframma orizzontale, l'altezza complessiva non deve essere minore di 90 mm e  $h_c$  non deve essere minore di 50 mm.

c) Dimensione nominale degli inerti

La dimensione nominale dell'inerte dipende dalla più piccola dimensione dell'elemento strutturale nel quale il calcestruzzo deve essere gettato.

d) Appoggi

Le solette composte sostenute da elementi di acciaio o calcestruzzo devono avere una larghezza di appoggio minima di 75 mm, con una dimensione di appoggio del bordo della lamiera grecata di almeno 50 mm.

Nel caso di solette composte sostenute da elementi in diverso materiale, tali valori devono essere portati rispettivamente a 100 mm e 70 mm.

Nel caso di lamiere sovrapposte o continue che poggiano su elementi di acciaio o calcestruzzo, l'appoggio minimo deve essere 75 mm e, per elementi in altro materiale, 100 mm.

I valori minimi delle larghezze di appoggio riportati in precedenza possono essere ridotti, in presenza di adeguate specifiche

## Art. 42 Confezionamento e posa in opera del calcestruzzo

### 42.1 Calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato

#### 42.1.1 Studio e accettazione della composizione del calcestruzzo

L'impresa, a seguito dello studio di composizione del calcestruzzo effettuato in laboratorio ufficiale sulla base delle prescrizioni progettuali, indicherà alla direzione dei lavori i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su una o più combinazioni di materiali granulari lapidei utilizzabili per il lavoro in questione, specificando in modo preciso la provenienza e granulometria di ogni singola pezzatura.

Per ogni combinazione provata, verrà indicata dall'impresa la granulometria, la quantità d'acqua utilizzata, il rapporto acqua/cemento ( $a/c$ ) in condizioni sature superficie asciutta, il tipo e dosaggio del cemento, il contenuto percentuale di aria inclusa, la lavorabilità e la relativa perdita nel tempo della medesima (almeno fino a due ore dal confezionamento), nonché le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

Una volta definita la formulazione della miscela, le prove di accettazione della miscela stessa dovranno essere eseguite presso un laboratorio ufficiale con i materiali componenti effettivamente usati in cantiere, tenendo conto dei procedimenti di impasto e di vibrazione adottati nello studio, i quali a loro volta avranno preso in considerazione le procedure di impasto e posa in opera adottati in cantiere. Per motivi di rapidità, le verifiche potranno essere svolte dalla direzione dei lavori direttamente in cantiere. In questo caso, dovrà essere assicurata da parte dell'impresa la massima collaborazione. L'accettazione della miscela stessa avvenuta sulla base dei valori delle resistenze meccaniche a 2, 3 e 28 giorni di maturazione, determinate su provini di forma cubica, prismatica (travetti e spezzoni) e cilindrica, dovrà essere convalidata dalle prove allo stato fresco e indurito eseguite, sempre da un laboratorio ufficiale, sul calcestruzzo prelevato durante la prova di impianto, nonché su carote prelevate dall'eventuale getto di prova.

A giudizio della direzione dei lavori, qualora l'impianto di confezionamento e l'attrezzatura di posa in opera siano stati già utilizzati con risultati soddisfacenti in altri lavori dello stesso committente, l'accettazione della miscela potrà avvenire sulla base dei risultati del solo studio di laboratorio.

Nel caso in cui le prove sul prodotto finito diano risultato negativo, fatto salvo il buon funzionamento dell'impianto di confezionamento e delle apparecchiature di posa in opera e della loro rispondenza alle caratteristiche e ai limiti di tolleranza imposti, l'impresa provvederà a suo carico a studiare una nuova miscela e a modificarla fino a che il prodotto finito non risponda alle caratteristiche prescritte. La direzione dei lavori dovrà controllare attraverso il laboratorio ufficiale i risultati presentati.

Non appena confermata, con controlli eseguiti sul prodotto finito, la validità delle prove di laboratorio eseguite in fase di studio della miscela, la composizione del calcestruzzo diverrà definitiva.

Qualora per cause impreviste si debba variare la composizione della miscela, l'impresa, previa autorizzazione della direzione dei lavori, dovrà effettuare un nuovo studio da sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori stessa, seguendo le modalità sopraindicate.

L'impresa dovrà in seguito assicurare i necessari controlli sul calcestruzzo allo stato fresco e indurito, affinché venga rispettata la composizione accettata e le caratteristiche fisiche e di resistenza meccanica. Le prove e i controlli saranno completamente a carico dell'impresa, la quale dovrà provvedere anche all'attrezzatura di un laboratorio idoneo a eseguire le prove ritenute necessarie dalla direzione dei lavori.

Qui di seguito verranno indicate le caratteristiche del calcestruzzo, in modo che l'impresa appaltatrice possa assumerle

come riferimento nello studio della relativa miscela.

#### 42.1.2 Composizione granulometrica

La composizione dovrà essere realizzata con non meno di quattro distinte pezzature di aggregati in presenza di due tipologie di sabbia. La composizione granulometrica risultante di queste ultime potrà essere composta dalla miscela di due o più sabbie, nel caso non fosse possibile reperire un'unica sabbia di composizione idonea, senza che ciò possa dar luogo a richieste di compenso addizionale.

L'assortimento granulometrico risultante sarà ottenuto variando le percentuali di utilizzo delle frazioni granulometriche componenti, in modo da ottenere un combinato contenuto tra la curva Bolomey e quella di Fuller, calcolate tra l'altro in funzione del diametro massimo che non dovrà superare i ..... mm per i condizionamenti delle dimensioni dei tralicci di armatura.

Una volta accettata dalla direzione dei lavori una determinata composizione granulometrica, l'impresa dovrà attenersi rigorosamente a essa per tutta la durata del lavoro.

Non saranno ammesse variazioni di composizione granulometrica eccedenti in più o in meno il 5% in massa dei valori della curva granulometrica prescelta per l'aggregato grosso e variazioni eccedenti in più o in meno il 3% per l'aggregato fine.

Si precisa che le formule di composizione dovranno sempre riferirsi, come già detto, ad aggregati saturi a superficie asciutta. Pertanto, si dovranno apportare, nelle dosature previste dalla formulazione della miscela e riferentesi ad aggregati saturi a superficie asciutta, le correzioni richieste dal grado di umidità attuale degli aggregati stessi, funzione dell'acqua assorbita per saturarli e assorbita per bagnarli.

#### 42.1.3 Contenuto di cemento

Il contenuto minimo del cemento sarà di ..... kg/m<sup>3</sup> di calcestruzzo vibrato in opera e dovrà essere controllato con la frequenza di ..... con le modalità di cui alla norma UNI6393. Una volta stabilito attraverso lo studio della miscela il contenuto da adottare, questo dovrà mantenersi nel campo di tolleranza del  $\pm 3\%$  della quantità prevista.

#### 42.1.4 Contenuto di acqua di impasto

Il contenuto di acqua di impasto del calcestruzzo verrà definito, in maniera sia ponderale sia volumetrica, con la tolleranza del  $\pm 10\%$  (intervallo riferito al contenuto medio di acqua in l/m<sup>3</sup>). Il valore del contenuto da rispettare sarà quello determinato in laboratorio al momento dello studio di formulazione e approvato dalla direzione dei lavori.

L'impresa fisserà in conseguenza le quantità d'acqua da aggiungere alla miscela secca nel mescolatore, tenuto conto dell'acqua inclusa assorbita e adsorbita nei materiali granulari e delle perdite per evaporazione durante il trasporto.

Il contenuto di acqua di impasto, tenendo anche conto dell'eventuale aggiunta di additivi fluidificanti, superfluidificanti e di nuova generazione, dovrà essere il minimo sufficiente a conferire all'impasto la lavorabilità specificata compatibilmente con il raggiungimento delle resistenze prescritte, in modo da realizzare un calcestruzzo compatto, evitando al tempo stesso la formazione di uno strato d'acqua libera o di malta liquida sulla superficie degli impasti dopo la vibrazione.

Per realizzare le esigenze sopra citate, il rapporto acqua/cemento, che non dovrà superare il valore di ....., potrà ridursi, pur evitando di scendere al di sotto di ....., con talUNIadditivi superfluidificanti e di nuova generazione (entrambi i valori tengono conto dell'acqua adsorbita dagli inerti oltre all'acqua di impasto).

Il valore ottimo della consistenza, a cui attenersi durante la produzione del calcestruzzo, verrà scelto in funzione delle caratteristiche della macchina a casseforme scorrevoli, eventualmente dopo aver eseguito una strisciata di prova. I singoli valori dell'abbassamento alla prova del cono (*slump test*) dovranno risultare all'impianto comunque non superiori a ..... mm e i valori di lavorabilità, determinati con la prova Vebè su calcestruzzo prelevato immediatamente prima dello scarico dal ribaltabile di approvvigionamento, dovranno risultare compresi fra 6 e 10 secondi.

#### 42.1.5 Contenuto d'aria inglobata

La percentuale di additivo aerante necessaria a ottenere nel calcestruzzo la giusta percentuale di aria inglobata sarà fissata durante lo studio dell'impasto ed eventualmente modificata dopo la stesa di prova; l'aria intrappolata deve essere: ..... + .....%.

La misura della quantità d'aria inglobata verrà effettuata volumetricamente secondo le modalità della norma **UNI EN 12350-7**.

#### 42.1.6 Resistenze meccaniche

La formulazione prescelta per il calcestruzzo dovrà essere tale da garantire i valori minimi di resistenza meccanica illustrati nella tabella 44.1, rispettivamente su provini cubici o cilindrici confezionati e maturati con le modalità di cui alle norme **UNI EN 12390-1**, **UNI EN 12390-2** e **UNI EN 12390-3**.

**Tabella 44.1. Valori minimi di resistenza meccanica**

Stagionatura	A 3 giorni <sup>(1)</sup>	A 28 giorni
Compressione	$\geq \dots\dots N/mm^2$	$\geq \dots\dots N/mm^2$
Trazione per flessione	$\geq \dots\dots N/mm^2$	$\geq \dots\dots N/mm^2$
Trazione indiretta	$\geq \dots\dots N/mm^2$	$\geq \dots\dots N/mm^2$
(1) Potranno essere richieste, in progetto o all'inizio del cantiere, le stesse resistenze indicate, ma a due giorni.		

La resistenza a trazione per flessione verrà determinata con prove eseguite su provini di forma prismatica con le modalità di cui alla norma **UNI EN 12390-5**. Nella fase di studio della formulazione del calcestruzzo, i valori di resistenza da confrontare con quelli minimi richiesti dovranno risultare dalla media di non meno di tre provini distinti, i cui singoli valori non dovranno scostarsi dalla media di più del 10%. Tale media verrà calcolata ponderalmente attribuendo il coefficiente 2 al risultato intermedio.

La resistenza a trazione indiretta verrà determinata su provini di forma cilindrica con prove eseguite con modalità di cui alla norma **UNI EN 12390-6**. I valori della resistenza a rottura determinati sui tre tipi di provini anzidetti saranno considerati validi se non inferiori ai valori richiesti.

#### 42.2 *Confezione, trasporto e posa in opera del calcestruzzo per strutture in calcestruzzo semplice e armato*

##### 42.2.1 Attrezzatura di cantiere

Prima dell'inizio del lavoro, l'impresa dovrà sottoporre alla direzione dei lavori l'elenco e la descrizione dettagliata delle attrezzature che intende impiegare per il confezionamento del calcestruzzo; queste dovranno essere di potenzialità proporzionata all'entità e alla durata del lavoro e dovranno essere armonicamente proporzionate in tutti i loro componenti in modo da assicurare la continuità del ciclo lavorativo.

L'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà essere fisso e di tipo approvato dalla direzione dei lavori. L'organizzazione preposta a detti impianti dovrà comprendere tutte le persone e le professionalità necessarie per assicurare la costanza di qualità dei prodotti confezionati.

I predosatori dovranno essere in numero sufficiente a permettere le selezioni di pezzature necessarie.

Il mescolatore dovrà essere di tipo e capacità approvate dalla direzione dei lavori e dovrà essere atto a produrre calcestruzzo uniforme e a scaricarlo senza che avvenga segregazione apprezzabile. In particolare, dovrà essere controllata l'usura delle lame, che verranno sostituite allorché quest'ultima superi il valore di 2 cm. All'interno del mescolatore si dovrà anche controllare giornalmente, prima dell'inizio del lavoro, che non siano presenti incrostazioni di calcestruzzo indurito.

##### 42.2.2 Confezione del calcestruzzo

La dosatura dei materiali per il confezionamento del calcestruzzo nei rapporti definiti con lo studio di progetto e la sua accettazione da parte della direzione dei lavori, dovrà essere fatta con impianti interamente automatici, esclusivamente a massa, con bilance del tipo a quadrante, di agevole lettura e con registrazione delle masse di ogni bilancia. A spese dell'impresa andrà effettuata la verifica della taratura prima dell'inizio dei lavori e con cadenza settimanale, nonché ogni qualvolta risulti necessario, fornendo alla direzione dei lavori la documentazione relativa.

La direzione dei lavori, allo scopo di controllare la potenza assorbita dai mescolatori, si riserverà il diritto di fare installare nell'impianto di confezionamento dei registratori di assorbimento elettrico, alla cui installazione e spesa dovrà provvedere l'impresa appaltatrice. La direzione dei lavori potrà richiedere all'impresa l'installazione sulle attrezzature di dispositivi e metodi di controllo per verificarne in permanenza il buon funzionamento. In particolare, la dosatura degli aggregati lapidei, del cemento, dell'acqua e degli additivi dovrà soddisfare alle condizioni seguenti:

- degli aggregati potrà essere determinata la massa cumulativa sulla medesima bilancia, purché le diverse frazioni granulometriche (o pezzature) vengano misurate con determinazioni distinte;
- la massa del cemento dovrà essere determinata su una bilancia separata;
- l'acqua dovrà essere misurata in apposito recipiente tarato, provvisto di dispositivo che consenta automaticamente l'erogazione effettiva con la sensibilità del 2%;
- gli additivi dovranno essere aggiunti agli impasti direttamente nel miscelatore a mezzo di dispositivi di distribuzione dotati di misuratori.

Il ciclo di dosaggio dovrà essere automaticamente interrotto qualora non siano realizzati i ritorni a zero delle bilance, qualora la massa di ogni componente scarti dal valore prescritto oltre le tolleranze fissate di seguito e infine qualora la sequenza del ciclo di dosaggio non si svolga correttamente.

L'interruzione del sistema automatico di dosaggio e la sua sostituzione con regolazione a mano potrà essere effettuata solo previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Nella composizione del calcestruzzo, a dosatura eseguita e immediatamente prima dell'introduzione nel mescolatore, saranno ammesse le seguenti tolleranze:- 2% sulla massa di ogni pezzatura dell'aggregato;- 3% sulla massa totale dei materiali granulari;- 2% sulla massa del cemento.

Vanno rispettate le tolleranze ammesse sulla composizione granulometrica di progetto. Tali tolleranze devono essere verificate giornalmente tramite lettura delle determinazioni della massa per almeno dieci impasti consecutivi.

#### 42.2.3 Tempo di mescolamento

Il tempo di mescolamento deve essere quello raccomandato dalla ditta costruttrice l'impianto di confezionamento del calcestruzzo e, in ogni caso, non potrà essere inferiore a un minuto. L'uniformità della miscela deve essere controllata dalla direzione dei lavori prelevando campioni di calcestruzzo all'inizio, alla metà e alla fine dello scarico di un impasto e controllando che i tre prelievi non presentino abbassamenti al cono che differiscono tra di loro di più di 20 mm né composizione sensibilmente diversa.

La direzione dei lavori potrà rifiutare gli impasti non conformi a questa prescrizione. Inoltre, qualora le differenze in questione riguardino più del 5% delle misure effettuate nel corso di una medesima giornata di produzione, le attrezzature di confezionamento saranno completamente verificate e il cantiere non potrà riprendere che su ordine esplicito della direzione dei lavori e dopo che l'impresa abbia prodotto la prova di una modifica o di una messa a punto degli impianti tale da migliorare la regolarità della produzione del calcestruzzo.

#### 42.2.4 Trasporto del calcestruzzo

Il trasporto del calcestruzzo dall'impianto di confezionamento al cantiere di posa in opera e tutte le operazioni di posa in opera dovranno comunque essere eseguite in modo da non alterare gli impasti, evitando in particolare ogni forma di segregazione, la formazione di grumi e altri fenomeni connessi all'inizio della presa.

Se durante il trasporto si manifesterà una segregazione, dovrà essere modificata in accordo con la direzione dei lavori la composizione dell'impasto, soprattutto se persiste dopo variazione del rapporto acqua/cemento. Se ciò malgrado la segregazione non dovesse essere eliminata, dovrà essere studiato nuovamente il sistema di produzione e trasporto del calcestruzzo.

#### 42.2.5 Documenti di consegna

L'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori, prima o durante l'esecuzione del getto, il documento di consegna del produttore del calcestruzzo, contenente almeno i seguenti dati:- impianto di produzione;- quantità in metri cubi del calcestruzzo trasportato;- dichiarazione di conformità alle disposizioni della norma **UNI EN 206-1**;- denominazione o marchio dell'ente di certificazione;- ora di carico;- ore di inizio e fine scarico;- dati dell'appaltatore;- cantiere di destinazione.

Per il calcestruzzo a prestazione garantita, la direzione dei lavori potrà chiedere le seguenti informazioni:

- tipo e classe di resistenza del cemento;- tipo di aggregato;- tipo di additivi eventualmente aggiunti;- rapporto acqua/cemento;- prove di controllo di produzione del calcestruzzo;- sviluppo della resistenza;- provenienza dei materiali componenti.

Per i calcestruzzi di particolare composizione dovranno essere fornite informazioni circa la composizione, il rapporto acqua/cemento e la dimensione massima dell'aggregato.

Il direttore dei lavori potrà rifiutare il calcestruzzo qualora non rispetti le prescrizioni di legge e contrattuali, espresse almeno in termini di resistenza contrattistica e classe di consistenza.

Le considerazioni su esposte valgono anche per il calcestruzzo confezionato in cantiere.

Norma di riferimento

**UNI EN 206-1** – *Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità.*

#### 42.2.6 Esecuzione del getto del calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato

*Programma dei getti*

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al direttore dei lavori il programma dei getti del calcestruzzo indicando:

- il luogo di getto;- la struttura interessata dal getto;- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti dovrebbero avere inizio solo dopo che il direttore dei lavori ha verificato:

- la preparazione e rettificazione dei piani di posa;- la pulizia delle casseforme;- la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;- la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione;- la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.);- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Nel caso di getti contro terra è bene controllare che siano eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto, le seguenti operazioni:

- la pulizia del sottofondo;- la posizione di eventuali drenaggi;- la stesa di materiale isolante e/o di collegamento.

#### *Modalità esecutive e verifica della corretta posizione delle armature*

L'appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

Prima dell'esecuzione del getto la direzione dei lavori dovrà verificare:

- la corretta posizione delle armature metalliche;- la rimozione di polvere, terra, ecc., dentro le casseformi; - i giunti di ripresa delle armature;- la bagnatura dei casseri;- le giunzioni tra i casseri;- la pulitura dell'armatura da ossidazioni metalliche superficiali;- la stabilità delle casseformi, ecc.

I getti devono essere eseguiti a strati di spessore limitato per consentirne la vibrazione completa ed evitare il fenomeno della segregazione dei materiali, spostamenti e danni alle armature, guaine, ancoraggi, ecc.

Il calcestruzzo pompabile deve avere una consistenza semifluida, con uno slump non inferiore a 10-15 cm. Inoltre, l'aggregato deve avere diametro massimo non superiore ad 1/3 del diametro interno del tubo della pompa.

Le pompe a rotore o a pistone devono essere impiegate per calcestruzzo avente diametro massimo dell'aggregato non inferiore a 15 mm. In caso di uso di pompe a pistone devono adoperarsi le necessarie riduzioni del diametro del tubo in relazione al diametro massimo dell'inerte che non deve essere superiore a 1/3 del diametro interno del tubo di distribuzione.

Le pompe pneumatiche devono adoperarsi per i betoncini e le malte o pasta di cemento.

La direzione dei lavori, durante l'esecuzione del getto del calcestruzzo, dovrà verificare la profondità degli strati e la distribuzione uniforme entro le casseformi, l'uniformità della compattazione senza fenomeni di segregazione e gli accorgimenti per evitare danni dovuti alle vibrazioni o urti alle strutture già gettate.

L'appaltatore ha l'onere di approntare i necessari accorgimenti per proteggere le strutture appena gettate dalle condizioni atmosferiche negative o estreme, quali pioggia, freddo, caldo. La superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno 15 giorni e comunque fino a 28 giorni dall'esecuzione, in climi caldi e secchi.

Non si deve mettere in opera calcestruzzo a temperature minori di 0 °C, salvo il ricorso a opportune cautele autorizzate dalla direzione dei lavori.

#### *Realizzazione delle gabbie delle armature per cemento armato*

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera. In ogni caso, in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile.

La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare il copriferro prescritto.

#### *Ancoraggio delle barre e loro giunzioni*

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso, la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di venti volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare quattro volte il diametro;

- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto, nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;

- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali.

Per le barre di diametro  $\varnothing > 32$  mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

L'appaltatore dovrà consegnare preventivamente al direttore dei lavori le schede tecniche dei prodotti da utilizzare per le giunzioni.

#### *Getto del calcestruzzo ordinario*

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si deve effettuare applicando tutti gli accorgimenti atti a evitare la segregazione.

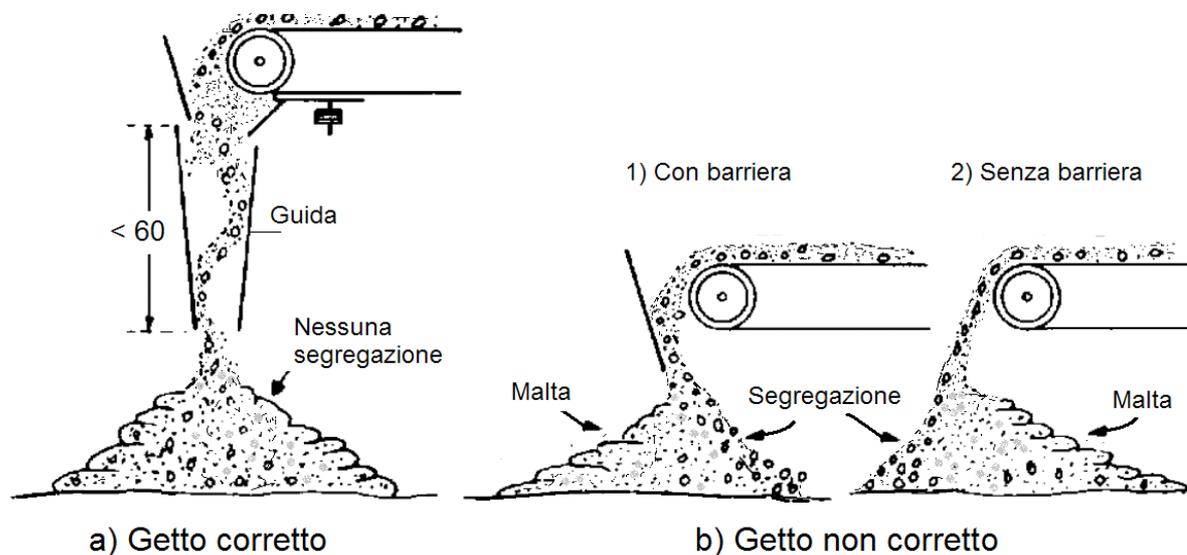
È opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non ecceda 50-80 cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.

Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione. Per limitare l'altezza di caduta libera del calcestruzzo, è opportuno utilizzare un tubo di getto che consenta al calcestruzzo di fluire all'interno di quello precedentemente messo in opera.

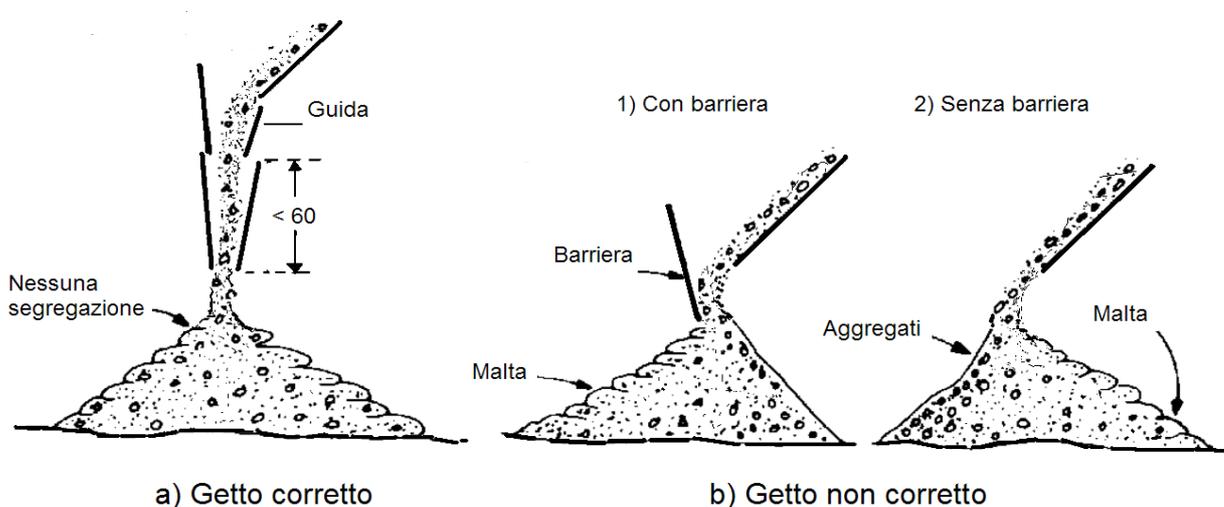
Nei getti in pendenza è opportuno predisporre dei cordolini d'arresto atti a evitare la formazione di lingue di calcestruzzo tanto sottili da non poter essere compattate in modo efficace.

Nel caso di getti in presenza d'acqua è opportuno:

- adottare gli accorgimenti atti a impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- provvedere, con i mezzi più adeguati, alla deviazione dell'acqua e adottare miscele di calcestruzzo, coesive, con caratteristiche antidilavamento, preventivamente provate e autorizzate dal direttore dei lavori;
- utilizzare una tecnica di messa in opera che permetta di gettare il calcestruzzo fresco dentro il calcestruzzo fresco precedentemente gettato, in modo da far rifluire il calcestruzzo verso l'alto, limitando così il contatto diretto tra l'acqua e il calcestruzzo fresco in movimento.



**Figura 44.1** Esempi di getto di calcestruzzo con nastro trasportatore: a) getto corretto e b) getto non corretto. Nel caso b) si ha la separazione degli aggregati dalla malta cementizia. La barriera comporta soltanto il cambiamento di direzione della segregazione



**Figura 44.2** Esempi di getto di calcestruzzo da piano inclinato: a) getto corretto e b) getto non corretto. Nel caso b) si

ha la separazione degli aggregati dalla malta cementizia. La barriera comporta soltanto il cambiamento di direzione della segregazione

#### 44.2.6.6 Getto del calcestruzzo autocompattante

Il calcestruzzo autocompattante deve essere versato nelle casseforme in modo da evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo. Se si usa una pompa, una tramoggia o se si fa uso della benna, il terminale di gomma deve essere predisposto in modo che il calcestruzzo possa distribuirsi omogeneamente entro la cassaforma. Per limitare il tenore d'aria occlusa è opportuno che il tubo di scarico rimanga sempre immerso nel calcestruzzo.

Nel caso di getti verticali e impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa. Indicativamente un calcestruzzo autocompattante ben formulato ha una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 m. Tale distanza dipende comunque anche dalla densità delle armature.

#### Getti in climi freddi

Si definisce *clima freddo* una condizione climatica in cui, per tre giorni consecutivi, si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- la temperatura media dell'aria è inferiore a 5 °C; - la temperatura dell'aria non supera 10 °C per più di 12 ore.

Prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura  $\geq + 5$  °C. La neve e il ghiaccio, se presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo. I getti all'esterno devono essere sospesi se la temperatura dell'aria è  $\leq 0$  °C. Tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla direzione dei lavori (per esempio, riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, ecc.).

Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.

L'appaltatore deve eventualmente coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta. In fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti anti-evaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.

Gli elementi a sezione sottile messi in opera in casseforme non coibentate, esposti sin dall'inizio a basse temperature ambientali, richiedono un'attenta e sorvegliata stagionatura.

Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione ( $5 \text{ N/mm}^2$ ), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile.

Il valore limite ( $5 \text{ N/mm}^2$ ) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume d'idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo.

Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari (alta montagna) nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime 24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo.

Nella tabella 44.2 sono riportate le temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche ed alle dimensioni del getto.

**Tabella 44.2. Temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche e alle dimensioni del getto**

Dimensione minima della sezione (mm <sup>2</sup> )			
< 300	300 ÷ 900	900 ÷ 1800	> 1800
Temperatura minima del calcestruzzo al momento della messa in opera			
13 °C	10 °C	7 °C	5 °C
Massima velocità di raffreddamento per le superfici del calcestruzzo al termine del periodo di protezione			
1,15 °C/h	0,90 °C/h	0,70 °C/h	0,45 °C/h

Durante il periodo freddo la temperatura del calcestruzzo fresco messo in opera nelle casseforme non dovrebbe essere inferiore ai valori riportati nel prospetto precedente. In relazione alla temperatura ambiente e ai tempi di attesa e di trasporto, si deve prevedere un raffreddamento di 2-5 °C tra il termine della miscelazione e la messa in opera. Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme. Quelle metalliche, per esempio, offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.

Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna. La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni, facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

#### *Getti in climi caldi*

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco che di quello indurito. Infatti, provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto e una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata. Le condizioni che caratterizzano il clima caldo sono:

- temperatura ambiente elevata;- bassa umidità relativa;- forte ventilazione (non necessariamente nella sola stagione calda);- forte irraggiamento solare;- temperatura elevata del calcestruzzo.

I potenziali problemi per il calcestruzzo fresco riguardano:

- aumento del fabbisogno d'acqua;- veloce perdita di lavorabilità e conseguente tendenza a rapprendere nel corso della messa in opera;- riduzione del tempo di presa con connessi problemi di messa in opera, di compattazione, di finitura e rischio di formazione di giunti freddi;- tendenza alla formazione di fessure per ritiro plastico;- difficoltà nel controllo dell'aria inglobata.

I potenziali problemi per il calcestruzzo indurito riguardano:

- riduzione della resistenza a 28 giorni e penalizzazione nello sviluppo delle resistenze a scadenze più lunghe, sia per la maggior richiesta di acqua sia per effetto del prematuro indurimento del calcestruzzo;- maggior ritiro per perdita di acqua;- probabili fessure per effetto dei gradienti termici (picco di temperatura interno e gradiente termico verso l'esterno);- ridotta durabilità per effetto della diffusa micro-fessurazione;- forte variabilità nella qualità della superficie dovuta alle differenti velocità di idratazione;- maggior permeabilità.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare 35 °C; tale limite dovrà essere convenientemente ridotto nel caso di getti di grandi dimensioni. Esistono diversi metodi per raffreddare il calcestruzzo; il più semplice consiste nell'utilizzo d'acqua molto fredda o di ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua d'impasto. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo, si possono aggiungere additivi ritardanti o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dalla direzione dei lavori.

I getti di calcestruzzo in climi caldi devono essere eseguiti di mattina, di sera o di notte, ovvero quando la temperatura risulta più bassa.

I calcestruzzi da impiegare nei climi caldi dovranno essere confezionati preferibilmente con cementi a basso calore di idratazione oppure aggiungendo all'impasto additivi ritardanti.

Il getto successivamente deve essere trattato con acqua nebulizzata e con barriere frangivento per ridurre l'evaporazione dell'acqua di impasto.

Nei casi estremi il calcestruzzo potrà essere confezionato raffreddando i componenti, per esempio tenendo all'ombra gli inerti e aggiungendo ghiaccio all'acqua. In tal caso, prima dell'esecuzione del getto entro le casseforme, la direzione dei lavori dovrà accertarsi che il ghiaccio risulti completamente disciolto.

#### *Riprese di getto. Riprese di getto su calcestruzzo fresco e su calcestruzzo indurito*

Le interruzioni del getto devono essere autorizzate dalla direzione dei lavori. Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale. Per ottenere ciò, è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che mediante vibrazione si ottenga la monoliticità del calcestruzzo.

Qualora siano inevitabili le riprese di getto, è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa sia lasciata quanto più possibile corrugata. Alternativamente, la superficie deve essere scalfita e pulita dai detriti, in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo. L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine) o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo di additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie.

In sintesi:

- le riprese del getto su calcestruzzo fresco possono essere eseguite mediante l'impiego di additivi ritardanti nel dosaggio necessario in relazione alla composizione del calcestruzzo;

- le riprese dei getti su calcestruzzo indurito devono prevedere superfici di ripresa del getto precedente molto rugose, che devono essere accuratamente pulite e superficialmente trattate per assicurare la massima adesione tra i due getti di calcestruzzo.

La superficie di ripresa del getto di calcestruzzo può essere ottenuta con:

- scarificazione della superficie del calcestruzzo già gettato;

- spruzzando sulla superficie del getto una dose di additivo ritardante la presa;

- collegando i due getti con malta di collegamento a ritiro compensato.

Quando sono presenti armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, occorre fare sì che tali barre, in grado per la loro natura di resistere al taglio, possano funzionare più efficacemente come elementi tesi in tralicci resistenti agli scorrimenti, essendo gli elementi compressi costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che, come si è detto in precedenza, abbiano a trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse (questo è, per esempio, il caso delle travi gettate in più riprese sulla loro altezza).

Tra le riprese di getto sono da evitare i distacchi, le discontinuità o le differenze d'aspetto e colore.

Nel caso di ripresa di getti di calcestruzzo a vista devono eseguirsi le ulteriori disposizioni del direttore dei lavori.

#### *Compattazione del calcestruzzo*

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusi tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 e il 20%, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma.

La compattazione è il processo mediante il quale le particelle solide del calcestruzzo fresco si serrano tra loro riducendo i vuoti. Tale processo può essere effettuato mediante vibrazione, centrifugazione, battitura e assestamento.

I calcestruzzi con classi di consistenza S1 e S2, che allo stato fresco sono generalmente rigidi, richiedono una compattazione più energica dei calcestruzzi di classe S3 o S4, aventi consistenza plastica o plastica fluida.

La lavorabilità di un calcestruzzo formulato originariamente con poca acqua non può essere migliorata aggiungendo acqua. Tale aggiunta penalizza la resistenza e dà luogo alla formazione di una miscela instabile che tende a segregare durante la messa in opera. Quando necessario possono essere utilizzati degli additivi fluidificanti o talvolta superfluidificanti.

Nel predisporre il sistema di compattazione, si deve prendere in considerazione la consistenza effettiva del calcestruzzo al momento della messa in opera che, per effetto della temperatura e della durata di trasporto, può essere inferiore a quella rilevata al termine dell'impasto.

La compattazione del calcestruzzo deve evitare la formazione di vuoti, soprattutto nelle zone di copriferro.

#### *Compattazione mediante vibrazione*

La vibrazione consiste nell'imporre al calcestruzzo fresco rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione, il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione, l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto. I vibratorii possono essere interni ed esterni.

I vibratorii interni, detti anche *a immersione* o *ad ago*, sono i più usati nei cantieri. Essi sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e 0,6 m, mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz.

L'uso dei vibratorii non deve essere prolungato, per non provocare la separazione dei componenti il calcestruzzo per effetto della differenza del peso specifico e il rifluimento verso l'alto dell'acqua di impasto con conseguente trasporto di cemento.

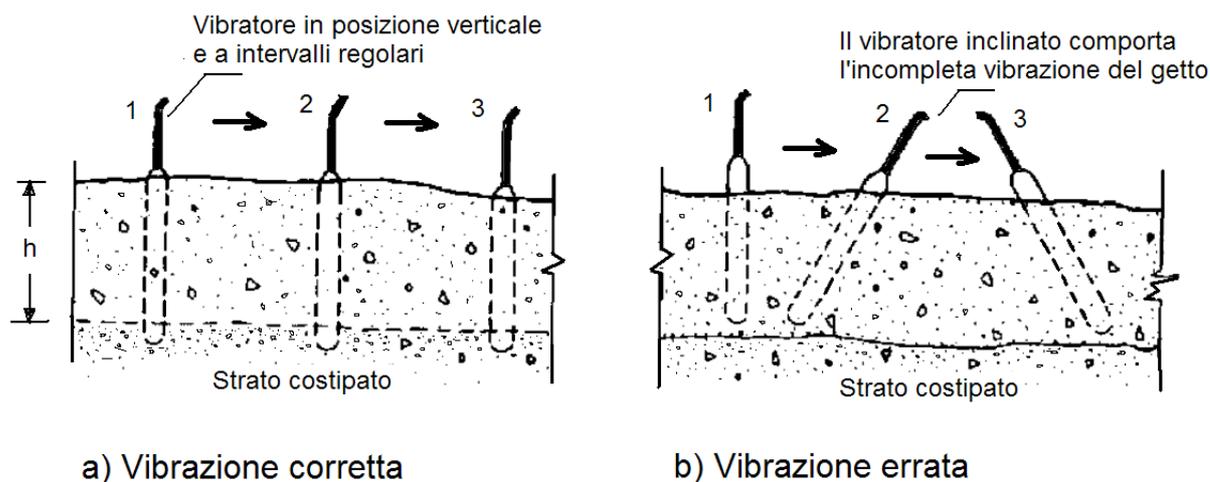
Per effettuare la compattazione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza che vanno dai 5 ai 30 secondi. L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la chiusura dei fori da esso lasciati.

L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo, si ottiene un adeguato legame tra gli strati e si impedisce la formazione di un giunto freddo tra due strati di getti sovrapposti. I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratorii mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione degli aggregati grossi. La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore e a condizione che non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.

Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo stato plastico, così da evitare i giunti freddi.

I vibratorii esterni sono utilizzati generalmente negli impianti di prefabbricazione ma possono comunque essere utilizzati anche nei cantieri quando la struttura è complessa o l'addensamento delle barre d'armatura limita o impedisce l'inserimento di un vibratore a immersione.

I vibratorii superficiali applicano la vibrazione tramite una sezione piana appoggiata alla superficie del getto: in questo modo il calcestruzzo è sollecitato in tutte le direzioni e la tendenza a segregare è minima. Un martello elettrico può essere usato come vibratore superficiale se combinato con una piastra d'idonea sezione. Per consolidare sezioni sottili è utile l'impiego di rulli vibranti.



**Figura 44.5** Esecuzione del getto e modalità di costipazione mediante vibrazione interna

### Stagionatura

#### Prescrizioni per una corretta stagionatura

Per una corretta stagionatura del calcestruzzo è necessario seguire le seguenti disposizioni:

- prima della messa in opera:- saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno, oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante;- la temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera deve essere  $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , raffreddando, se necessario, gli aggregati e l'acqua di miscela.
- durante la messa in opera:- erigere temporanee barriere frangivento per ridurre la velocità sulla superficie del calcestruzzo;
- erigere protezioni temporanee contro l'irraggiamento diretto del sole;- proteggere il calcestruzzo con coperture temporanee, quali fogli di polietilene, nell'intervallo fra la messa in opera e la finitura;- ridurre il tempo fra la messa in opera e l'inizio della stagionatura protetta.
- dopo la messa in opera:- minimizzare l'evaporazione proteggendo il calcestruzzo immediatamente dopo la finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura;- la massima temperatura ammissibile all'interno delle sezioni è di  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;- la differenza massima di temperatura fra l'interno e l'esterno è di  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;- la massima differenza di temperatura fra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

È compito della direzione dei lavori specificare le modalità di ispezione e di controllo.

#### Protezione in generale

La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre serve a impedire che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi. L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione;
- il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;
- che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.

I metodi di stagionatura proposti dall'appaltatore dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del direttore dei lavori, che potrà richiedere le opportune verifiche sperimentali.

Durante il periodo di stagionatura protetta, si dovrà evitare che i getti di calcestruzzo subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal progettista.

L'appaltatore dovrà evitare congelamenti superficiali o totali di strutture in cemento armato sottili oppure innalzamenti di temperatura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive.

#### Protezione termica durante la stagionatura

A titolo esemplificativo di seguito si indicano i più comuni sistemi di protezione termica per le strutture in calcestruzzo adottabili nei getti di cantiere, ovvero:

- cassaforma isolante;- sabbia e foglio di polietilene;- immersione in leggero strato d'acqua;- coibentazione con teli flessibili.

#### Cassaforma isolante

Il  $t \leq 20$  °C può essere rispettato se si usa una cassaforma isolante, ad esempio legno compensato con spessore = 2 cm o se il getto si trova contro terra.

#### Sabbia e foglio di polietilene

La parte superiore del getto si può proteggere con un foglio di polietilene coperto con 7-8 cm di sabbia. Il foglio di polietilene ha anche la funzione di mantenere la superficie pulita e satura d'umidità.

#### Immersione in leggero strato d'acqua

La corretta stagionatura è assicurata mantenendo costantemente umida la struttura messa in opera. Nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, si suggerisce di creare un cordolo perimetrale che permette di mantenere la superficie costantemente ricoperta da alcuni centimetri d'acqua.

Occorre porre attenzione, in condizioni di forte ventilazione, alla rapida escursione della temperatura sulla superficie per effetto dell'evaporazione.

#### Coibentazione con teli flessibili

Sono ideali nelle condizioni invernali, in quanto permettono di trattenere il calore nel getto, evitando la dispersione naturale. Si deve tener conto tuttavia che nella movimentazione le coperte possono essere facilmente danneggiate.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, occorre prevedere ed eseguire in cantiere una serie di verifiche che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

#### Durata della stagionatura

Con il termine *durata di stagionatura* si intende il periodo che intercorre tra la messa in opera e il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate. Per l'intera durata della stagionatura, il calcestruzzo necessita d'attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta. La durata di stagionatura deve essere prescritta in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione. Se la classe di esposizione prevista è limitata alle classi X0 e XC1, il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il tempo di presa sia inferiore a cinque ore, e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5 °C. Se il calcestruzzo è esposto a classi d'esposizione diverse da X0 o XC1, la durata di stagionatura deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto.

Nella tabella 44.3 è riportata, in funzione dello sviluppo della resistenza e della temperatura del calcestruzzo, la durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse da X0 e XC1.

**Tabella 44.3. Durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse (da X0 a XC1)**

Temperatura $t$ della superficie del calcestruzzo (°C)	Durata minima della stagionatura (giorni)			
	Sviluppo della resistenza in base al rapporto $r = (f_{cm2}/f_{cm28})^1$			
	Rapido $r \geq 0,50$	Medio $0,50 < r = < 0,30$	Lento $0,30 < r \leq 0,15$	Molto lento $r < 0,15$
$t \geq 25$	1	1,5	2	3
$25 > t \geq 15$	1	2	3	5
$15 > t \geq 10$	2	4	7	10
$10 > t \geq 5$	3	6	10	15

<sup>1</sup> La velocità di sviluppo della resistenza  $r$  è calcolata in base al rapporto sperimentale della resistenza meccanica  $f_{cm}$  alla compressione determinata alla scadenza di 2 e 28 giorni. Al tempo di maturazione specificato deve essere aggiunto l'eventuale tempo di presa eccedente le cinque ore. Il tempo durante il quale il calcestruzzo rimane a temperatura  $< 5$  °C non deve essere computato come tempo di maturazione.

L'indicazione circa la durata di stagionatura, necessaria a ottenere la durabilità e impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle

casseforme e i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale. Per limitare la perdita d'acqua per evaporazione si adottano i seguenti metodi:

- mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato (3-7 giorni);
- coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica, a tenuta di vapore, assicurati ai bordi e nei punti di giunzione;
- mettere in opera coperture umide sulla superficie in grado di proteggere dall'essiccazione;
- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l'apporto di acqua;
- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti) per la protezione delle superfici.

I prodotti filmogeni di protezione curing non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali, a meno che il prodotto non venga completamente rimosso prima delle operazioni o che si sia verificato che non ci siano effetti negativi nei riguardi dei trattamenti successivi, salvo specifica deroga da parte della direzione dei lavori. Per eliminare il film dello strato protettivo dalla superficie del calcestruzzo, si può utilizzare la sabbiatura o l'idropulitura con acqua in pressione. La colorazione del prodotto di curing serve a rendere visibili le superfici trattate. Si devono evitare, nel corso della stagionatura, i ristagni d'acqua sulle superfici che rimarranno a vista.

Nel caso in cui siano richieste particolari caratteristiche per la superficie del calcestruzzo, quali la resistenza all'abrasione o durabilità, è opportuno aumentare il tempo di protezione e maturazione.

*Norme di riferimento per i prodotti filmogeni*

**UNI EN 206-1** – Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità;

**UNI 8656** – Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti;

**UNI8657** – Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d'acqua;

**UNI8658** – Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento;

**UNI8659** – Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco;

**UNI8660** – Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.

*Controllo della fessurazione superficiale*

Per le strutture in cemento armato in cui non sono ammesse fessurazioni dovranno essere predisposti i necessari accorgimenti previsti dal progetto esecutivo o impartite dalla direzione dei lavori.

Le fessurazioni superficiali dovute al calore che si genera nel calcestruzzo devono essere controllate mantenendo la differenza di temperatura tra il centro e la superficie del getto intorno ai 20 °C.

*Maturazione accelerata con getti di vapore saturo*

In cantiere la maturazione accelerata a vapore del calcestruzzo gettato può ottenersi con vapore alla temperatura di 55-80 °C alla pressione atmosferica. La temperatura massima raggiunta dal calcestruzzo non deve superare i 60 °C e il successivo raffreddamento deve avvenire con gradienti non superiori a 10 °C/h.

A titolo orientativo potranno essere eseguite le raccomandazioni del documento aci 517.2R-80 (*Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressure*).

#### 42.2.7 Casseforme e puntelli per le strutture in calcestruzzo semplice e armato

*Caratteristiche delle casseforme*

Le casseforme e le relative strutture di supporto devono essere realizzate in modo da sopportare le azioni alle quali sono sottoposte nel corso della messa in opera del calcestruzzo e in modo da essere abbastanza rigide per garantire il rispetto delle dimensioni geometriche e delle tolleranze previste.

In base alla loro configurazione le casseforme possono essere classificate in:

- casseforme smontabili;- casseforme a tunnel, idonee a realizzare contemporaneamente elementi edilizi orizzontali e verticali;- casseforme rampanti, atte a realizzare strutture verticali mediante il loro progressivo innalzamento, ancorate al calcestruzzo precedentemente messo in opera;- casseforme scorrevoli, predisposte per realizzare in modo continuo opere che si sviluppano in altezza o lunghezza.

Per rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali, le casseforme devono essere praticamente indeformabili quando, nel corso della messa in opera, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo e alla vibrazione. È opportuno che eventuali prescrizioni relative al grado di finitura della superficie a vista siano riportate nelle specifiche progettuali.

tuali.

La superficie interna delle casseforme rappresenta il negativo dell'opera da realizzare; tutti i suoi pregi e difetti si ritrovano sulla superficie del getto.

Generalmente, una cassaforma è ottenuta mediante l'accostamento di pannelli. Se tale operazione non è eseguita correttamente e/o non sono predisposti i giunti a tenuta, la fase liquida del calcestruzzo, o boiaccia, fuoriesce provocando difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione nonché nidi di ghiaia.

La tenuta delle casseforme deve essere curata in modo particolare nelle strutture con superfici di calcestruzzo a vista e può essere migliorata utilizzando giunti preformati riutilizzabili oppure con mastice e con guarnizioni monouso.

Alla difficoltà di ottenere connessioni perfette si può porre rimedio facendo in modo che le giunture siano in corrispondenza di modanature o di altri punti d'arresto del getto.

Tutti i tipi di casseforme (con la sola esclusione di quelle che rimangono inglobate nell'opera finita), prima della messa in opera del calcestruzzo, richiedono il trattamento con un agente (prodotto) disarmante.

I prodotti disarmanti sono applicati ai manti delle casseforme per agevolare il distacco del calcestruzzo, ma svolgono anche altre funzioni, quali la protezione della superficie delle casseforme metalliche dall'ossidazione e della corrosione, l'impermeabilizzazione dei pannelli di legno e il miglioramento della qualità della superficie del calcestruzzo. La scelta del prodotto e la sua corretta applicazione influenzano la qualità delle superfici del calcestruzzo, in particolare l'omogeneità di colore e l'assenza di bolle.

Le casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato o altri materiali assorbenti, calcestruzzo compreso prima della messa in opera del calcestruzzo richiedono la saturazione con acqua. Si deve aver cura di eliminare ogni significativa traccia di ruggine nelle casseforme metalliche.

Nel caso in cui i ferri d'armatura non siano vincolati alle casseforme, per rispettare le tolleranze dello spessore del copriferro si dovranno predisporre opportune guide o riscontri che contrastano l'effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo.

Nella tabella 44.4 sono indicati i principali difetti delle casseforme, le conseguenze e le possibili precauzioni per evitarle o almeno contenere i difetti stessi.

**Tabella 44.4. Difetti delle casseforme, conseguenze e precauzioni**

	<b>Difetti</b>	<b>Conseguenze</b>	<b>Precauzioni</b>
<b>Per le casseforme</b>	Deformabilità eccessiva	Sulle tolleranze dimensionali	Utilizzare casseforme poco deformabili, casseforme non deformate, pannelli di spessore omogeneo
	Tenuta insufficiente	Perdita di boiaccia e/o fuoriuscita d'acqua d'impasto. Formazione di nidi di ghiaia	Connettere correttamente le casseforme e sigillare i giunti con materiali idonei o guarnizioni
<b>Per i pannelli</b>	Superficie troppo assorbente	Superficie del calcestruzzo omogenea e di colore chiaro	Saturare le casseforme con acqua. Usare un idoneo prodotto disarmante e/o impermeabilizzante
	Superficie non assorbente	Presenza di bolle superficiali	Distribuire correttamente il disarmante. Far rifluire il calcestruzzo dal basso
	Superficie ossidata	Tracce di macchie e di ruggine	Pulire accuratamente le casseforme metalliche. Utilizzare un prodotto disarmante anticorrosivo
<b>Per i prodotti disarmanti</b>	Distribuzione in eccesso	Macchie sul calcestruzzo Presenza di bolle d'aria	Utilizzare un sistema idoneo a distribuire in modo omogeneo un film sottile di disarmante. Pulire accuratamente le casseforme dai residui dei precedenti impieghi
	Distribuzione insufficiente	Disomogeneità nel distacco	Curare l'applicazione del prodotto disarmante

*Casseforme speciali*

Le casseforme speciali più frequentemente utilizzate sono quelle rampanti e quelle scorrevoli orizzontali e verticali.

Le casseforme rampanti si sorreggono sul calcestruzzo indurito dei getti sottostanti precedentemente messi in opera. Il loro fissaggio è realizzato mediante bulloni o barre inserite nel calcestruzzo. L'avanzamento nei getti è vincolato al raggiungimento da parte del calcestruzzo di una resistenza sufficiente a sostenere il carico delle armature, del calcestruzzo del successivo getto, degli uomini e delle attrezzature.

Questa tecnica è finalizzata alla realizzazione di strutture di notevole altezza, quali pile di ponte, ciminiere, pareti di sbarramento (dighe), strutture industriali a sviluppo verticale.

La tecnica delle casseforme scorrevoli consente di mettere in opera il calcestruzzo in modo continuo. La velocità di avanzamento della cassaforma è regolata in modo che il calcestruzzo formato sia sufficientemente rigido da mantenere la propria forma, sostenere il proprio peso e le eventuali sollecitazioni indotte dalle attrezzature e, nel caso di casseforme scorrevoli verticali, anche il calcestruzzo del getto successivo.

Le casseforme scorrevoli orizzontali scivolano conferendo al calcestruzzo la sezione voluta, avanzano su rotaie e la direzione e l'allineamento sono mantenuti facendo riferimento a un filo di guida. Sono utilizzate, ad esempio, per rivestimenti di gallerie, condotte d'acqua, rivestimenti di canali, pavimentazioni stradali, barriere spartitraffico.

Le casseforme scorrevoli verticali invece sono utilizzate per realizzare strutture, quali sili, edifici a torre, ciminiere.

L'utilizzo delle casseforme scorrevoli comporta dei vincoli per le proprietà del calcestruzzo fresco. Nel caso delle casseforme scorrevoli orizzontali, è richiesta una consistenza quasi asciutta (S1-S2). Il calcestruzzo deve rendersi plastico sotto l'effetto dei vibratori, ma al rilascio dello stampo deve essere sufficientemente rigido per autosostenersi. Con le casseforme scorrevoli verticali invece il tempo d'indurimento e la scorrevolezza del calcestruzzo sono parametri vincolanti e devono essere costantemente controllati.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

#### *Casseforme in legno*

Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso, l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti. Le parti componenti i casseri devono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

**Tabella 44.5. Legname per carpenteria**

<b>Tavolame</b>	Tavole (o sottomisure)	Spessore 2,5 cm Larghezza 8-16 cm Lunghezza 4 m
	Tavoloni (da ponteggio)	Spessore 5 cm Larghezza 30-40 cm Lunghezza 4 m
<b>Legname segato</b>	Travi (sostacchine)	Sezione quadrata da 12 x 12 a 20 x 20 cm lunghezza 4 m
<b>Legname tondo</b>	Antenne, candele	Diametro min 12 cm Lunghezza > 10-12 cm
	Pali, ritti	Diametro 10-12 cm Lunghezza > 6-12 cm
<b>Residui di lavorazioni precedenti</b>	Da tavole (mascelle) Da travi (mozzature)	Lunghezza > 20 cm

#### *Pulizia e trattamento*

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Dove e quando necessario, si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a

prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

#### *Legature delle casseforme e distanziatori delle armature*

Gli inserti destinati a mantenere le armature in posizione, quali distanziali, tiranti, barre o altri elementi incorporati o annegati nella sezione come placche e perni di ancoraggio, devono:

- essere fissati solidamente in modo tale che la loro posizione rimanga quella prescritta anche dopo la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo;- non indebolire la struttura;- non indurre effetti dannosi al calcestruzzo, agli acciai di armatura e ai tiranti di precompressione;- non provocare macchie inaccettabili;- non nuocere alla funzionalità o alla durabilità dell'elemento strutturale;- non ostacolare la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo.

Ogni elemento annegato deve avere una rigidità tale da mantenere la sua forma durante le operazioni di messa in opera del calcestruzzo.

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo. In particolare, viene prescritto che dovunque sia possibile gli elementi delle casseforme vengano fissati nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di pvc o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di calcestruzzo. Dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla direzione dei lavori, potranno essere adottati altri sistemi, prescrivendo le cautele da adottare.

È vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono invece ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento.

La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile. Si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e emisferiche.

#### *Strutture di supporto*

Le strutture di supporto devono prendere in considerazione l'effetto combinato:

- del peso proprio delle casseforme, dei ferri d'armatura e del calcestruzzo;- della pressione esercitata sulle casseforme dal calcestruzzo in relazione ai suoi gradi di consistenza più elevati, particolarmente nel caso di calcestruzzo autocompattante (scc);- delle sollecitazioni esercitate da personale, materiali, attrezzature, ecc., compresi gli effetti statici e dinamici provocati dalla messa in opera del calcestruzzo, dai suoi eventuali accumuli in fase di getto e dalla sua compattazione;- dei possibili sovraccarichi dovuti al vento e alla neve.

Alle casseforme non devono essere connessi carichi e/o azioni dinamiche dovute a fattori esterni quali, ad esempio, le tubazioni delle pompe per calcestruzzo. La deformazione totale delle casseforme e la somma di quelle relative ai pannelli e alle strutture di supporto non deve superare le tolleranze geometriche previste per il getto.

Per evitare la deformazione del calcestruzzo non ancora completamente indurito e le possibili fessurazioni, le strutture di supporto devono prevedere l'effetto della spinta verticale e orizzontale del calcestruzzo durante la messa in opera e, nel caso in cui la struttura di supporto poggi anche parzialmente al suolo, occorrerà assumere i provvedimenti necessari per compensare gli eventuali assamenti.

Nel caso del calcestruzzo autocompattante (scc) non è prudente tener conto della riduzione di pressione laterale, che deve essere considerata di tipo idrostatico agente su tutta l'altezza di getto, computata a partire dalla quota d'inizio o di ripresa di getto. Per evitare la marcatura delle riprese di getto, compatibilmente con la capacità delle casseforme a resistere alla spinta idrostatica esercitata dal materiale fluido, il calcestruzzo autocompattante deve essere messo in opera in modo continuo, programmando le riprese di getto lungo le linee di demarcazione architettoniche (modanature, segna-piano, ecc.).

#### *Giunti tra gli elementi di cassaforma*

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura, al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature. Potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici.

#### *Predisposizione di fori, tracce, cavità*

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni progettuali esecutivi, per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttive, sicurezza, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc.

#### 42.2.8 Linee generali per il disarmo delle strutture in cemento armato

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto. Queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate;- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate;- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti.

I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.

La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio. L'appaltatore non può effettuare il disarmo delle strutture entro giorni ..... dalla data di esecuzione del getto.

Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari a evitare brusche sollecitazioni e azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, a una repentina forza uguale e contraria a quella esercitata dal supporto (per carichi verticali, si tratta di forze orientate verso il basso, che danno luogo a impropri aumenti di sollecitazione delle strutture). Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza indicata dal progettista e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della legge n. 1086/1971. In ogni caso, il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la direzione dei lavori.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo e alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

Le operazioni di disarmo delle strutture devono essere eseguite da personale specializzato dopo l'autorizzazione del direttore dei lavori. Si dovrà tenere conto e prestare attenzione che sulle strutture da disarmare non vi siano carichi accidentali e temporanei e verificare i tempi di maturazione dei getti in calcestruzzo.

È vietato disarmare le armature di sostegno se sulle strutture insistono carichi accidentali e temporanei.

**Tabella 44.6. Tempi minimi per del disarmo delle strutture in cemento armato dalla data del getto**

Struttura	Calcestruzzo normale (giorni)	Calcestruzzo ad alta resistenza (giorni)
Sponde dei casseri di travi e pilastri	3	2
Solette di luce modesta	10	4
Puntelli e centine di travi, archi e volte	24	12
Strutture a sbalzo	28	14

#### *Disarmanti*

L'impiego di disarmanti per facilitare il distacco delle casseforme non deve pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo e la permeabilità né influenzarne la presa o causare la formazione di bolle e macchie.

La direzione dei lavori potrà autorizzare l'uso di disarmanti sulla base di prove sperimentali per valutarne gli effetti finali. In generale, le quantità di disarmante non devono superare i dosaggi indicati dal produttore. La stessa cosa vale per l'applicazione del prodotto.

Norme di riferimento

**UNI8866-1** – *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Definizione e classificazione;*

**UNI8866-2** – *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su superficie di acciaio o di legno trattato.*

#### 42.2.9 Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dall'appaltatore dopo il disarmo delle strutture in calcestruzzo senza il preventivo controllo del direttore dei lavori.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti dovranno essere accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

Gli eventuali fori e/o nicchie formate nel calcestruzzo dalle strutture di supporto dei casseri devono essere riempiti e trattati in superficie con un materiale di qualità simile a quella del calcestruzzo circostante.

A seguito di tali interventi, la direzione dei lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura delle superfici del getto con idonei prodotti.

#### *Caricamento delle strutture disarmate*

Il caricamento delle strutture in cemento armato disarmate deve essere autorizzato dalla direzione dei lavori che deve valutarne l'idoneità statica o in relazione alla maturazione del calcestruzzo e ai carichi sopportabili.

La direzione dei lavori potrà procedere alla misura delle deformazioni delle strutture dopo il disarmo, considerando l'azione del solo peso proprio.

#### 42.3 Prescrizioni specifiche per il calcestruzzo a faccia vista

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe. La sabbia invece dovrà provenire dalla stessa cava e avere granulometria e composizione costante.

Le opere o i costituenti delle opere a faccia a vista, che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore, dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura. In particolare, si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme.

Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo. Qualora queste apparissero, sarà onere dell'appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi.

Le superfici finite e curate – come indicato ai punti precedenti – dovranno essere adeguatamente protette, se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse.

Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altri elementi che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica.

Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa. In tali casi, occorrerà prendere i dovuti provvedimenti, evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto.

Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal direttore dei lavori.

Tutti gli elementi, metallici e non, utilizzati per la legatura e il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura.

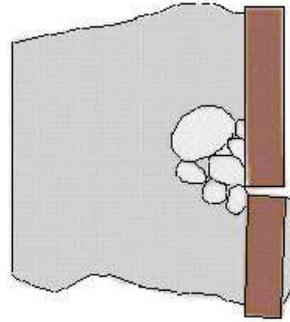
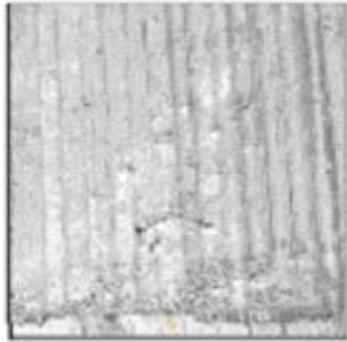
#### 42.4 Difetti superficiali delle strutture, cause e rimedi

I difetti superficiali del calcestruzzo influenzano non solo le sue caratteristiche estetiche, ma anche quelle di durabilità.

I più frequenti difetti superficiali sono riportati nelle tabelle 44.7-58.16, con le indicazioni relative alle cause e ai rimedi che devono essere adottati.

**Tabella 44.7. Nidi di ghiaia (presenza di aggregato grosso non ricoperto da malta cementizia)**

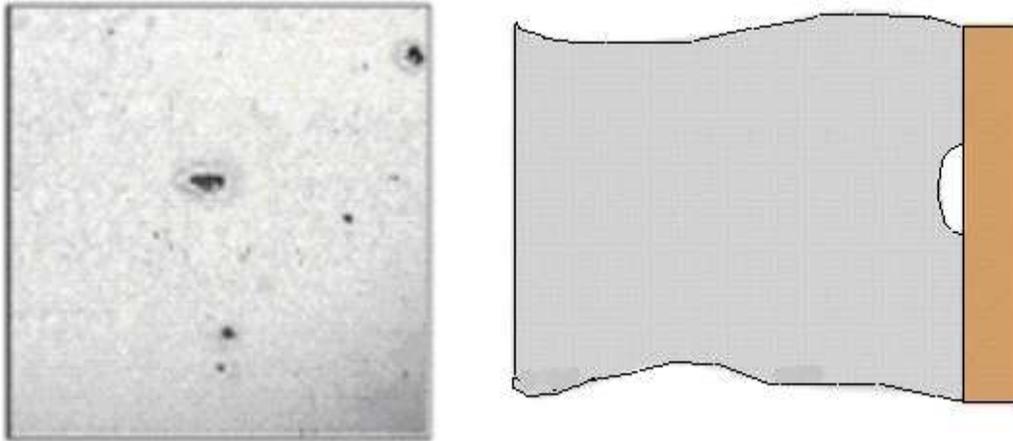
Cause		Rimedi
<b>Progettuali</b>	Sezione con forte congestione dei ferri di armatura e mancanza di spazio per l'introduzione dei vibratori	Adeguare la disposizione delle armature
<b>Casseforme</b>	Giunti non a tenuta, che permettono la fuoriuscita di acqua, boiaccia o malta	Adeguare le casseforme
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Carenza di fini, scarsa lavorabilità o eccesso d'acqua, indurimento anticipato, diametro massimo degli aggregati in relazione alle dimensioni del getto	Correggere la miscela
<b>Messa in opera</b>	Calcestruzzo lasciato cadere da un'altezza eccessiva, carico eccessivo di calcestruzzo nelle casseforme, tramogge di carico inesistenti o inefficaci, spostamento orizzontale del calcestruzzo	Correggere la messa in opera
<b>Compattazione</b>	Vibratori sottodimensionati per potenza, frequenza o ampiezza, tempo di vibrazione troppo breve o eccessivo, distanza eccessiva tra i punti di vibrazione, numero di vibratori insufficiente	Correggere l'uso dei vibratori



**Figura 44.6** Nidi di ghiaia

**Tabella 44.8.** Vuoti sulla superficie del getto contro cassaforma: cavità singole sulla superficie di forma irregolare e dimensione fino a 20 mm

<b>Cause</b>		<b>Rimedi</b>
<b>Progettuali</b>	Superfici di getto in contropendenza o con interferenze	-
<b>Casseforme</b>	Superfici delle casseforme impermeabili, poco bagnabili, troppo flessibili, e con agente disarmante inadeguato	Adeguare il disarmante
<b>Condizioni operative</b>	Agente disarmante applicato in misura eccessiva o non nebulizzato, temperatura del calcestruzzo troppo elevata	Correggere l'applicazione del disarmante
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Sabbia troppo ricca in fini, lavorabilità inadeguata, dosaggio eccessivo in cemento o materiale pozzolanico, contenuto d'aria troppo alto, calcestruzzo troppo viscoso	Correggere la miscela
<b>Messa in opera</b>	Messa in opera del calcestruzzo discontinua o troppo lenta, portata della pompa o delle tubazioni inadeguata	Assicurare la continuità del getto
<b>Compattazione</b>	Ampiezza di vibrazione eccessiva, vibratore mantenuto fermo e/o parzialmente immerso, vibrazione esterna inadeguata	Correggere il metodo di vibrazione



**Figura 44.7** Vuoti sulla superficie del getto contro cassaforma

**Tabella 44.9.** Superfici dei giunti con evidenza di aggregati fini o grossi carenti in cemento, generalmente delimitati da superfici scure

Cause		Rimedi
<b>Casseforme</b>	Mancanza di tenuta nei giunti delle casseforme o nei raccordi di fissaggio, con sigillatura inadeguata	Adeguare le casseforme
<b>Condizioni operative</b>	Spostamento laterale del calcestruzzo	Correggere il metodo di messa in opera
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Eccesso di acqua, calcestruzzo troppo fluido e/o carenti in pasta cementizia	Correggere l'applicazione del disarmante e adeguare la miscela
<b>Messa in opera</b>	Tempo di attesa eccessivo tra la posa del calcestruzzo e la compattazione	Assicurare la continuità del getto
<b>Compattazione</b>	Eccessiva ampiezza o frequenza della vibrazione in relazione alla dimensione delle casseforme	Correggere la vibrazione

**Tabella 44.10.** Aggregati affioranti sulla superficie del calcestruzzo a vista (superfici chiazze di chiaro o di scuro, presenza di macchie aventi dimensioni simili a quelle dell'aggregato)

Cause		Rimedi
<b>Casseforme</b>	Troppo flessibili	Adeguare le casseforme
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Aggregati carenti nel contenuto in fini, granulometria non corretta, aggregato leggero con calcestruzzo troppo fluido	Adeguare la miscela
<b>Compattazione</b>	Vibrazione esterna eccessiva, o vibrazione eccessiva di calcestruzzo leggero	Correggere il sistema di vibrazione

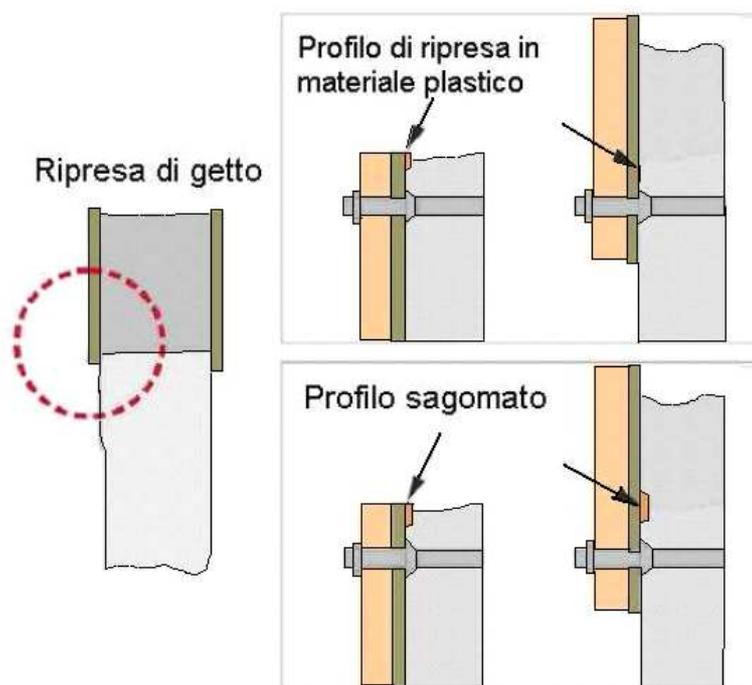


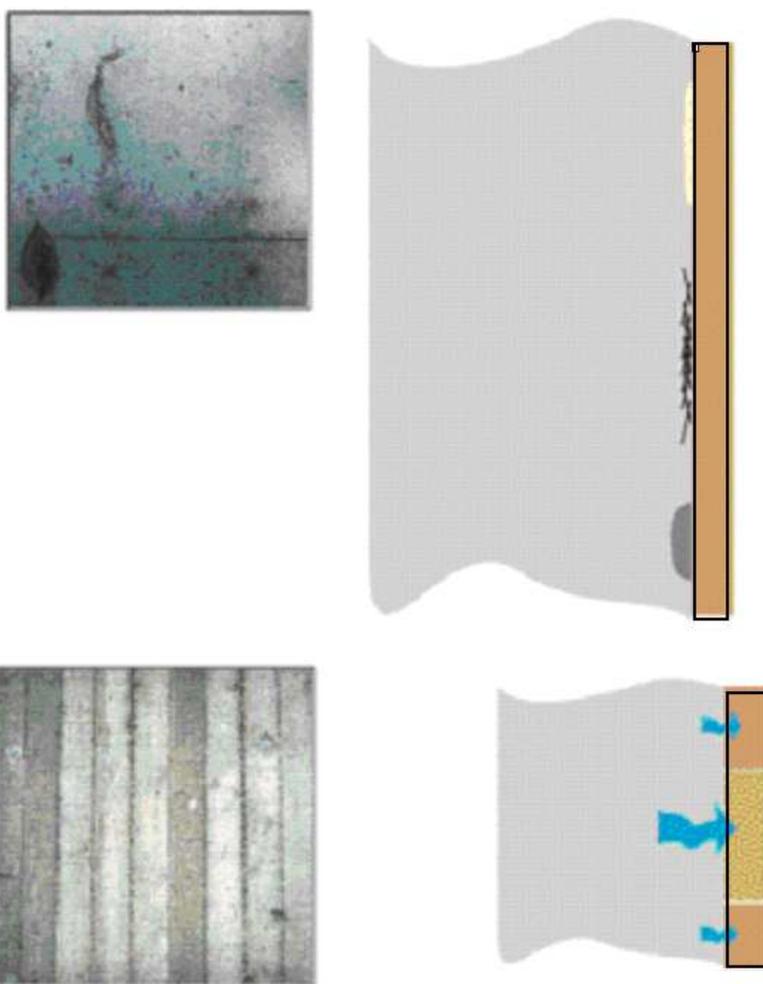
Figura 44.8 Giunti delle casseforme in evidenza

Tabella 44.11. Fessure di assestamento (anche corte, di ampiezza variabile e disposte orizzontalmente)

Cause		Rimedi
<b>Progettuali</b>	Elementi sottili e complessi con difficoltà di accesso per il calcestruzzo e vibratorii, spessore del coprifermo inadeguato	Adeguare/verificare la geometria
<b>Casseforme</b>	Casseforme inadeguate e dalle superfici ruvide	Adeguare le casseforme
<b>Condizioni operative</b>	Discontinuità nelle operazioni di getto con tempi eccessivi durante la messa in opera del calcestruzzo (ad esempio, tra le colonne e i solai o le travi)	Assicurare la continuità del getto
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Composizione granulometrica inadeguata, calcestruzzo troppo fluido, cemento con presa troppo rapida	Verificare la miscela
<b>Messa in opera</b>	Discontinua	Assicurare la continuità del getto
<b>Compattazione</b>	Vibrazione ad immersione troppo prossima alle casseforme, vibrazione a cassaforma eccessiva	Adeguare la vibrazione

**Tabella 44.12. Variazioni di colore (variazioni di colore sulla superficie in evidenza poche ore dopo la rimozione delle casseforme)**

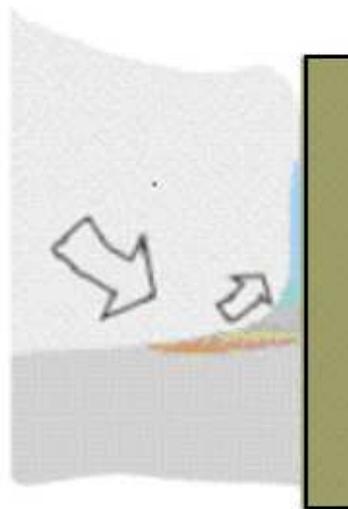
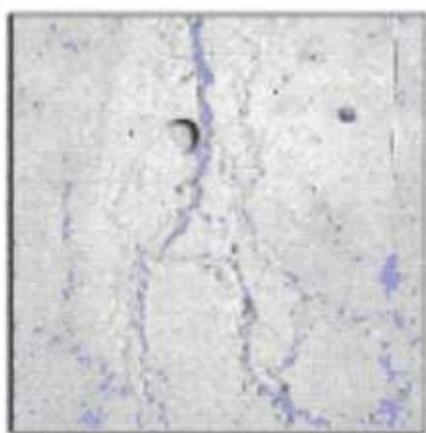
Cause		Rimedi
<b>Progettuali</b>	Ferri di armatura molto vicini alle casseforme	Adeguare il copriferro
<b>Casseforme</b>	Variazioni nelle proprietà di assorbimento superficiale, reazione fra il calcestruzzo e la superficie della cassaforma, reazione con l'agente disarmante, perdita di boiaccia in corrispondenza dei giunti	Correggere le casseforme
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Granulometria inadeguata degli aggregati, miscelazione non completa, calcestruzzo troppo scorrevole, vibrazione eccessiva	Adeguare la miscela
<b>Messa in opera</b>	Segregazione dei costituenti, consistenza troppo fluida	Aggiustare la consistenza
<b>Compattazione</b>	Vibrazione ad immersione troppo prossima alle casseforme, vibrazione a cassaforma eccessiva	Correggere la vibrazione



**Figura 44.9** Variazioni di colore sulla superficie in evidenza poche ore dopo la rimozione delle casseforme

**Tabella 44.13.** Striature di sabbia e acqua (variazioni di colore o di ombre dovute alla separazione di particelle fini)

Cause		Rimedi
<b>Casseforme</b>	Mancanza di tenuta delle casseforme, acqua in eccesso sul fondo della cassaforma risalente durante il getto	Adeguare le casseforme, drenare e asciugare l'acqua
<b>Condizioni operative</b>	Temperatura bassa, calcestruzzo con eccesso di acqua	Adottare una protezione per le casseforme
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Scarso o eccessivamente ricco di fini, miscela arida, con insufficiente contenuto di pasta	Adeguare la miscela
<b>Messa in opera</b>	Troppo veloce	Correggere la messa in opera
<b>Compattazione</b>	Vibrazione e/o ampiezza di vibrazione eccessive	Adeguare la vibrazione



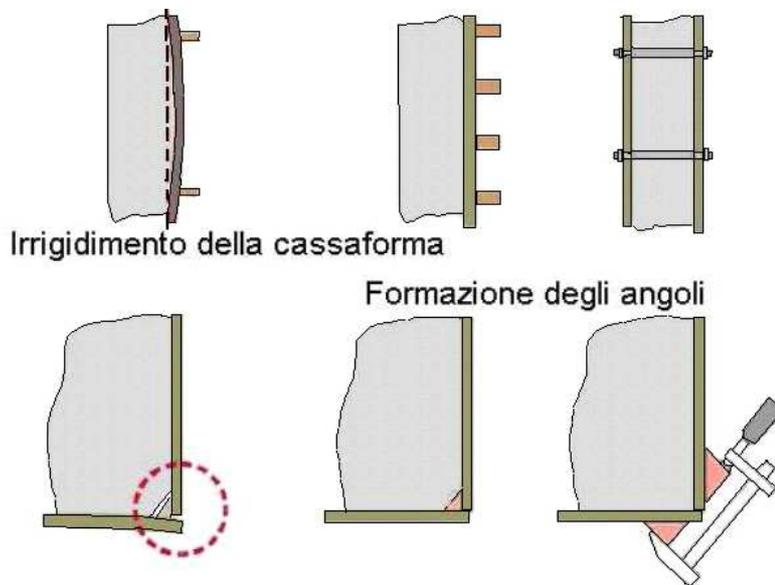
**Figura 44.10** Striature di sabbia e acqua

Tabella 44.14. Delimitazione degli strati (zone di colore scuro tra gli strati nel calcestruzzo)

Cause		Rimedi
<b>Casseforme</b>	Troppo deformabili	Irrigidire le casseforme
<b>Condizioni operative</b>	Temperatura troppo elevata, mancanza di continuità nella posa del calcestruzzo e riprese di getto a freddo	Adeguare il mantenimento della lavorabilità
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Troppo bagnato con tendenza all'esudamento, presa rapida	Adeguare la miscela
<b>Messa in opera</b>	Troppo lenta, attrezzature o mano d'opera inadeguate	Correggere la messa in opera
<b>Compattazione</b>	Carenze nella vibrazione, difetto di penetrazione dei vibratorii attraverso gli strati	Adeguare la vibrazione

**Tabella 44.15.** Giunti freddi (vuoti, nidi di ghiaia, variazioni di colore ai bordi delle riprese, bordo superiore del calcestruzzo non connesso allo strato inferiore)

Cause		Rimedi
<b>Progettuali</b>	Spazio insufficiente per inserire il vibratore	Adeguare i sistemi di vibrazione
<b>Condizioni operative</b>	Mancanza di coordinamento fra la messa in opera e la compattazione o sistema di vibrazione inadeguato, messa in opera nel momento in cui lo strato inferiore del calcestruzzo ha già iniziato a indurire	Continuità della messa in opera e della vibrazione
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Elevata perdita di lavorabilità e indurimento troppo rapido	Migliorare la miscela
<b>Messa in opera</b>	Strati troppo profondi, tempi di attesa eccessivi nella messa in opera dei vari strati	Adeguare le procedure di esecuzione
<b>Compattazione</b>	Vibrazione insufficiente, impossibilità di conferire continuità al getto inserendo il vibratore negli strati contigui, mancato inserimento dei vibratorii nello strato sottostante	Adeguare la vibrazione



**Figura 44.11** Marcatura delle casseforme

**Tabella 44.16.** Marcatura delle casseforme (irregolarità sulla superficie in corrispondenza delle giunzioni delle casseforme o come conseguenza di difetti delle casseforme)

Cause		Rimedi
<b>Progettuali</b>	Spazio insufficiente per inserire il vibratore	Adeguare i sistemi di vibrazione
<b>Condizioni operative</b>	Mancanza di coordinamento fra la messa in opera e la compattazione o sistema di vibrazione inadeguato, messa in opera nel momento in cui lo strato inferiore del calcestruzzo ha già iniziato a indurire	Continuità della messa in opera e della vibrazione
<b>Proprietà del calcestruzzo fresco</b>	Elevata perdita di lavorabilità e indurimento troppo rapido	Migliorare la miscela

<b>Messa in opera</b>	Strati troppo profondi, tempi di attesa eccessivi nella messa in opera dei vari strati	Adeguare le procedure di esecuzione
<b>Compattazione</b>	Vibrazione insufficiente, impossibilità di conferire continuità al getto inserendo il vibratore negli strati contigui, mancato inserimento dei vibratorii nello strato sottostante	Adeguare la vibrazione

#### 42.5 Tolleranze dimensionali

##### Pilastrini

lunghezza  $\pm 1$  cm ;dimensione esterna  $\pm 0,5$  cm; fuori piombo per metro di altezza 1/500; incavo alloggiamento travi  $\pm 0,5$  cm

##### Travi

lunghezza  $\pm 2$  cm; larghezza  $\pm 0,5$  cm; altezza  $\pm 1$  cm; svergolature per metro di lunghezza 1/1000

### Art. 43 Esecuzione di strutture in cemento armato precompresso

#### 43.1 Compattazione dei getti

Il getto di calcestruzzo per strutture precomprese deve essere costipato per mezzo di vibratorii ad ago o a lamina ovvero con vibratorii esterni, facendo particolare attenzione a non deteriorare le guaine dei cavi.

#### 43.2 Spessore di ricoprimento delle armature di precompressione

Le superfici esterne dei cavi post-tesi devono distare dalla superficie del conglomerato non meno di 25 mm nei casi normali e non meno di 35 mm in caso di strutture site all'esterno o in ambiente aggressivo. Il ricoprimento delle armature pre-tese non deve essere inferiore a 15 mm o al diametro massimo dell'inerte impiegato e non meno di 25 mm in caso di strutture site all'esterno o in ambiente aggressivo.

#### 43.3 Testate di ancoraggio dell'armatura di precompressione

Dietro gli apparecchi di ancoraggio deve disporsi un'armatura tridirezionale atta ad assorbire, con largo margine, gli sforzi di trazione e di taglio derivanti dalla diffusione delle forze concentrate, ivi comprese le eventuali reazioni vincolari.

#### 43.4 Posa delle barre dei cavi e loro messa in opera

Nel corso dell'operazione di posa si deve evitare, con particolare cura, di danneggiare l'acciaio con intagli, pieghe, ecc.

Si deve altresì prendere ogni precauzione per evitare che i fili subiscano danni di corrosione sia nei depositi di approvvigionamento sia in opera, fino alla ultimazione della struttura. All'atto della messa in tiro, si devono misurare contemporaneamente lo sforzo applicato e l'allungamento conseguito. I due dati devono essere confrontati tenendo presente la forma del diagramma sforzi allungamenti a scopo di controllo delle perdite per attrito.

Il posizionamento delle barre e dei cavi deve essere accuratamente controllato prima del getto.

##### 43.4.1 Operazioni di tiro

Qualora all'atto del tiro si riscontrino perdite per attrito superiori a quelle previste in progetto, un'aliquota di queste, fino a un massimo del 7% della tensione iniziale, potrà essere compensata da una maggiore tensione di carattere temporaneo.

I risultati conseguiti nelle operazioni di tiro, ossia le letture ai manometri e gli allungamenti misurati, verranno registrati in apposite tabelle, sulle quali saranno preventivamente indicate le tensioni iniziali delle armature e gli allungamenti teorici.

Il dispositivo di misura dello sforzo deve essere possibilmente indipendente dalle apparecchiature, per indurre la pre-tensione.

I manometri devono essere tarati con frequenza almeno mensile.

Si deve, inoltre, effettuare preventivamente una misura degli attriti che si sviluppano all'interno del martinetto.

All'atto del tiro, devono essere confrontati gli allungamenti rilevati con quelli previsti dal calcolo.

Un'insufficienza di allungamento, conseguenza di un attrito superiore a quello previsto, richiederà l'adozione di idonei accorgimenti come l'assorbimento della tensione iniziale fino al massimo consentito e, se necessari, l'attuazione di procedure specifiche, quali la lubrificazione, che non deve alterare la successiva aderenza tra armatura e la malta delle

iniezioni.

Un'eccedenza di allungamento, quando non sia dovuta al cedimento dell'ancoraggio opposto o all'assestamento iniziale del cavo, tratto che deve essere accertato con particolare attenzione, indica un attrito inferiore a quello previsto. In tal caso, si deve ridurre la tensione, per evitare che quella finale lungo il cavo sia superiore a quella ammessa.

#### 43.4.2 Protezione dei cavi e iniezioni

Le guaine dei cavi devono essere assolutamente stagne e le giunzioni devono essere efficacemente protette.

Alla buona esecuzione delle iniezioni è affidata la conservazione nel tempo delle strutture in cemento armato precompresso a cavi e, pertanto, di seguito vengono fornite apposite indicazioni.

L'iniezione nelle strutture a cavi scorrevoli deve:- prevenire la corrosione dell'acciaio di precompressione;- garantire un'efficace aderenza fra l'acciaio e il conglomerato.

##### *Caratteristiche della malta*

La malta deve essere fluida e stabile con minimo ritiro e adeguata resistenza e non deve contenere agenti aggressivi. Deve essere composta da cemento, acqua ed eventuali additivi. Elementi inerti (per esempio farina di sabbia) possono impiegarsi solo per guaine di dimensioni superiori a 12 cm, nel rapporto in peso inerti/cemento < 25%.

Gli additivi non devono contenere ioni aggressivi (cloruri, solfati, nitrati, ecc.) e comunque non produrre un aumento di ritiro.

Possono impiegarsi resine sintetiche o bitume o altro materiale, solo dopo averne dimostrato la validità mediante idonea documentazione sperimentale.

La malta deve essere sufficientemente fluida perché la si possa correttamente iniettare nei canali. Si consiglia di controllare la fluidità della malta accertando che il tempo misurato al cono di Marsh sia compreso fra 13 e 25 secondi.

La resistenza a trazione per flessione a sette giorni deve essere maggiore o uguale a  $4 \text{ N/mm}^2$ .

Il tempo d'inizio della presa a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  deve essere superiore a tre ore.

Il rapporto acqua/cemento, da determinare sperimentalmente per ogni tipo di cemento, deve essere il minore possibile, compatibilmente con la fluidità richiesta e comunque non deve superare 0,40 e 0,38 se con additivi e, inoltre, deve essere tale che la quantità d'acqua di essudamento alla superficie della pasta, in condizioni di riposo sia inferiore al 2%.

Il ritiro a 28 giorni non deve superare 2,8 mm/m.

##### *Operazioni di iniezione*

Dopo l'impasto, la malta deve essere mantenuta in movimento continuo. È essenziale che l'impasto sia esente da grumi. Immediatamente prima dell'iniezione di malta, i cavi vanno puliti. L'iniezione deve avvenire con continuità e senza interruzioni. La pompa deve avere capacità sufficiente perché in cavi di diametro inferiore a 10 cm la velocità della malta sia compresa fra 6 e 12 m al minuto, senza che la pressione superi le 1000 kPa (10 atm). La pompa deve avere un'efficace dispositivo per evitare le sovrappressioni. Non è ammessa l'iniezione con aria compressa. Quando possibile, l'iniezione si deve effettuare dal più basso ancoraggio o dal più basso foro del condotto. Per condotti di grande diametro può essere necessario ripetere l'iniezione dopo circa due ore. La malta che esce dagli sfiati deve essere analoga a quella alla bocca di immissione e non deve contenere bolle d'aria; una volta chiusi gli sfiati, si manterrà una pressione di 500 kPa fin tanto che la pressione permane senza pompare per almeno un minuto. La connessione fra l'ugello del tubo di iniezione e il condotto deve essere realizzata con dispositivo meccanico e tale che non possa aversi entrata d'aria. Appena terminata l'iniezione, bisogna avere cura di evitare perdite di malta dal cavo. I tubi di iniezione devono essere di conseguenza colmati di malta, se necessario.

##### *Condotti*

I punti di fissaggio dei condotti devono essere frequenti ed evitare un andamento serpeggiante.

Per evitare sacche d'aria devono essere disposti sfiati nei punti più alti del cavo.

I condotti devono avere forma regolare, preferibilmente circolare. In ogni caso l'area libera del condotto dovrà risultare non minore di  $4 \text{ cm}^2$ .

Si devono evitare per quanto possibile brusche deviazioni o cambiamenti di sezione.

##### *Iniezioni*

Fino al momento dell'iniezione dei cavi occorre proteggere l'armatura dall'ossidazione. Le iniezioni dovranno essere eseguite entro 15 giorni a partire dalla messa in tensione, salvo casi eccezionali di ritardatura, nei quali devono essere adottati accorgimenti speciali al fine di evitare che possano iniziare fenomeni di corrosione.

In tempo di gelo, è bene rinviare le iniezioni, a meno che non siano prese precauzioni speciali.

Se si è sicuri che la temperatura della struttura non scenderà al di sotto di  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  nelle 48 ore seguenti alla iniezione, si può continuare l'iniezione stessa con una malta antigelo di cui sia accertata la non aggressività, contenente il 6÷10% di

aria occlusa.

Se può aversi gelo nelle 48 ore seguenti all'iniezione, bisogna riscaldare la struttura e mantenerla calda almeno per 48 ore, in modo che la temperatura della malta iniettata non scenda al di sotto di 5 °C.

Dopo un periodo di gelo bisogna assicurarsi che i condotti siano completamente liberi da ghiaccio o brina. È vietato il lavaggio a vapore.

#### Art. 44 **Armature minime e limitazioni geometriche delle sezioni degli elementi strutturali in cemento armato**

##### 44.1 *Dettagli costruttivi per le zone non sismiche*

Le armature di elementi strutturali in cemento armato devono rispettare le dimensioni minime stabilite dal punto 4.1.6.1.1 delle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 17 gennaio 2018.

###### 44.1.1 Armatura minima delle travi

L'area dell'armatura longitudinale  $A_{s,min}$  in zona tesa non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_f \cdot d$$

dove

$b_f$  rappresenta la larghezza media della zona tesa (per una trave a T con piattabanda compressa, nel calcolare il valore di  $b_f$  si considera solo la larghezza dell'anima)

$d$  è l'altezza utile della sezione.

Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio.

Al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura tesa o compressa non deve superare individualmente  $A_{s,max} = 0,04 A_C$ , essendo  $A_C$  l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

Le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore a  $A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$ , essendo  $b$  lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque con passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.

In ogni caso, almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

###### 44.1.2 Armatura minima dei pilastri

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore o uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm. Inoltre, la loro area non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = 0,003 A_C$$

dove  $A_C$  è l'area di calcestruzzo.

Le armature trasversali devono essere poste a interasse non maggiore di dodici volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di 1/4 del diametro massimo delle barre longitudinali.

Al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura non deve superare  $A_{s,max} = 0,04 A_C$ , essendo  $A_C$  l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

###### 44.1.3 copriferro e interferro

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo non inferiore a 15 mm o quanto espressamente indicato negli elaborati di progetto.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

Il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in tabella 46.1 nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di tabella 4.1.IV delle Norme tecniche per le costruzioni. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da cemento armato o cavi aderenti da cemento ar-

mato precompresso (fili, trecce e trefoli) e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti, ecc.) o monodimensionale (travi, pilastri, ecc.).

Ai valori della tabella 46.1 devono essere aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

I valori della tabella 46.1 si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (tipo 2 secondo la tabella 2.4.I delle Norme tecniche per le costruzioni). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 secondo la citata tabella 2.4.I) i valori della tabella 46.1 vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a  $C_{min}$ , i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferriferi, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.

Per acciai inossidabili o in caso di adozione di altre misure protettive contro la corrosione e verso i vani interni chiusi di solai alleggeriti (alveolari, predalles, ecc.), i copriferriferi potranno essere ridotti in base a documentazioni di comprovata validità.

**Tabella 46.1.** Valori minimi di copri ferro

			Barre da cemento armato		Barre da cemento armato		Cavi da cemento armato precompresso		Cavi da cemento armato precompresso	
			Elementi a piastra		Altri elementi		Elementi a piastra		Altri elementi	
$C_{min}$	$C_0$	ambiente	$C \geq C_0$	$C_{min} = < C < C_0$	$C = > C_0$	$C_{min} = < C < C_0$	$C = > C_0$	$C_{min} = < C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} = < C < C_0$
c25/30	c35/45	Ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
c28/35	c40/50	Aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
c35/45	c45/55	Molto aggressivo	35	40	40	45	45	50	50	50

#### 44.2 Dettagli costruttivi per le zone sismiche

Le indicazioni fornite nel seguito in merito ai dettagli costruttivi si applicano sia alle strutture in cemento armato gettate in opera sia alle strutture in cemento armato prefabbricate (paragrafo 7.4.6 ntc). I dettagli costruttivi sono articolati in termini di:

- limitazioni geometriche;- limitazioni di armatura.

##### 44.2.1 Limitazioni geometriche

###### Travi

La larghezza  $b$  della trave deve essere  $= 20$  cm e, per le travi basse comunemente denominate *a spessore*, deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte  $bc$ , essendo  $bc$  la larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave.

Il rapporto  $b/h$  tra larghezza e altezza della trave deve essere  $= 0,25$ .

Non deve esserci eccentricità tra l'asse delle travi che sostengono pilastri in falso e l'asse dei pilastri che le sostengono. Esse devono avere almeno due supporti, costituiti da pilastri o pareti. Le pareti non possono appoggiarsi in falso su travi o solette.

Le zone critiche si estendono, per CD"B" e CD"A", per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione. Per travi che sostengono un pilastro in falso, si assume una lunghezza pari a due volte l'altezza della sezione misurata da entrambe le facce del pilastro.

###### Pilastri

La dimensione minima della sezione trasversale non deve essere inferiore a 250 mm.

Se  $q$ , quale definito nel paragrafo 7.3.1 delle Norme tecniche per le costruzioni, risulta  $> 0,1$ , l'altezza della sezione non deve essere inferiore a un decimo della maggiore tra le distanze tra il punto in cui si annulla il momento flettente e le estremità del pilastro.

In assenza di analisi più accurate, si può assumere che la lunghezza della zona critica sia la maggiore tra l'altezza della sezione, 1/6 dell'altezza libera del pilastro, 45 cm, l'altezza libera del pilastro se questa è inferiore a tre volte l'altezza della sezione.

###### Nodi trave-pilastro

Sono da evitare, per quanto possibile, eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro concorrenti in un nodo. Nel caso che tale eccentricità superi 1/4 della larghezza del pilastro, la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da

armature adeguatamente dimensionate allo scopo.

#### *Pareti*

Lo spessore delle pareti deve essere non inferiore al valore massimo tra 150 mm (200 mm nel caso in cui nelle travi di collegamento siano da prevedersi, ai sensi del paragrafo 7.4.4.6 (armature inclinate) delle Norme tecniche per le costruzioni e  $1/20$  dell'altezza libera di interpiano.

Possono derogare da tale limite, su motivata indicazione del progettista, le strutture a funzionamento scatolare a un solo piano non destinate a uso abitativo.

Devono essere evitate aperture distribuite irregolarmente, a meno che la loro presenza non venga specificamente considerata nell'analisi, nel dimensionamento e nella disposizione delle armature.

In assenza di analisi più accurate, si può assumere che l'altezza delle zone critiche sia la maggiore tra la larghezza della parete e  $1/6$  della sua altezza.

### 44.2.2 Limitazioni di armatura

#### Travi

##### Armature longitudinali

Almeno due barre di diametro non inferiore a 14 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave.

Le armature longitudinali delle travi, sia superiori sia inferiori, devono attraversare di regola i nodi, senza ancorarsi o giuntarsi per sovrapposizione in essi. Quando ciò non risulti possibile, sono da rispettare le seguenti prescrizioni:

- le barre vanno ancorate oltre la faccia opposta a quella di intersezione con il nodo oppure rivoltate verticalmente in corrispondenza di tale faccia, a contenimento del nodo;
- la lunghezza di ancoraggio delle armature tese va calcolata in modo da sviluppare una tensione nelle barre pari a  $1,25 f_{yk}$  e misurata a partire da una distanza pari a 6 diametri dalla faccia del pilastro verso l'interno.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora oltre il nodo non può terminare all'interno di una zona critica, ma deve ancorarsi al di là di essa.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora nel nodo invece deve essere collocata all'interno delle staffe del pilastro.

Per nodi esterni si può prolungare la trave oltre il pilastro, si possono usare piastre saldate alla fine delle barre, si possono piegare le barre per una lunghezza minima pari a dieci volte il loro diametro, disponendo un'apposita armatura trasversale dietro la piegatura.

##### Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive invece devono essere disposte a un passo non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:

- $1/4$  dell'altezza utile della sezione trasversale;
- 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- sei volte e otto volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- ventiquattro volte il diametro delle armature trasversali.

Per staffa di contenimento si intende una staffa rettangolare, circolare o a spirale, di diametro minimo 6 mm, con ganci a  $135^\circ$  prolungati per almeno 10 diametri alle due estremità. I ganci devono essere assicurati alle barre longitudinali.

#### Pilastri

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, l'armatura risultante deve essere estesa per una distanza pari alla profondità del pilastro oltre la zona priva di tamponamento. Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1,5 volte la profondità del pilastro, devono essere utilizzate armature bi-diagonali.

Nel caso precedente, qualora il tamponamento sia presente su un solo lato di un pilastro, l'armatura trasversale da disporre alle estremità del pilastro deve essere estesa all'intera altezza del pilastro.

##### Armature longitudinali

Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm.

Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica  $\rho$  di armatura longitudinale, con  $\rho$  rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti: 1%  $\rho$   $\rho$   $\rho$

4%. Se sotto l'azione del sisma la forza assiale su un pilastro è di trazione, la lunghezza di ancoraggio delle barre longitudinali deve essere incrementata del 50%.

#### Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti:

- le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe;
- almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o da legature;
- le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm e 20 cm da una barra fissata, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm e il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:

- 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- sei e otto volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

#### Nodi trave-pilastro

Lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi non confinati devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo. Questa regola può non essere osservata nel caso di nodi interamente confinati.

#### Pareti

Le armature, sia orizzontali sia verticali, devono avere diametro non superiore a 1/10 dello spessore della parete, essere disposte su entrambe le facce della parete, a un passo non superiore a 30 cm ed essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato. Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza confinata  $l_c$  pari al 20% della lunghezza in pianta  $l$  della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete. In tale zona il rapporto geometrico  $\rho$  dell'armatura totale verticale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti: 1%  $\square$   $\square$  4%. Nelle zone confinate l'armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due, con un passo non superiore a otto volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata. Le armature inclinate che attraversano potenziali superfici di scorrimento devono essere efficacemente ancorate al di sopra e al di sotto della superficie di scorrimento e attraversare tutte le sezioni della parete poste al di sopra di essa e distanti da essa meno della minore tra 1/2 altezza e 1/2 larghezza della parete. Nella rimanente parte della parete, in pianta e in altezza, vanno seguite le regole delle condizioni non sismiche, con un'armatura minima orizzontale e verticale pari allo 0,2%, per controllare la fessurazione da taglio.

#### Travi di accoppiamento

Nel caso di armatura a X, ciascuno dei due fasci di armatura deve essere racchiuso da armatura a spirale o da staffe di contenimento con passo non superiore a 100 mm. In questo caso, in aggiunta all'armatura diagonale, deve essere disposta nella trave un'armatura di almeno 10 cm di diametro, distribuita a passo 10 cm in direzione sia longitudinale che trasversale e un'armatura corrente di due barre da 16 mm ai bordi superiore e inferiore. Gli ancoraggi delle armature nelle pareti devono essere del 50% più lunghi di quanto previsto per il dimensionamento in condizioni non sismiche.

### Art. 45 Armature minime degli elementi strutturali in cemento armato precompresso

#### 45.1 Armatura longitudinale ordinaria

Nelle travi precomprese, anche in assenza di tensioni di trazione, la percentuale di armatura longitudinale ordinaria non dovrà essere inferiore allo 0,1% dell'area complessiva dell'anima e dell'eventuale ringrosso dal lato dei cavi. Nel caso sia prevista la parzializzazione della sezione in esercizio, le barre longitudinali di armatura ordinaria devono essere disposte nella zona della sezione che risulta parzializzata.

#### 45.2 Staffe

Nelle travi dovranno disporsi staffe aventi sezione complessiva non inferiore a  $1,5 b \text{ mm}^2/m$ , essendo  $b$  lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione. In prossimità di carichi concentrati o delle zone d'appoggio, valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 4.1.2.1.3 delle Norme tecniche per le costruzioni. In presenza di torsione, valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 4.1.2.1.4 delle Norme tecniche per le costruzioni. In particolare, si evidenzia che le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore  $t$  del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

## Art. 46 Esecuzione di strutture prefabbricate

### 46.1 Programma di montaggio

I montaggi degli elementi strutturali dovranno seguire il programma generale dei lavori e l'inizio degli stessi dovrà essere comunicato alla direzione dei lavori con almeno sette giorni di preavviso. Prima dell'inizio del montaggio l'appaltatore deve approntare il progetto degli schemi di montaggio e protezione da sottoporre alla direzione dei lavori, nonché dare comunicazione dei tempi globali di montaggio esplicitando le varie fasi di lavoro con le relative durate.

### 46.2 Identificazione degli elementi

Ogni elemento prefabbricato componente la fornitura dovrà essere individuabile a mezzo di piastrina incorporata nel getto, riportante la numerazione caratteristica prevista sui disegni costruttivi e quanto altro necessario per consentire il controllo da parte della direzione dei lavori.

### 46.3 Stoccaggio

Nella fase di stoccaggio, gli elementi prefabbricati devono essere vincolati in maniera tale che, tenuto conto del grado di maturazione del calcestruzzo, non si producano deformazioni pregiudizievoli per la stabilità dell'edificio.

### 46.4 Verifiche preliminari

Prima di effettuare il posizionamento strutturale degli elementi, si deve controllare che gli elementi stessi, nonché le sedi che dovranno riceverli, siano conformi al progetto esecutivo, nel rispetto delle relative tolleranze.

### 46.5 Giunti e unioni

#### a) posa e regolazione

Nella fase di posa e regolazione degli elementi prefabbricati, si devono prendere tutte le precauzioni necessarie per ridurre le sollecitazioni dinamiche, conseguenti ai movimenti per il posizionamento degli elementi e per evitare eccessive concentrazioni di sforzi. I dispositivi di regolazione devono consentire il rispetto di tutte le tolleranze stabilite dal progetto esecutivo. Gli eventuali vincoli impiegati in fase di posa e lasciati in sito devono risultare più deformabili dell'eventuale materiale di riempimento dell'unione per evitare concentrazioni di sforzi.

#### b) dispositivi provvisori di vincoli

Gli elementi prefabbricati, dopo essere stati posati e regolati, non devono subire spostamenti durante il prosieguo dei lavori.

#### c) esecuzione dei giunti e delle unioni

Gli elementi prefabbricati devono essere collegati fra loro e con le strutture già esistenti in modo da realizzare la trasmissione delle sollecitazioni e permettere i movimenti conformemente a quanto stabilito dal progetto esecutivo, senza che si producano lesioni nelle parti a contatto. In particolare, per l'appoggio di elementi inflessi, è vietato il contatto diretto tra due o più elementi in calcestruzzo. I materiali impiegati nelle unioni devono avere una durabilità almeno pari a quella degli elementi da collegare e inoltre devono avere scarsa sensibilità alle variazioni di temperatura, in particolare al fuoco.

#### c1) giunti

I giunti devono garantire l'assenza di trasmissione di sforzi. In particolare, per quelli aventi superfici affacciate si deve garantire un adeguato distanziamento delle superfici stesse per consentire i movimenti degli elementi conformemente a quanto stabilito dal progetto esecutivo. Le opere di finitura non devono compromettere la funzionalità del giunto.

#### c2) unioni

La trasmissione degli sforzi tramite le unioni deve essere immediatamente mobilitata, senza che avvengano assestamenti preventivi non espressamente previsti nel progetto esecutivo. Il calcestruzzo destinato a realizzare le unioni deve avere le stesse caratteristiche meccaniche e di confezionamento del calcestruzzo degli elementi prefabbricati. In particolare, per le unioni impieganti malta è richiesto un forte dosaggio di cemento. Prima dell'esecuzione dei getti di calcestruzzo, si deve curare la pulizia e l'umidificazione delle parti che verranno a contatto con il getto, per evitare in questo un eccessivo impoverimento d'acqua. Tutti i getti devono essere ben compattati, preferibilmente con dispositivi meccanici, evitando fughe incontrollate di materiale. L'impasto deve avere una consistenza tale da facilitare il getto, consentire il perfetto riempimento dell'unione e la successiva compattazione. Nelle unioni che impiegano elementi metallici, è necessario garantire che questi provochino lesioni locali nel calcestruzzo adiacente. In quelle che impiegano elementi da saldare *in situ*, oltre ad assicurare la mutua corrispondenza di tali elementi, occorre prendere le necessarie precauzioni per proteggere il calcestruzzo adiacente da un eccessivo riscaldamento. Nelle unioni che impiegano adesivi, le superfici degli elementi prefabbricati da collegare devono essere consistenti, pulite, lisce e ravvicinate, in maniera tale che lo strato adesivo abbia uno spessore piccolo e uniforme, secondo le indicazioni della ditta produttrice. Per tutte le unioni che impiegano adesivi, sono obbligatorie prove preventive di resistenza e di durabilità, tenendo presente che gli adesivi sono più o meno sensibili alle variazioni di temperatura.

### 46.6 Posa in opera dei pannelli

Il trasporto di tutti i materiali dal cantiere di prefabbricazione al luogo di impiego verrà effettuato con opportuni mezzi, al fine di evitare sollecitazioni anormali, nonché possibili sbrecciature, fessurazioni e cavillature ai vari elementi.

Analoghe cautele devono essere prese durante le operazioni di scarico e posa in opera. Eventuali spessoramenti, cunei, puntellature, ecc. devono essere rimossi ad avvenuto bloccaggio dei pannelli. Il montaggio deve essere iniziato dopo un controllo delle strutture portanti da parte del direttore dei lavori in contraddittorio con l'appaltatore. Tutte le superfici che formano giunti nei pannelli devono essere pulite da polvere, sporco e sostanze estranee. Ciascun pannello dovrà essere collocato nella posizione prevista dai disegni esecutivi. I pannelli danneggiati, macchiati, graffiati, ecc. devono essere rimossi e sostituiti con altri idonei.

Dopo che i pannelli siano stati montati e le giunzioni opportunamente sigillate, le superfici in vista saranno pulite accuratamente, con una soluzione di tipo approvato, per rimuovere qualsiasi macchia o materiale estraneo.

#### 46.7 Sigillature dei giunti dei pannelli

Le sigillature saranno previste sempre sulle due facce esposte del giunto per i pannelli di tamponamento. Il sigillante deve essere applicato, secondo le raccomandazioni del produttore, sotto pressione per mezzo di una pistola equipaggiata di un effusore di adeguata misura in modo da riempire tutti i vuoti. I giunti dovranno risultare lisci e continui, in particolare all'interno, dove i pannelli potranno restare a vista. La sigillatura deve essere realizzata con materiale di tipo sovraverniciabile.

#### 46.8 Tolleranze dimensionali

##### 46.8.1 Pilastri

altezza tra base pilastro ed estradosso  $\pm 0,5$  cm; fuori piombo per metro di altezza  $\pm 0,5$  cm

##### 46.8.2 Travi

scostamento asse di appoggio -0; direzione longitudinale  $\pm 0,5$  cm; direzione trasversale  $\pm 0,5$  cm

##### 46.8.3 Pannelli di tamponamento

scostamento ammesso dalle linee di verticalità teorica minore di 0,5 cm

scostamento delle misure di larghezza teoriche compensato campata per campata

### Art. 47 Opere di impermeabilizzazione

#### 47.1 Definizioni

Si definiscono *opere di impermeabilizzazione* quelle che servono a limitare (o ridurre entro valori prefissati) il passaggio di acqua (sotto forma liquida o vapore) attraverso una parte dell'edificio (pareti, fondazioni, pavimenti contro terra, ecc.) o comunque lo scambio igrometrico tra ambienti.

Le opere di impermeabilizzazione si dividono in:

- impermeabilizzazioni costituite da strati continui (o discontinui) di prodotti;
- impermeabilizzazioni realizzate mediante la formazione di intercapedini ventilate.

#### 47.2 Categorie di impermeabilizzazioni

Le impermeabilizzazioni si intendono suddivise nelle seguenti categorie:

- impermeabilizzazioni di coperture continue o discontinue;- impermeabilizzazioni di pavimentazioni;- impermeabilizzazioni di opere interrato;- impermeabilizzazioni di elementi verticali (non risalita d'acqua).

#### 47.3 Realizzazione

Per la realizzazione delle diverse categorie si utilizzeranno i materiali e le modalità indicate negli altri documenti progettuali. Ove non siano specificate in dettaglio nel progetto o a suo completamento si rispetteranno le prescrizioni seguenti:

- per le impermeabilizzazioni di coperture, si veda il relativo articolo di questo capitolato.
- per le impermeabilizzazioni di pavimentazioni, si veda l'articolo sui prodotti per pavimentazione.

##### 47.3.1 Impermeabilizzazione di opere interrato

Per l'impermeabilizzazione di opere interrato valgono le prescrizioni di seguito indicate.

Per le soluzioni che adottino membrane in foglio o rotolo si sceglieranno i prodotti che per resistenza meccanica a trazione, agli urti e alla lacerazione, meglio si prestano a sopportare l'azione del materiale di riporto (che comunque dovrà essere ricollocato con le dovute cautele). Le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ridurre entro limiti accettabili le azioni di insetti, muffe, radici e sostanze chimiche presenti del terreno. Inoltre durante la realizzazione, si curerà che i risvolti, i punti di passaggio di tubazioni, ecc. siano accuratamente eseguiti, onde evitare sollecitazioni localizzate o provocare

distacchi e punti di infiltrazione.

Per le soluzioni che adottano prodotti rigidi in lastre, fogli sagomati e similari (con la formazione di interspazi per la circolazione di aria) si opererà come indicato sopra a proposito della resistenza meccanica. Per le soluzioni ai bordi e nei punti di attraversamento di tubi, ecc., si eseguirà con cura la soluzione adottata in modo da non costituire punti di infiltrazione e di debole resistenza meccanica.

Per le soluzioni che adottano intercapedini di aria si curerà la realizzazione della parete più esterna (a contatto con il terreno), in modo da avere continuità e adeguata resistenza meccanica. Al fondo dell'intercapedine si formeranno opportuni drenaggi dell'acqua che limitino il fenomeno di risalita capillare nella parete protetta.

Per le soluzioni che adottano prodotti applicati fluidi o in pasta, si sceglieranno prodotti che possiedano caratteristiche di impermeabilità e anche di resistenza meccanica (urti, abrasioni, lacerazioni). Le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ottenere valori accettabili di resistenza ad agenti biologici quali radici, insetti, muffe, ecc., nonché di resistenza alle possibili sostanze chimiche presenti nel terreno. Durante l'esecuzione, si curerà la corretta esecuzione di risvolti e dei bordi, nonché dei punti particolari quali passaggi di tubazioni, ecc. in modo da evitare possibili zone di infiltrazione e/o distacco. La preparazione del fondo, l'eventuale preparazione del prodotto (miscelazioni, ecc.), le modalità di applicazione – ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura ed umidità) e quelle di sicurezza – saranno quelle indicate dal produttore nella sua documentazione.

#### 47.3.2 Impermeabilizzazioni di elementi verticali

Per le impermeabilizzazioni di elementi verticali (con risalita d'acqua) si eseguiranno strati impermeabili (o drenanti) che impediscano o riducano al minimo il passaggio di acqua per capillarità, ecc.

Gli strati dovranno essere realizzati con fogli, prodotti spalmati, malte speciali, ecc. curandone la continuità e la collocazione corretta nell'elemento. L'utilizzo di estrattori di umidità per murature, malte speciali e altri prodotti similari sarà ammesso solo con prodotti di provata efficacia e osservando scrupolosamente le indicazioni del progetto e del produttore per la loro realizzazione.

#### 47.4 Controlli del direttore dei lavori

Il direttore dei lavori, per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione, verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti e inoltre, almeno per gli strati più significativi, verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione attribuita all'elemento o strato considerato. In particolare, verificherà i collegamenti tra gli strati, la realizzazione di giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato, l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per quanto applicabili, verificherà con semplici metodi da cantiere le resistenze meccaniche (punzonamenti, resistenza a flessione, ecc.) l'impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua, la continuità (o discontinuità) degli strati, ecc.

A conclusione dell'opera, eseguirà prove (anche solo localizzate) per verificare le resistenze ad azioni meccaniche localizzate, l'interconnessione e compatibilità con altre parti dell'edificio e con eventuali opere di completamento.

### Art. 48 Esecuzione di intonaci

#### 48.1 Generalità

L'esecuzione degli intonaci deve sempre essere preceduta da un'accurata preparazione delle superfici.

Le superfici da intonacare devono essere ripulite da eventuali grumi di malta, regolarizzate nei punti più salienti e poi accuratamente bagnate.

Nel caso di murature in blocchetti di calcestruzzo o pareti in getto di calcestruzzo, l'esecuzione degli intonaci deve essere preceduta da un rinzaffo di malta fluida di sabbia e cemento applicata a cazzuola e tirata a frettazzo lungo in modo da formare uno strato molto scabro dello spessore non superiore a 5 mm.

Non si può procedere all'esecuzione di intonaci, in particolare quelli esterni, quando le strutture non siano protette dagli agenti atmosferici, ossia quando vi sia la possibilità che le acque di pioggia possano imbibire le superfici da intonacare e neppure quando la temperatura minima nelle 24 ore sia tale da pregiudicare la buona presa della malta. A questa limitazione si può derogare nel caso degli intonaci interni eseguiti in ambienti provvisoriamente chiusi e provvisti di adeguate sorgenti di calore.

Nel caso dell'esecuzione di intonaci su murature appoggiate contro strutture in conglomerato di cemento armato che saranno lasciate a vista, in corrispondenza delle linee di giunzione si devono realizzare scuretti aventi larghezza di 1 cm e profondità di 50 cm – se a spigolo vivo – o a 45° se le strutture in calcestruzzo si presentano con spigoli smussati.

Se espressamente indicato nei disegni di progetto esecutivo, in corrispondenza dell'intersezione tra i piani verticali e i piani orizzontali degli intonaci interni, devono essere realizzati degli scuretti sui piani verticali aventi altezza 1 cm e profondità 50 cm.

Nel caso di intonaci da applicare su strutture di calcestruzzo di cemento armato, si prescrive l'impiego di una rete metallica (o altro materiale idoneo) fissato al supporto allo scopo di eliminare la cavillatura lungo le linee di contatto tra i due materiali di diversa costituzione.

Gli intonaci finiti devono avere lo spessore maggiore o uguale a quello indicato nel progetto esecutivo o voce dell'elenco prezzi, compreso l'onere per la formazione degli spigoli, angoli, suggellature all'incrocio con i pavimenti e i rivestimenti e quanto altro richiesto dalla direzione dei lavori.

#### 48.2 *Intonaci su superfici vecchie*

Per l'esecuzione degli intonaci su superfici vecchie, mai intonacate, si deve procedere al preliminare distacco di tutti gli elementi non perfettamente solidali con la muratura sottostante e alla lavatura delle superfici, in modo da garantire l'assoluta pulizia.

#### 48.3 *Intonaci da eseguire su altri esistenti*

Per l'esecuzione di intonaci su altri già esistenti, si dovrà procedere al preliminare distacco di tutti i tratti di intonaco che non siano perfettamente solidali con la muratura sottostante, quindi si procederà a un'adeguata picconatura per creare una superficie su cui il nuovo intonaco possa aderire perfettamente e successivamente alla lavatura delle superfici in modo da garantire l'assoluta pulizia.

#### 48.4 *Intonaco grezzo o rinzaffo rustico*

L'intonaco grezzo deve essere costituito da uno strato di rinzaffo rustico, applicato con predisposte poste e guide, su pareti, soffitti e volte sia per interni sia per esterni. Ad applicazione conclusa non dovranno notarsi parti mancanti anche di piccole dimensioni e la superficie dovrà essere sufficientemente ruvida da garantire l'ancoraggio dello strato successivo.

L'applicazione può essere eseguita senza l'uso di guide, a mano con cazzuola o con macchina intonacatrice con successiva regolarizzazione dello strato di malta mediante staggiatura

L'intonaco può essere composto:

- con malta di calce e pozzolana, composta da 120 kg di calce idrata per 1 m<sup>3</sup> di pozzolana vagliata;
- con malta bastarda di calce, sabbia e cemento composta da 0,35 m<sup>3</sup> di calce spenta, 100 kg di cemento tipo 325 e 0,9 m<sup>3</sup> di sabbia;
- con malta cementizia composta da 300 kg di cemento tipo 325 per 1 m<sup>3</sup> di sabbia;
- con malta preconfezionata di calce naturale, costituita esclusivamente da aggregati di sabbie a polveri carbonatiche selezionate in curva granulometrica 0-4, legante di calce aerea e calce idraulica bianca.

#### 48.5 *Intonaco grezzo fratazzato o traversato*

L'intonaco grezzo fratazzato (o traversato) deve essere costituito da un primo strato di rinzaffo e da un secondo strato fratazzato rustico, applicato con predisposte poste e guide (o sestì), su pareti e soffitti, sia per interni sia per esterni.

#### 48.6 *Intonaci a base di gesso per interni*

##### 48.6.1 *Intonaco rustico per interni di tipo premiscelato per applicazione manuale*

L'intonaco rustico per interni costituito da miscela di gesso emidrato (scagliola), vermiculite espansa, perlite espansa e additivi chimici, confezionato in sacchi, deve essere applicato manualmente su superfici in laterizio o calcestruzzo, tirato in piano a fratazzo, finitura idonea a ricevere l'eventuale incollaggio di piastrelle in ceramica.

##### 48.6.2 *Intonaco rustico per interni di tipo premiscelato, biprodotto per applicazione a macchina*

L'intonaco rustico per interni di tipo premiscelato e riprodotto, costituito da miscela di gesso emidrato (scagliola), vermiculite espansa, perlite espansa e additivi chimici, confezionato in sacchi, deve essere applicato a macchina su superfici in laterizio o calcestruzzo, tirato in piano a fratazzo, finitura idonea a ricevere l'eventuale incollaggio di piastrelle di ceramica.

I giunti di elementi diversi devono essere armati con una rete in fibra di vetro alcali resistente. La rete portaintonaco non deve essere fissata direttamente alla muratura, ma va immersa nella parte superficiale. Gli eventuali fori o lesioni nella muratura devono essere precedentemente chiusi. Per rispettare la piombatura delle pareti, è consigliabile predisporre paraspigoli o staggie negli angoli e guide verticali nelle pareti.

Non è possibile interrompere la spruzzatura dell'intonaco per un periodo di tempo maggiore di 30 minuti. Si applica in unico strato sino a spessori di 5-30 mm spruzzando dal basso verso l'alto e successivamente si raddrizza con staggia ad H o coltello con passaggi in senso orizzontale e verticale, sino a ottenere una superficie piana. Dopo l'irrigidimento (circa due ore), il materiale va spianato con la lama o il rabot. Per una finitura a civile, può essere successivamente applicata una malta fina a base di calce, senza l'aggiunta di cemento.

L'intonaco deve essere applicato su fondi asciutti con umidità non superiore al 2,5%. L'intonaco fresco deve essere protetto dal gelo e da una rapida essiccazione.

Le pitture, i rivestimenti, le tappezzerie, ecc. devono essere applicati solo dopo la completa essiccazione e la stagionatura degli intonaci.

#### 48.6.3 Intonaco completo per interni di tipo premiscelato, monoprodotta, per applicazione a macchina

L'intonaco completo per interni di tipo premiscelato, monoprodotta, costituito da miscela di gesso emidrato (scagliola), perlite espansa e additivi chimici, confezionata in sacchi, deve essere applicata a macchina su superfici in laterizio o calcestruzzo, spianatura con riga e lisciatura a frattazzo. Per sottofondi speciali, bisogna osservare le istruzioni del fornitore. In locali umidi (bagni, cucine, garage), l'uso di questo tipo di intonaco è da evitare e si consiglia l'applicazione di intonaci a base di calce e cemento.

I giunti di elementi diversi devono essere armati con una rete in fibra di vetro alcali resistente. La rete portaintonaco non deve essere fissata direttamente alla muratura, ma va immersa nella parte superficiale. Gli eventuali fori o lesioni nella muratura devono essere precedentemente chiusi. Per rispettare la piombatura delle pareti è consigliabile predisporre parasigoli o staggie negli angoli e guide verticali nelle pareti.

Non è possibile interrompere la spruzzatura dell'intonaco per un periodo di tempo maggiore di 30 minuti. Si applica in un unico strato sino a spessori di 5-30 mm spruzzando dal basso verso l'alto e, successivamente, si raddrizza con staggia ad H o coltello con passaggi in senso orizzontale e verticale sino a ottenere una superficie piana. Dopo l'irrigidimento (circa due ore), il materiale va spianato con la lama o il rabot. Per una finitura a civile, può essere successivamente applicata una malta fina a base di calce, senza l'aggiunta di cemento.

L'intonaco deve essere applicato su fondi asciutti con umidità non superiore al 2,5%. L'intonaco fresco deve essere protetto dal gelo e da una rapida essiccazione.

Le pitture, i rivestimenti, le tappezzerie, ecc. devono essere applicati solo dopo la completa essiccazione e la stagionatura degli intonaci.

#### 48.6.4 Intonaco completo per interni di tipo monoprodotta a base di gesso emidrato e anidrite, applicazione a mano

L'intonaco completo per interni di tipo monoprodotta a base di gesso emidrato 60% e anidrite 40%, confezionato in sacchi, deve essere applicato a mano su superfici in laterizio o calcestruzzo, tirato in piano a frattazzo, rasata con strato di finitura dello stesso prodotto.

#### 48.6.5 Intonaco completo per interni di tipo monoprodotta a base di gesso emidrato e anidrite, applicazione a macchina

L'intonaco completo per interni di tipo monoprodotta a base di gesso emidrato 60% e anidrite 40%, confezionata in sacchi, deve essere applicata a macchina su superfici di laterizio o calcestruzzo, spianato con staggia e lisciato a frattazzo. Su intonaci a base cemento, è necessaria l'applicazione di primer.

#### 48.6.6 Rasatura per interni di tipo monoprodotta per applicazione a mano

La rasatura per interni di tipo monoprodotta di miscela di gesso emidrato (scagliola) e additivi chimici, confezionata in sacchi, deve essere applicata a mano con cazzuola americana o frattazzo metallico. Su intonaci a base cemento, è necessaria l'applicazione di primer.

L'applicazione consta di due fasi ben distinte:

- <sup>a</sup> - 1 fase (carica): l'intonaco impastato viene steso sulla parete o sul soffitto, fino allo spessore desiderato, con un opportuno numero di passate successive, utilizzando la tradizionale talocchia di legno. Lo spessore totale minimo è di 5 mm;
- <sup>a</sup> - 2 fase (finitura): dopo circa 30 minuti, l'intonaco deve essere lamato con la spatola americana grande per togliere le eventuali ondulazioni e successivamente, utilizzando lo stesso impasto lasciato a riposo nel gabasso, si effettuano le operazioni di ricarica. La lisciatura speculare finale si ottiene passando la superficie a vista con la spatola americana piccola, bagnando leggermente la superficie. L'intonaco così finito è idoneo a ricevere pitture all'acqua e carte da parati a superficie completamente asciutta.

Nel periodo invernale si deve evitare che la temperatura ambiente scenda sotto i + 5 °C nelle prime 24 ore. Per ottenere un asciugamento ottimale è necessario arieggiare i locali, in modo da permettere la fuoriuscita dell'umidità.

Nel periodo estivo la temperatura dell'ambiente durante il periodo d'applicazione non dovrà superare i + 35 °C.

Il sottofondo, prima dell'applicazione del rivestimento, dovrà essere perfettamente asciutto. Sono idonei solo i collanti sintetici. La posa deve essere eseguita secondo il metodo del giunto aperto, riempito in seguito con il coprifughe.

Eventuali ferri d'armatura a filo murature devono essere trattati con idonea protezione antiruggine, così come le piattabande metalliche, che devono essere ricoperte con rete metallica in filo zincatofissata alla muratura.

#### 48.6.7 Lisciatura per interni di tipo monoprodotta per applicazione a mano

La lisciatura per interni di tipo monoprodotta deve essere applicata a mano con cazzuola americana o frattazzo metallico. Su intonaci a base di cemento, è necessaria l'applicazione di primer.

Le modalità di applicazione del gesso scagliola per lisciatura, quando viene usata come rasatura, sono identiche a quelle descritte per l'applicazione a spessore. Si tenga conto che, a causa dello spessore sottile, minimo di 3 mm, ven-

gono automaticamente ridotti i tempi di lavorabilità, specialmente se l'applicazione viene effettuata su sottofondo perfettamente asciutto.

#### 48.7 *Intonaco per interni per trattamento acustico dei locali, di tipo premiscelato, a base di vermiculite, applicazione a spruzzo*

L'intonaco per interni per trattamento acustico dei locali, di tipo premiscelato, a base di vermiculite e leganti inorganici, resine e additivi chimici, confezionato in sacchi, deve essere applicato a spruzzo direttamente su sottofondi in calcestruzzo, laterizio e laterocemento.

Prima dell'applicazione dell'intonaco su superfici di calcestruzzo, si dovranno eliminare tutte le eventuali sporgenze di elementi metallici per evitare la fuoriuscita di macchie di ruggine e stendere una mano di imprimitura a base di resina.

Prima dell'applicazione dell'intonaco su superfici miste di calcestruzzo e laterizio, per rendere uniformi le superfici dovrà essere steso uno strato sottile di intonaco grezzo.

La finitura verrà realizzata come previsto nei disegni di progetto, secondo una delle tipologie sotto indicate:

- lisciato, con sovrapposizione di finitura speciale a base di vermiculite (spessore 2 mm), colorata in pasta;
- non lisciato, con sovrapposizione di finitura speciale a base di perlite fine (spessore 1 mm), colorata in pasta;
- non lisciato (naturale).

#### 48.8 *Intonaco per interni per protezione antincendio*

L'intonaco resistente alla fiamma deve essere costituito da miscela di vermiculite, leganti speciali e additivi chimici, dovrà essere applicato su pareti e soffitti aventi superficie rasata o rustica, per lo spessore minimo di 20 mm, e comunque adeguati a quanto richiesto dalle norme antincendio.

Deve essere applicato a spruzzo sia direttamente sulle superfici da proteggere sia sull'eventuale inscatolamento eseguito con l'impiego di un'adeguata rete porta intonaco.

Nel caso di applicazione su superfici in acciaio, le stesse dovranno essere preventivamente trattate con vernici anti-ruggine e liberate da polvere, grasso, olio e altre sostanze estranee.

#### 48.9 *Intonaco isolante termico a base di leganti idraulici e polistirene, applicazione a spruzzo*

L'intonaco isolante, miscela di granule di polistirene, leganti idraulici e additivi, confezionata in sacchi, si deve applicare a spruzzo nello spessore previsto sui disegni di progetto seguendo la procedura seguente:

- applicazione sul sottofondo grezzo di uno strato dello spessore di 10 mm di intonaco avente funzione di aggrappante;
- applicazione di strati successivi di intonaco, ciascuno dello spessore non superiore a 20 mm, sino al raggiungimento dello spessore previsto.

Eventuali altri strati di finitura, se previsti, dovranno essere posati a distanza di almeno quattro settimane dalla posa dell'intonaco.

#### 48.10 *Intonaco civile per esterni tipo Li Vigni*

L'intonaco tipo *Li Vigni* è un intonaco a finitura lamata, colorato, a base di calce grassa in pasta (grassello) stagionata, aggregato con sabbia dolomitica, a granulometria calibrata, con l'aggiunta di terre coloranti, in proporzioni variabili.

L'impasto deve essere applicato su supporto stagionato. Gli intonaci di fondo preferibili, per una maggiore durata dell'intonaco, possono essere:

- intonaco di fiore di calce e pozzolana;
- intonaco di calce idraulica bianca;
- malta predosata a grassello di calce;
- pozzolana e cocchiopesto.

L'impasto deve essere applicato su sottofondi preventivamente bagnati, con frattone di legno. Un primo strato dell'impasto deve essere dello spessore di circa 5 mm e, non appena quest'ultimo sarà in fase di presa, si dovrà applicare un secondo strato, per lo spessore di altri 5 mm, spianandolo col frattone, al fine di livellarlo e rendere la superficie planare.

A crosta indurita, si eseguirà la lamatura, che consiste nel raschiamento dello strato superficiale dell'impasto, utilizzando una lama a denti piccoli, al fine di rompere l'impasto fresco, togliendone qualche millimetro, assicurandosi di lamare sempre in orizzontale al fine di ottenere l'uniformità della superficie. È necessario, non appena l'intonaco sarà indurito, spazzolare la parete con una pennellessa, al fine di eliminare i granelli rotti non più aderenti.

#### 48.11 *Intonaco civile per esterni tipo Terranova*

L'intonaco con lana minerale, detto intonaco *Terranova*, consiste nell'applicazione di una miscela di legante, inerti quarziferi e coloranti minerali.

La finitura deve essere applicata esclusivamente su supporti minerali assorbenti quali intonaci a calce o a calce-

cemento, di cantiere o premiscelati, e vecchi intonaci tipo Terranova, purché stabili e consistenti, con coefficiente di permeabilità al vapore  $\alpha < 12$ , e conduttività termica  $\lambda = 0,4 \text{ W/mK}$ .

Il supporto deve essere regolare e assorbente, privo di grassi e di parti solubili in acqua, solido, omogeneo, perfettamente stagionato e non soggetto a movimenti. Eventuali rappezzi devono accordarsi con il tipo di materiale esistente. Tutte le superfici devono essere preventivamente bagnate a rifiuto. In caso di sottofondi molto assorbenti o di temperature elevate, occorre bagnare il supporto anche la sera precedente l'applicazione.

Il prodotto deve essere impastato mantenendo costante il rapporto acqua/materiale. Il supporto deve essere bagnato a rifiuto e l'applicazione deve iniziare quando l'acqua è stata completamente assorbita.

L'impasto deve essere applicato con cazzuola, comprimendo bene la superficie con cazzuola e frattazzo, sino a ottenere uno spessore di circa 8 mm. All'inizio della presa occorre lamare con lama o spazzola a chiodi e successivamente spazzolare con spazzola di crine asciutta. L'operazione di lamatura deve ridurre lo spessore a circa 5÷6 mm.

L'intonaco non deve essere eseguito in presenza di sole, vento o pioggia battente. In caso di pioggia la facciata deve essere protetta durante il tempo necessario alla presa del prodotto.

Il prodotto non deve essere assolutamente applicato su supporti gelati, in fase di disgelo o con rischio di gelo nelle 24 ore successive l'applicazione

L'aspetto cromatico può variare in funzione dell'assorbimento del supporto e delle condizioni ambientali. Occorre evitare l'applicazione in facciata in tempi diversi, su supporti disomogenei e su supporti assorbenti non bagnati.

Per superfici estese devono essere previste le opportune interruzioni in prossimità di giunti o pluviali oppure bisogna creare opportuni tagli tecnici.

Le superfici di intonaco non devono essere bagnate nelle 48 ore successive all'applicazione.

#### 48.12 *Intonaco per esterno di tipo plastico*

L'intonaco sarà costituito da un rinzafo in malta di cemento tirato in piano a frattazzo dello spessore di 15 mm e successiva applicazione di un intonaco plastico a base di inerti minerali e leganti polimerici plastici, colorato, dato a frattazzo metallico, previa preparazione dello strato di ancoraggio.

L'intonaco plastico può essere applicato su intonaco grezzo, civile, di malta bastarda, tonachino e su elementi prefabbricati in conglomerato cementizio.

Prima dell'applicazione dovranno essere asportate tutte le zone inconsistenti di intonaco. Occorre eliminare la polvere con una spazzolatura manuale e primerizzare i fondi con idoneo fissativo.

L'applicazione del prodotto deve essere eseguita manualmente in doppio strato, applicando un primo strato con un normale frattone in acciaio. Appena quest'ultimo sarà asciutta, con lo stesso sistema si applicherà un secondo strato di prodotto. L'effetto rustico può essere immediatamente ottenuto con un rullo di caucciù o con rullo di spugna forata.

La maggiore o minore intensità dei rilievi è esclusivamente determinata dalla quantità di prodotto che si impiega.

#### 48.13 *Intonaco risanante ad azione deumidificante*

L'intonaco deumidificante è impiegato per il risanamento di murature umide e saline, di ogni genere e spessore.

L'esecuzione dell'intonaco risanante ad azione deumidificante deve assicurare uno spessore minimo finito di 25 mm, realizzato in almeno due strati con malte premiscelate ad alta resistenza ai sali, composte da calci idrauliche naturali, pozzolana, marmi macinati in curva granulometrica 0-4 mm, terre colorate naturali e additivi areanti naturali.

L'intonaco deve essere applicato sulla muratura preventivamente liberata dalle parti di intonaco preesistenti per almeno 70 cm oltre la fascia d'umidità, previo lavaggio ripetuto mediante idropulitrice o getto d'acqua a pressione e spazzolatura, al fine di asportare polveri e incrostazioni saline, nel rispetto della seguente metodologia:

- applicare lo strato di rinzafo a completa copertura del supporto per uno spessore minimo di 5 mm. Ad applicazione conclusa non dovranno notarsi parti mancanti anche di piccole dimensioni e la superficie dovrà essere sufficientemente ruvida da garantire l'ancoraggio dello strato successivo. Attendere l'asciugatura dello strato ed eventualmente ripetere l'applicazione nei punti che dovessero rimanere umidi;

- applicare in due mani lo strato di intonaco risanante ad azione deumidificante, livellando e portando in piano il supporto con finitura frattazzata per uno spessore totale minimo finito di 200 mm. Al prodotto in fase di indumento non deve essere aggiunta acqua per ripristinare la lavorabilità.

Le finiture devono essere compatibili con il risanamento effettuato, preferibilmente traspiranti e a base di calce.

#### 48.14 *Rivestimento cementizio flessibile per l'impermeabilizzazione di calcestruzzo e di intonaci*

Il rivestimento cementizio flessibile per l'impermeabilizzazione di calcestruzzo e di intonaci deve essere impermeabilizzante, bicomponente, elastoplastico. Il primo componente è un premiscelato in polvere a base di leganti idraulici, inerti selezionati e additivi che migliorano la lavorabilità e l'impermeabilità. Il secondo componente è un lattice a base di speciali polimeri sintetici in dispersione acquosa. La miscela dei due componenti deve produrre un impasto facilmente applicabile e avente un'ottima adesione su ogni tipo di supporto e realizzare un'impermeabilizzazione elastica capace di assecondare e assorbire i movimenti strutturali del calcestruzzo senza lesionarsi e risultando nel contempo

impermeabile ai gas aggressivi dell'atmosfera, quali CO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub>.

Per l'applicazione, i supporti in calcestruzzo devono essere preparati per garantire un'ottima adesione del rivestimento impermeabile. È quindi necessario asportare tutte le parti incoerenti e prive di consistenza mediante scalpellatura, spazzolatura, idrolavaggio. Le tracce di oli, disarmanti, ruggine e sporco in genere devono essere rimosse e le superfici devono essere prive di ristagni d'acqua. Le parti degradate e i vespai devono essere preventivamente ripristinati con malta idonea e compatibile, in modo da ottenere una superficie uniforme.

La preparazione dell'impasto del rivestimento deve evitare l'inglobamento d'aria e deve essere omogeneo e privo di grumi, con buone caratteristiche di scorrevolezza e di tissotropia e di facile applicabilità.

L'applicazione può essere fatta meccanicamente con pompa spruzzatrice o manualmente con spatola inox, rasando uniformemente l'impasto sia in orizzontale che in verticale, fino a uno spessore massimo di 2 mm per mano. In zone particolarmente sollecitate deve essere applicata l'armatura del rivestimento con rete apposita e compatibile con il rivestimento.

Nella stagione calda, per evitare l'essiccazione rapida, è consigliato di bagnare il sottofondo di applicazione senza creare veli d'acqua.

#### 48.15 *Impermeabilizzante antiumido trasparente silossanico per intonaci*

L'impermeabilizzazione dell'intonaco deve essere ottenuta con l'applicazione di un impregnante a forte capacità di penetrazione ed elevato effetto idrorepellente, anche per il trattamento di supporti compatti e poco porosi. Il prodotto non deve creare pellicole e deve lasciare inalterata la traspirazione dei supporti. Inoltre, deve prevenire la formazione di efflorescenze, muffe e salnitro. Il prodotto non deve essere usato su ceramica o superfici non assorbenti.

Le superfici da trattare devono essere pulite, asciutte in profondità e prive di residui di trattamenti precedenti. Eventuali fessure o cavità devono essere otturate.

#### 48.16 *Paraspigoli in lamiera zincata*

I paraspigoli devono essere applicati prima della formazione degli intonaci e devono essere costituiti da profilati in lamiera zincata dell'altezza minima di 170 cm e dello spessore di 1 mm.

#### 48.17 *Giunti di dilatazione*

I giunti di dilatazione possono essere realizzati con profili in polivinilcloruro, in acciaio galvanizzato, in alluminio o in lamiera verniciata, con interposto elemento elastico, resistente agli agenti atmosferici. Il profilo deve avere la superficie di appoggio in neoprene o con caratteristiche tali da compensare le eventuali irregolarità della superficie d'appoggio. Le modalità di applicazione devono essere quelle indicate dal produttore, come riportato nella scheda tecnica del prodotto.

#### 48.18 *Protezione degli intonaci realizzati*

Le superfici intonacate non ancora stagionate, specie se esterne, devono risultare protette dagli agenti atmosferici (pioggia battente, vento, sole, gelo, ecc.), nelle modalità indicate dal produttore, soprattutto per evitare la repentina essiccazione per effetto dell'azione vento e del sole.

### Art. 49 **Opere di vetrazione e serramentistica**

#### 49.1 *Definizioni*

Per *opere di vetrazione* si intendono quelle che comportano la collocazione in opera di lastre di vetro (o prodotti similari sempre comunque in funzione di schermo), sia in luci fisse sia in ante fisse, o mobili di finestre, portefinestre o porte.

Per *opere di serramentistica* si intendono quelle relative alla collocazione di serramenti (infissi) nei vani aperti delle parti murarie destinate a riceverli.

#### 49.2 *Realizzazione*

La realizzazione delle opere di vetrazione deve avvenire con i materiali e le modalità previsti dal progetto, e, ove questo non sia sufficientemente dettagliato, valgono le prescrizioni seguenti.

Le lastre di vetro in relazione al loro comportamento meccanico devono essere scelte tenendo conto delle loro dimensioni, delle sollecitazioni previste dovute a carico di vento e neve, delle sollecitazioni dovute a eventuali sbalzi e delle deformazioni prevedibili del serramento.

Devono inoltre essere considerate per la loro scelta le esigenze di isolamento termico, acustico, di trasmissione luminosa, di trasparenza o traslucidità e di sicurezza, sia ai fini antinfortunistici sia di resistenza alle effrazioni, agli atti vandalici, ecc.

Per la valutazione della adeguatezza delle lastre alle prescrizioni predette, in mancanza di prescrizioni nel progetto, si intendono adottati i criteri stabiliti nelle norme UNI per l'isolamento termico e acustico, la sicurezza, ecc. (**UNI7143**, **UNI7144**, **UNI EN 12758** e **UNI7697**).

Gli smussi ai bordi e negli angoli devono prevenire possibili scagliature.

I materiali di tenuta, se non precisati nel progetto, si intendono scelti in relazione alla conformazione e alle dimensioni delle scanalature (o battente aperto con ferma vetro) per quanto riguarda lo spessore e le dimensioni in genere, la capacità di adattarsi alle deformazioni elastiche dei telai fissi e ante apribili; la resistenza alle sollecitazioni dovute ai cicli termoigrometrici, tenuto conto delle condizioni microlocali che si creano all'esterno rispetto all'interno, ecc. e tenuto conto del numero, posizione e caratteristiche dei tasselli di appoggio, periferici e spaziatori.

Nel caso di lastre posate senza serramento, gli elementi di fissaggio (squadrette, tiranti ecc.) devono avere adeguata resistenza meccanica ed essere preferibilmente di metallo non ferroso o comunque protetto dalla corrosione. Tra gli elementi di fissaggio e la lastra deve essere interposto materiale elastico e durabile alle azioni climatiche.

La posa in opera deve avvenire previa eliminazione di depositi e materiali dannosi dalle lastre, serramenti, ecc. e collocando i tasselli di appoggio in modo da far trasmettere correttamente il peso della lastra al serramento. I tasselli di fissaggio servono a mantenere la lastra nella posizione prefissata.

Le lastre che possono essere urtate devono essere rese visibili con opportuni segnali (motivi ornamentali, maniglie, ecc.).

La sigillatura dei giunti tra lastra e serramento deve essere continua in modo da eliminare ponti termici e acustici. Per i sigillanti e gli adesivi si devono rispettare le prescrizioni previste dal fabbricante per la preparazione, le condizioni ambientali di posa e di manutenzione. La sigillatura deve comunque essere conforme a quella richiesta dal progetto o effettuata sui prodotti utilizzati per qualificare il serramento nel suo insieme.

L'esecuzione effettuata secondo la norma **UNI6534** potrà essere considerata conforme alla richiesta del presente capitolato nei limiti di validità della norma stessa.

#### 49.3 Posa in opera dei serramenti

La realizzazione della posa dei serramenti deve essere effettuata come indicato nel progetto esecutivo e, quando non precisato, deve avvenire secondo le prescrizioni seguenti.

Le finestre devono essere collocate su propri controtelai e fissate con i mezzi previsti dal progetto e comunque in modo da evitare sollecitazioni localizzate.

Il giunto tra controtelaio e telaio fisso, se non progettato in dettaglio, onde mantenere le prestazioni richieste al serramento, dovrà essere eseguito con le seguenti attenzioni:

- assicurare tenuta all'aria e isolamento acustico;- gli interspazi devono essere sigillati con materiale comprimibile e che resti elastico nel tempo. Se ciò non fosse sufficiente (giunti larghi più di 8 mm) si sigillerà anche con apposito sigillante capace di mantenere l'elasticità nel tempo e di aderire al materiale dei serramenti;- il fissaggio deve resistere alle sollecitazioni che il serramento trasmette sotto l'azione del vento o dei carichi dovuti all'utenza (comprese le false manovre).

La posa con contatto diretto tra serramento e parte muraria deve avvenire:

- assicurando il fissaggio con l'ausilio di elementi meccanici (zanche, tasselli a espansione, ecc.);- sigillando il perimetro esterno con malta, previa eventuale interposizione di elementi separatori quali non tessuti, fogli, ecc.;- curando l'immediata pulizia delle parti che possono essere danneggiate (macchiate, corrose, ecc.) dal contatto con la malta o altri prodotti utilizzati durante l'installazione del serramento.

Le porte devono essere posate in opera analogamente a quanto indicato per le finestre. Inoltre, si dovranno curare le altezze di posa rispetto al livello del pavimento finito.

Per le porte con alte prestazioni meccaniche (antieffrazione), acustiche, termiche o di comportamento al fuoco, si rispetteranno inoltre le istruzioni per la posa date dal fabbricante e accettate dalla direzione dei lavori.

#### 49.4 Controlli del direttore di lavori

Il direttore dei lavori, nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi e alle procedure), verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti. In particolare, verificherà la realizzazione delle sigillature tra lastre di vetro e telai e tra i telai fissi e i controtelai, l'esecuzione dei fissaggi per le lastre non intelaiate e il rispetto delle prescrizioni di progetto, del capitolato e del produttore per i serramenti con altre prestazioni. A conclusione dei lavori, il direttore eseguirà verifiche visive della corretta messa in opera e della completezza di giunti, sigillature, ecc., nonché i controlli orientativi circa la forza di apertura e chiusura dei serramenti (stimandole con la forza corporea necessaria) e l'assenza di punti di attrito non previsti. Eseguirà quindi prove orientative di tenuta all'acqua, con spruzzatori a pioggia e all'aria, con l'uso di fumogeni, ecc.

#### Art. 50 Esecuzione di gabbioni e materassi metallici zincati riempiti con pietrame

I gabbioni a scatola sono manufatti di forma parallelepipedica, costituiti da rete metallica avente maglia esagonale a doppia torsione, che vengono riempiti di ciottoli o di pietrame di cava di idonea pezzatura.

Il filo utilizzato sarà di acciaio dolce ricotto e zincato con zincatura forte, conforme alle norme UNI8018 per quanto riguarda le caratteristiche della maglia, alle norme UNI3598 per il filo di ferro, alla Circolare del Consiglio Superiore LL.PP. N° 2078 del 27.8.62.

Per gabbioni lavoranti in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore  $0,4 \div 0,6$  mm.

Per il riempimento dei gabbioni saranno utilizzabili solo materiali lapidei purché il loro peso e le loro caratteristiche soddisfino alle esigenze statiche, funzionali e di durata dell'opera. Il materiale più comunemente usato sarà costituito da ciottoli o da pietrame di cava. Saranno da preferire i materiali di maggiore massa volumica, soprattutto se è predominante il comportamento a gravità della struttura o se la stessa è immersa o soggetta alla forza viva dell'acqua. Ai fini di una lunga durata dell'opera, il pietrame dovrà, inoltre, essere non gelivo, non friabile, non dilavabile e di buona durezza.

La pezzatura del pietrame sarà variabile tra 1,5 e 2,5 volte la dimensione D della maglia della rete, tale cioè da evitare fuoriuscite del pietrame.

I gabbioni potranno essere suddivisi in celle mediante l'inserimento di diaframmi pannelli di rete con le stesse caratteristiche di quella delle pareti esterne, posti alla distanza di 1,0 m l'uno dall'altro e aventi la funzione di irrobustire la struttura e di facilitare le operazioni di assemblaggio.

Per la posa in opera dei gabbioni si procederà come segue: si legheranno gli spigoli dei singoli gabbioni e si fisseranno gli eventuali diaframmi alle pareti laterali, poi si riuniranno più gabbioni vuoti fra di loro e successivamente si porranno in opera e si cuciranno saldamente a quelli adiacenti lungo tutti gli spigoli di contatto, sia in direzione orizzontale che verticale. Qualora i gabbioni fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra pareti opposte.

La disposizione dei gabbioni dipenderà dai tipi adottati e dalle caratteristiche strutturali dell'opera.

Il riempimento verrà effettuato con mezzi meccanici sistemando il materiale all'interno dei gabbioni in modo tale da ottenere la minor percentuale di vuoti; l'indice di porosità del gabbione dovrà essere compreso tra 0,3 e 0,4.

Ultimato il riempimento si procederà alla chiusura del gabbione, effettuando le legature lungo i bordi perimetrali del coperchio e lungo il bordo superiore degli eventuali diaframmi, passando il filo in modo continuo in tutte le maglie con un doppio giro ogni 2 maglie.

Quando la posa in opera debba avvenire in presenza d'acqua, l'allestimento potrà essere effettuato a riva oppure in acqua, su pontoni galleggianti; in questo caso ultimo l'allestimento degli elementi avverrà sul pianale del pontone stesso, in posizione orizzontale.

Qualora fosse richiesta la sigillatura del gabbione, la penetrazione deve essere completa per una profondità di 25 cm di un mastice bituminoso con sabbia e filler applicato a caldo mediante colatura in ragione di 200 kg per m<sup>2</sup>.

#### *Materassi in pietrame*

Il materasso in pietrame è costituito da una struttura metallica, avente forma parallelepipedica di notevole ampiezza e piccolo spessore, divisa in più celle, costituita da una rete metallica a maglia esagonale a doppia torsione, fortemente zincata ed eventualmente protetta con rivestimento in materiale plastico; tale elemento viene riempito in opera con ciottoli o pietrisco di idonee dimensioni.

Il materasso sarà realizzato da un telo continuo di rete sul quale, alla distanza di 1,0 m l'uno dall'altro, verranno inseriti i diaframmi dello stesso tipo di rete in modo tale da formare una struttura cellulare di larghezza da 2,0 m a 3,0 m; il telo continuo servirà per formare sia la base che le pareti laterali dell'elemento. Il coperchio sarà costituito da un telo di rete separato da quello di base. I teli di rete saranno delimitati, esternamente lungo i bordi, da fili di diametro più grosso di quello usato per fabbricare la rete, che rinforzeranno la struttura e faciliteranno, durante la messa in opera, le legature di chiusura delle tasche e di unione degli elementi fra di loro.

La rete metallica a maglia esagonale e doppia torsione sarà realizzata in accordo alle norme UNI8018, tessuta con trafilato di ferro in accordo alle norme UNI3598, a forte zincatura, in accordo a quanto previsto dalla Circolare del Consiglio Superiore LL.PP. n° 2078 del 27.8.62.

Per materassi lavoranti in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, sarà rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore  $0,4 \div 0,6$  mm.

La pezzatura varierà tra 1 e 1,5-2 volte la dimensione D della maglia della rete. L'indice di porosità sarà contenuto tra 0,3 e 0,4. Non è richiesto l'impiego di materiale con caratteristiche particolari, purché non si tratti di materiale gelivo o di marne friabili; è opportuno che il pietrame sia di natura compatta e con massa volumica non inferiore a 2000 kg/m<sup>3</sup>.

Prima della posa in opera il singolo materasso verrà allestito effettuando le sole legature di unione fra i diaframmi ed i lembi laterali del telo base che costituiscono le pareti dell'elemento.

La linea di piegatura delle pareti laterali sarà ben definita, nella posizione voluta, da un filo metallico di diametro maggiore.

E' preferibile che i singoli elementi di materasso siano allestiti fuori opera, anche quando la scarpata sulla quale si debba eseguire il rivestimento non sia molto inclinata, e ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano di posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si dovrà procedere a collegarli fra di loro con solide cuciture lungo tutti gli spigoli che si vengono a trovare a contatto.

Le legature saranno eseguite passando il filo in modo continuo in tutte le maglie, con un doppio giro ogni due maglie,

e il collegamento in opera dei materassi sarà eseguito ad elementi vuoti per rendere più facile tale operazione.

Qualora i materassi fossero senza diaframmi, all'interno saranno apposti dei tiranti tra parti opposte. Quindi si procederà alle operazioni di riempimento. Ultimate tali operazioni si procederà alla chiusura degli elementi utilizzando il singolo coperchio, oppure rete in rotoli ed effettuando le dovute legature di unione sia lungo i bordi laterali che lungo quelli dei diaframmi interni. Si eseguiranno prima le legature che fissano il coperchio ai bordi laterali dell'elemento, poi quelle che lo collegano ai diaframmi trasversali.

Normalmente le scarpate di appoggio si faranno inclinate di 1:1,5 o di 1:2 secondo la natura del terreno, tenendo la pendenza massima in casi di terre vegetali di media consistenza e la minima con quelle argillose.

Qualora si stia procedendo ad un rivestimento d'alveo, il materasso verrà disposto sulle sponde trasversalmente al corso d'acqua e cioè secondo la massima inclinazione delle sponde e perpendicolarmente al filo della corrente. Questa disposizione non è tassativa; potrà a volte convenire disporre gli elementi in senso longitudinale alla corrente come ad esempio nei rivestimenti del fondo, e, nel caso di corsi d'acqua con notevole velocità, anche nei rivestimenti di sponda; a determinare la scelta fra i due sistemi suddetti interverranno anche la maggior facilità di posa in opera o ragioni costruttive di varia natura.

La posa in opera direttamente in acqua sarà eseguita come per i gabbioni.

## Art. 51 Esecuzione delle pavimentazioni

### 51.1 Definizioni

Le pavimentazioni si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:

- pavimentazioni su strato portante;- pavimentazioni su terreno (dove cioè la funzione di strato portante del sistema di pavimentazione è svolta dal terreno).

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati), si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dagli strati funzionali di seguito descritti.

#### 51.1.1 Pavimentazione su strato portante

La pavimentazione su strato portante avrà come elementi o strati fondamentali:

- lo strato portante, con la funzione di resistenza alle sollecitazioni meccaniche dovute ai carichi permanenti o di esercizio;
- lo strato di scorrimento, con la funzione di compensare e rendere compatibili gli eventuali scorrimenti differenziali tra strati contigui;
- lo strato ripartitore, con la funzione di trasmettere allo strato portante le sollecitazioni meccaniche impresse dai carichi esterni, qualora gli strati costituenti la pavimentazione abbiano comportamenti meccanici sensibilmente differenziati;
- lo strato di collegamento, con la funzione di ancorare il rivestimento allo strato ripartitore (o portante);
- lo strato di rivestimento con compiti estetici e di resistenza alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc.).

A seconda delle condizioni di utilizzo e delle sollecitazioni previste, i seguenti strati possono diventare fondamentali:

- strato di impermeabilizzante, con la funzione di dare alla pavimentazione una prefissata impermeabilità ai liquidi e ai vapori;
- strato di isolamento termico, con la funzione di portare la pavimentazione a un prefissato isolamento termico;
- strato di isolamento acustico, con la funzione di portare la pavimentazione a un prefissato isolamento acustico;
- strato di compensazione con funzione di compensare quote, le pendenze, gli errori di planarità ed eventualmente incorporare impianti (spesso questo strato ha anche funzione di strato di collegamento).

#### 51.1.2 Pavimentazione su terreno

La pavimentazione su terreno avrà come elementi o strati funzionali:

- il terreno (suolo), con funzione di resistere alle sollecitazioni meccaniche trasmesse dalla pavimentazione; - lo strato impermeabilizzante (o drenante); - lo strato ripartitore; - gli strati di compensazione e/o pendenza; - il rivestimento.

A seconda delle condizioni di utilizzo e delle sollecitazioni, possono essere previsti altri strati complementari.

#### 51.1.3 Realizzazione degli strati portanti

La realizzazione degli strati portati sarà effettuata utilizzando i materiali indicati nel progetto. In caso contrario, si rispetteranno le prescrizioni seguenti e quelle fornite dalla direzione dei lavori.

Per lo strato portante, a seconda della soluzione costruttiva adottata, si farà riferimento alle prescrizioni già date nel presente capitolato sulle strutture di calcestruzzo, sulle strutture metalliche, sulle strutture miste acciaio e calcestruzzo, sulle strutture di legno, ecc.

Per lo strato di scorrimento, finalizzato a consentire eventuali movimenti differenziati tra le diverse parti della pavimentazione, a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali sabbia, membrane a base sintetica o bituminosa, fogli di carta o cartone, geotessili o pannelli di fibre, di vetro o roccia. Durante la realizzazione si curerà la continuità dello strato, la corretta sovrapposizione o realizzazione dei giunti e l'esecuzione di bordi, risvolti, ecc.

Per lo strato ripartitore, a seconda della soluzione costruttiva adottata, si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali calcestruzzi armati o non, malte cementizie, lastre prefabbricate di calcestruzzo armato o non, lastre o pannelli a base di legno. Durante la realizzazione si curerà, oltre alla corretta esecuzione dello strato in quanto a continuità e spessore, la realizzazione di giunti e bordi e dei punti di interferenza con elementi verticali o con passaggi di elementi impiantistici, in modo da evitare azioni meccaniche localizzate o incompatibilità chimico-fisiche. Sarà infine curato che la superficie finale abbia caratteristiche di planarità, rugosità, ecc. adeguate per lo strato successivo.

Per lo strato di collegamento, a seconda della soluzione costruttiva adottata, si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali malte, adesivi organici e/o con base cementizia e, nei casi particolari, alle prescrizioni del produttore per elementi di fissaggio, meccanici o di altro tipo. Durante la realizzazione si curerà l'uniforme e corretta distribuzione del prodotto, con riferimento agli spessori e/o quantità consigliate dal produttore, in modo da evitare eccesso da rifiuto o insufficienza, che può provocare scarsa resistenza o adesione. Si verificherà inoltre che la posa avvenga con gli strumenti e nelle condizioni ambientali (temperatura, umidità) e preparazione dei supporti suggeriti dal produttore.

Per lo strato di rivestimento, a seconda della soluzione costruttiva adottata, si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti per pavimentazione. Durante la fase di posa si curerà la corretta esecuzione degli eventuali motivi ornamentali, la posa degli elementi di completamento e/o accessori, la corretta esecuzione dei giunti e delle zone di interferenza (bordi, elementi verticali, ecc.), le caratteristiche di planarità o comunque delle conformazioni superficiali rispetto alle prescrizioni di progetto, nonché le condizioni ambientali di posa e i tempi di maturazione.

Per lo strato di impermeabilizzazione, a seconda che abbia funzione di tenuta all'acqua, barriera o schermo al vapore, valgono le indicazioni fornite per questi strati all'articolo sulle coperture continue. In generale, lo strato a protezione del sottofondo deve essere realizzato con guaine con giunti sovrapposti.

Per lo strato di isolamento termico, finalizzato a contenere lo scambio termico tra le superfici orizzontali, possono impiegarsi calcestruzzi additivati con inerti leggeri, come argilla espansa o polistirolo espanso. In alternativa, possono impiegarsi lastre in polistirene o poliuretano espansi, lastre in fibre minerali e granulari espansi e tra tali elementi deve essere eventualmente interposto uno strato di irrigidimento.

Per lo strato di isolamento acustico, a seconda della soluzione costruttiva adottata, si farà riferimento per i prodotti alle prescrizioni già date nell'apposito articolo. Durante la fase di posa in opera si curerà il rispetto delle indicazioni progettuali e comunque la continuità dello strato con la corretta realizzazione di giunti/sovrapposizioni, la realizzazione attenta dei risvolti ai bordi e nei punti di interferenza con elementi verticali (nel caso di pavimento cosiddetto *galleggiante* i risvolti dovranno contenere tutti gli strati sovrastanti). Nei casi dell'utilizzo di supporti di gomma, sughero, ecc., sarà verificato il corretto posizionamento di questi elementi e i problemi di compatibilità meccanica, chimica, ecc. con lo strato sottostante e con quello sovrastante.

Per lo strato di compensazione delle quote valgono le prescrizioni date per lo strato di collegamento (per gli strati sottili) e/o per lo strato ripartitore (per gli spessori maggiori di 20 mm).

#### *Materiali per pavimentazioni su terreno*

Per le pavimentazioni su terreno la realizzazione degli strati sarà effettuata utilizzando i materiali indicati nel progetto. Ove non sia specificato in dettaglio nel progetto o a suo complemento si rispetteranno le prescrizioni di seguito indicate.

Per lo strato costituito dal terreno, si provvederà alle operazioni di asportazione dei vegetali e dello strato contenente le loro radici o comunque ricco di sostanze organiche. Sulla base delle sue caratteristiche di portanza, limite liquido, limite plastico, indice di plasticità, massa volumica, ecc. si procederà alle operazioni di costipamento con opportuni mezzi meccanici e alla formazione di eventuale correzione e/o sostituzione (trattamento) dello strato superiore per conferirgli le necessarie caratteristiche meccaniche, di deformabilità, ecc. In caso di dubbio o contestazioni si farà riferimento alla norma **UNI8381** e/o alle norme sulle costruzioni stradali CNR b.u. n. 92, 141 e 146, **UNICnr 10006**.

Per lo strato impermeabilizzante o drenante, si farà riferimento alle prescrizioni già fornite per i materiali quali sabbia, ghiaia, pietrisco, ecc. (indicate nella norma **UNI8381** per le massicciate), alle norme cnr sulle costruzioni stradali, e alle norme UNIE/o cnr per i tessuti nontessuti (geotessili). Per l'esecuzione dello strato si adotteranno opportuni saggi granulometrici di sabbia, ghiaia e pietrisco, in modo da conferire allo strato resistenza meccanica, resistenza al gelo e limite di plasticità adeguati. Per gli strati realizzati con geotessili, si curerà la continuità dello strato, la sua consistenza e la corretta esecuzione dei bordi e dei punti di incontro con opere di raccolta delle acque, strutture verticali, ecc. In caso di dubbio o contestazione, si farà riferimento alla norma **UNI8381** e/o alle norme cnr sulle costruzioni stradali.

Per lo strato ripartitore dei carichi, si farà riferimento alle norme cnr sulle costruzioni stradali e/o alle prescrizioni contenute – sia per i materiali sia per la loro realizzazione con misti cementati, solette di calcestruzzo e conglomerati bituminosi – nella norma **UNI8381**. In generale, si curerà la corretta esecuzione degli spessori, la continuità degli strati, la realizzazione dei giunti dei bordi e dei punti particolari.

Per lo strato di compensazione e/o pendenza valgono le indicazioni fornite per lo strato ripartitore. È ammesso che esso sia eseguito anche successivamente allo strato ripartitore, purché sia utilizzato materiale identico o comunque compatibile e siano evitati fenomeni di incompatibilità fisica o chimica o comunque di scarsa aderenza dovuta ai tempi di presa, maturazione e/o alle condizioni climatiche al momento dell'esecuzione.

Per lo strato di rivestimento valgono le indicazioni fornite nell'articolo sui prodotti per pavimentazione (conglomerati bituminosi, massetti calcestruzzo, pietre, ecc.). Durante l'esecuzione si eseguiranno, a seconda della soluzione costruttiva prescritta dal progetto, le indicazioni fornite dal progetto stesso e comunque si presterà attenzione in particolare alla continuità e alla regolarità dello strato (planarità, deformazioni locali, pendenze, ecc.) e l'esecuzione dei bordi e dei punti particolari. Si curerà inoltre l'impiego di criteri e macchine secondo le istruzioni del produttore del materiale e il rispetto delle condizioni climatiche e di sicurezza e dei tempi di presa e maturazione.

### 51.2 *Esecuzione delle pavimentazioni interne con collante*

Le operazioni di posa in opera di pavimentazioni interne o esterne con strato collante si articolano nelle seguenti fasi:

- preparazione della superficie di appoggio;- preparazione del collante;- stesa del collante e collocazione delle piastrelle;- stuccatura dei giunti e pulizia.

*Preparazione della superficie di appoggio*

La superficie di fissaggio deve essere ben pulita e perfettamente piana, senza fessurazioni e screpolature. In caso contrario, devono essere eliminate le eventuali deformazioni utilizzando specifici materiali rasanti. Le parti non bene attaccate devono essere rimosse con molta cura.

*Preparazione del collante*

Le caratteristiche del collante devono rispettare le prescrizioni progettuali ed essere compatibili con il tipo di piastrella da fissare, ferme restando le eventuali indicazioni del direttore dei lavori.

L'impasto del collante deve essere perfettamente omogeneo, sufficientemente fluido e di facile applicazione.

Nella stesa e nella preparazione devono essere rispettate le istruzioni dei fornitori, per quanto concerne non solo il dosaggio, ma anche il tempo di riposo (normalmente 10-15 minuti).

Si evidenzia che, dal momento dell'impasto, la colla è utilizzabile per almeno tre ore. Anche per questo dato, che può dipendere dalle condizioni ambientali e in particolare dalla temperatura, conviene comunque fare riferimento alle specifiche tecniche dei fornitori.

*Stesa del collante e collocazione delle piastrelle*

Il collante deve essere applicato con un'apposita spatola dentellata che consente di regolare lo spessore dello strato legante e di realizzare una superficie con solchi di profondità appropriata a delimitare le zone di primo contatto fra lo strato legante e le piastrelle.

Quando la piastrella viene appoggiata e pressata sulla superficie del collante, tale zona si allarga, fino a interessare, aderendovi, gran parte della faccia della piastrella. Occorre, quindi, applicare il collante, volta per volta, in superfici limitate, controllando ogni tanto che l'adesivo non abbia ridotto il proprio potere bagnante. Questo controllo si può effettuare staccando una piastrella subito dopo l'applicazione e verificando l'adesione del collante alla superficie d'attacco oppure appoggiando i polpastrelli della mano al collante. Se tale controllo non è soddisfacente, è necessario rinnovare la superficie dell'adesivo mediante applicazione di uno strato fresco.

*Stuccatura dei giunti e pulizia*

L'operazione di stuccatura dei giunti, con cemento bianco specifico per fughe, deve essere effettuata mediante una spatola di gomma o di materiale plastico, in modo da ottenere un riempimento completo dei giunti.

Una prima pulizia della pavimentazione deve essere effettuata mediante spugna umida. Successivamente si può procedere ad una pulizia più accurata usando prodotti per la pulizia dei pavimenti.

### 51.3 *Soglie e davanzali*

Tutti i davanzali e le soglie di finestre e porte-finestre saranno in marmo (o pietra naturale) tipo ....., colore ....., spessore non inferiore a 3 cm e larghezza non inferiore allo spessore del vano nel quale devono essere collocate. Le soglie interne ed esterne, per luci fino a 150 cm, dovranno essere costituite da un unico elemento.

Le soglie dovranno essere lucidate nella parte a vista e poste in opera con malta cementizia.

Le soglie esterne dovranno essere dotate di intagli per mazzette e listello per battuta serramento in alluminio o in pvc rigido.

La parte ammorsata delle soglie esterne non dovrà essere inferiore a 3 cm, mentre dovrà essere di almeno 2 cm per quella delle porte interne.

### 51.4 *Zoccolino battiscopa*

Gli zoccolini battiscopa, nella forma e nel materiale (legno, plastica, marmo, gres, ceramica, ecc.) dipendente dal tipo di pavimentazione, possono essere fissati alle pareti con:

- malta cementizia;- colla utilizzata per l'esecuzione delle pavimentazioni;- viti ad espansione.

Gli zoccolini dovranno avere le seguenti caratteristiche dimensionali:

- altezza ..... cm (8-10 cm per il marmo e 10-15 per gli elementi in plastica);- spessore .....;- finitura superiore .....

La posa in opera degli zoccolini battiscopa in gres, ceramica, marmo con malta cementizia (o colla) deve essere completata con la stuccatura, la stilatura e la suggellatura dei giunti con cemento bianco specifico per fughe.

#### 51.5 Rivestimento dei gradini

I gradini e i sottogradi delle scale dovranno essere rivestiti con lastre di marmo ..... colore ....., di spessore non inferiore a 3 cm per le pedate e a 2 cm per i sottogradi.

Le pedate dovranno essere collocate con malta cementizia, accuratamente battuta in tutta la superficie per fare defluire la malta. Le lastre devono essere leggermente inclinate in avanti per evitare il ristagno dell'acqua, soprattutto se si tratta di gradini di scale esterne. Il profilo esterno della pedata deve essere .....

Le pareti delle rampe delle scale saranno rivestite con battiscopa alti quanto le alzate e spessi almeno 2 cm.

I pianerottoli saranno pavimentati con lastre di marmo ..... dello spessore di 3 cm.

#### 51.6 Soglie di delimitazione delle pavimentazioni dei balconi

Le soglie di delimitazione delle pavimentazioni dei balconi dovranno essere in marmo (o pietra naturale) tipo ....., colore ....., di spessore di non inferiore a 3 cm e larghezza non inferiore a 20 cm. La posa in opera dovrà essere effettuata con malta cementizia o colla per pavimenti. Le fughe dovranno essere sigillate con specifico cemento bianco. La parte sporgente verso l'esterno della lastra di marmo dovrà essere dotata di gocciolatoio.

#### 51.7 Esecuzione di pavimentazioni esterne in piastrelle segate regolari in quarzite

Le piastrelle regolari in quarzite di vario spessore (variabile da 1 a 4 cm) potranno essere impiegate per la pavimentazione di:

- marciapiedi, strade, piazze;- sottoportici, giardini, patii, marciapiedi.

Le piastrelle, fino a spessori di 4 cm, non devono essere posate su sabbia, ma su sottofondo preferibilmente in calcestruzzo (massetto spesso almeno 3-4 cm), il quale dovrà essere posizionato a una quota più bassa del livello di superficie di circa 6-10 cm, a seconda dello spessore delle piastrelle.

Infine, prima di iniziare una pavimentazione in piastrelle, si deve procedere a un lavaggio delle stesse con getto d'acqua per eliminare eventuali residui terrosi e impurità di cava e facilitare il processo di fissaggio della piastrella al letto di malta.

Per la posa in opera, si deve procedere come segue:

- tracciamento dei piani con appositi spaghi (livelle), tenendo conto che le pendenze da rispettare per lo smaltimento delle acque possono essere inferiori a quelle dei cubetti, ma in ogni caso non possono scendere sotto l'1%;- preparazione di una malta con sabbia e cemento (250 kg di cemento per m<sup>3</sup>);- stesa della malta sul sottofondo;- posa delle piastrelle, che devono distare l'una dall'altra almeno 3-4 mm. La consistenza della malta deve essere abbastanza pastosa in modo che la stessa, sotto la pressione della piastrella battuta (con martelli, possibilmente gommati), possa rifluire dai bordi della piastrella che ha aderito completamente al suo letto di posa.

Un'altra soluzione, soprattutto per le pavimentazioni con fuga superiore ai 5 mm, è quella di posare le piastrelle su una malta normale (magari dopo aver cosperso di polvere di cemento la faccia inferiore della piastrella stessa), eseguire una modesta pressione sulle stesse, far seccare il tutto e successivamente riempire le fughe con malta più liquida, avendo la precauzione di pulire le stesse dopo tale operazione con uno straccio bagnato, prima che la malta stessa faccia completamente presa.

Il sistema di sigillatura delle fughe, quando richiesto (e comunque sempre consigliato), può essere eseguito nelle seguenti maniere:

- versando nelle fughe una boiaccia fluida e ricca di cemento, in modo che le giunture siano riempite oltre il limite, ma ovviamente senza che la boiaccia stessa vada a sporcare il pavimento. Dopo qualche tempo e cioè quando la malta ha acquistato già una certa consistenza, si ripuliscono le stuccature con la cazzuola e si segna leggermente la fuga con riga o ferro. Questa operazione deve essere eseguita con molta accuratezza, essendo questo l'ultimo e spesso il più importante tocco estetico della pavimentazione. Eventuali sbavature dovranno essere immediatamente pulite con stracci o meglio ancora con spugne inumidite;

- versando della biacca sull'intera pavimentazione con lo stesso procedimento utilizzato per i cubetti e distribuendola con l'aiuto delle spazzole, in modo da ottenere il riempimento regolare di tutte le fughe. La pulizia deve essere effettuata con segatura prima bagnata e poi asciutta. Il procedimento è particolarmente indicato per le fughe strette.

Nell'esecuzione di ampie superfici, come ad esempio quelle delle piazze, devono essere previsti dei giunti di dilatazione, per evitare la parziale rottura delle piastrelle o l'allargamento delle fughe.

Le considerazioni su esposte sono applicabili anche alle pavimentazioni ad opera incerta.

## 51.8 Controlli del direttore dei lavori

Il direttore dei lavori per la realizzazione delle pavimentazioni verificherà:

- il collegamento tra gli strati;- la realizzazione dei giunti/sovrapposizioni per gli strati realizzati con pannelli, fogli e in genere prodotti preformati;- l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari.

Ove sono richieste lavorazioni in sito, il direttore dei lavori verificherà, con semplici metodi da cantiere:

- le resistenze meccaniche (portate, punzonamenti, resistenze a flessione); - le adesioni fra strati (o, quando richiesto, l'esistenza di completa separazione);- le tenute all'acqua, all'umidità, ecc.

A conclusione dei lavori infine eseguirà prove (anche solo localizzate) di funzionamento, formando battenti di acqua, condizioni di carico, di punzonamento, ecc. che siano significativi delle ipotesi previste dal progetto o dalla realtà.

## Art. 52 Opere di rifinitura varie

### 52.1 Verniciature e tinteggiature

#### 52.1.1 Attrezzatura

Tutta l'attrezzatura che si prevede di usare per le operazioni di verniciatura o di tinteggiatura deve essere sottoposta all'approvazione della direzione dei lavori.

I pennelli e i rulli devono essere del tipo, della superficie e delle dimensioni adatte alle vernici che si impiegheranno e al tipo di lavoro che si sta eseguendo e non dovranno lasciare impronte.

L'attrezzatura per la verniciatura a spruzzo (*air-less*) deve essere corredata da pistole di tipo idoneo a ogni singolo impiego.

Tutta l'attrezzatura infine deve essere mantenuta sempre in ottime condizioni di funzionamento. Si raccomanda perciò la pulizia più accurata per il successivo riutilizzo.

#### 52.1.2 Campionature

L'appaltatore dovrà predisporre dei campioni dei supporti, possibilmente dello stesso materiale, sul quale saranno applicati i prodotti vernicianti o pitture con i trattamenti secondo i cicli previsti in più tonalità di tinte, per consentire alla direzione dei lavori di operare una scelta.

Secondo le disposizioni impartite, si dovrà completare un pannello, un tratto di muratura o un locale completo. La totalità del lavoro potrà procedere solo dopo l'approvazione della direzione dei lavori.

L'elemento scelto come campione servirà come riferimento al quale si dovrà uniformare l'intera opera da eseguire.

#### 52.1.3 Preparazione delle superfici

Le operazioni di tinteggiatura o di verniciatura devono essere precedute da un'accurata preparazione delle superfici interessate (asportazione di carta da parati, asportazione di tempere, carteggiatura, lavaggio sgrassante, lavatura, neutralizzazione, rasatura, raschiature, maschiettatura, sabbatura e/ scrostatura, spolveratura, spazzolatura, stuccature, levigature, ecc.), con sistemi idonei ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

#### 52.1.4 Stato delle superfici murarie e metalliche

Le superfici murarie nuove devono essere prive di qualsiasi residuo di lavorazione precedente a quello del rivestimento protettivo o decorativo.

Le superfici metalliche nuove devono essere prive di calamina, ruggine, incrostazioni di malta, grassi, residui oleosi o untuosi e non essere trattati con pitture di fondo antiruggine o wash primer.

Le superfici dei manufatti lignei devono essere prive di tracce di residui untuosi o di pitture di fondo, nonché prive di fessurazioni e irregolarità trattate con mastici o stucchi non idonei.

#### 52.1.5 Preparazione dei prodotti

La miscelazione e la posa in opera di prodotti monocomponenti e bicomponenti deve avvenire nei rapporti, nei modi e nei tempi indicati dalle schede tecniche rilasciate dal produttore onde evitare alterazioni del prodotto.

#### 52.1.6 Esecuzione

##### *Tinteggiatura di pareti*

La tinteggiatura deve essere eseguita, salvo altre prescrizioni, a pennello, a rullo, a spruzzo, ecc., in conformità con i modi fissati per ciascun tipo di lavorazione e nei modi indicati dal produttore.

##### *Tinteggiatura con pittura alla calce*

Le pareti da tinteggiare devono essere preventivamente trattate con una mano di latte di calce. La tinta a calce, prima dell'impiego, deve essere passata attraverso un setaccio molto fine, onde eliminare granulosità e corpi estranei. Per ottenere il fissaggio deve essere mescolata alla tinta, nelle proporzioni indicate dal fabbricante, colla a base di acetato

di polivinile.

Successivamente deve essere applicata a pennello la prima mano di tinta, mentre la seconda mano deve essere data a mezzo di pompa.

Le tinteggiature a calce non devono essere applicate su pareti con finitura a gesso.

Le pareti tinteggiate non devono presentare, neppure in misura minima, il fenomeno di sfarinamento e spolverio.

#### *Tinteggiatura a colla e gesso*

La tinteggiatura di pareti a colla e gesso comprende le seguenti fasi:

- spolveratura e ripulitura delle superfici;- prima stuccatura a gesso e colla;- levigamento con carta vetrata;- spalmatura di colla temperata;- rasatura dell'intonaco e ogni altra idonea preparazione;- applicazione di due mani di tinta a colla e gesso.

La tinteggiatura può essere eseguita a mezze tinte oppure a tinte forti e con colori fini.

#### *Tinteggiatura a tempera*

La tinteggiatura a tempera, in tinta unica chiara, su intonaco civile, a calce o a gesso, richiede:

- la preparazione accurata del supporto mediante spazzolatura con raschietto e spazzola di saggina, per eliminare corpi estranei quali grumi, scabrosità, bolle, alveoli, difetti di vibrazione;- la preparazione accurata del supporto mediante spazzolatura con stuccatura di crepe e cavillature, per ottenere omogeneità e continuità delle superfici da imbiancare e tinteggiare;- l'imprimatura a uno strato di isolante a base di resine acriliche all'acqua data a pennello;- il ciclo di pittura costituito da strato di fondo e strato di finitura con pittura a tempera, dati a pennello o a rullo.

#### *Tinteggiatura con idropittura a base di cemento*

Questo tipo di tinteggiatura deve essere eseguito direttamente sull'intonaco o su calcestruzzo, previa accurata pulizia delle superfici.

La tinteggiatura deve essere eseguita a due mani.

L'applicazione non può essere eseguita su superfici già tinteggiate a calce se non previa rimozione di questa.

#### *Tinteggiatura con idropittura a base di resine sintetiche*

Deve essere anzitutto applicata, sulle superfici da trattare, una mano di fondo isolante, impiegando il prodotto consigliato dal produttore.

Dopo la completa essiccazione della mano di preparazione, si deve procedere all'applicazione delle due mani di tinta, intervallate l'una dall'altra di almeno 12 ore. L'applicazione può essere eseguita sia a pennello che a rullo.

Lo spessore minimo dello strato secco per ciascuna mano deve essere di 20 microns per gli interni e di 35 microns per gli esterni.

#### *Tinteggiatura con pittura acrilica monocomponente in dispersione acquosa. Applicazione a rullo di lana o pennello.*

La tinteggiatura con pittura acrilica monocomponente in dispersione acquosa deve rispettare le seguenti fasi:

- eventuale raschiatura delle vecchie superfici mediante spazzola metallica, asportazione dell'eventuale muffa presente e residui persistenti di precedenti pitture;- eventuale lavaggio delle superfici con soluzioni di ipoclorito di sodio o soda. Qualora le superfici si presentassero particolarmente invase da funghi e muffe, occorrerà trattare le stesse con una soluzione disinfettante data in due mani;- eventuale applicazione di una mano di primer acrilico al solvente ad alta penetrazione sulle superfici fortemente sfarinanti;- applicazione di una prima mano diluita in dispersione acquosa al 15%;- applicazione di mano a finire diluita in dispersione acquosa al 15%. Lo spessore del film essiccato (due mani) dovrà essere di minimo 50 microns.

#### *Tinteggiatura con idropittura opaca coprente naturale per interni*

La tinteggiatura con idropittura opaca coprente naturale per interni, altamente traspirante, adatta per tutte le superfici murali, vecchie e nuove, composta da albume, latte, carbonati di calcio e altre polveri naturali, deve essere effettuata mediante preparazione del supporto con spazzolatura e pulizia della superficie. Prima dell'applicazione, se l'intonaco è asciutto, è necessario inumidire la superficie con acqua. Infine, occorre applicare minimo due mani a pennello, diluendo con circa il 15-25% di acqua.

#### *Tinteggiatura con pittura a base di silicati di potassio*

La tinteggiatura con pittura a base di silicati di potassio e pigmenti selezionati, per esterni, a due strati in tinta unita chiara su intonaco civile esterno richiede:

- la preparazione del supporto mediante spazzolatura con raschietto e spazzola di saggina per eliminare corpi estranei quali grumi, scabrosità, bolle, alveoli e difetti di vibrazione;- la preparazione del supporto mediante spazzolatura con stuccatura di crepe e cavillature, per ottenere omogeneità e continuità delle superfici da imbiancare e tinteggiare;- l'imprimatura a uno strato di isolante a base di resine acriliche all'acqua dato a pennello;- il ciclo di pittura con pittura a base di silicati, costituito da strato di fondo dato a pennello e strato di finitura dato a rullo.

#### *Applicazione di idrorepellente protettivo su intonaco civile esterno*

L'applicazione di idrorepellente protettivo – a uno strato dato a pennello – del tipo vernice siliconica in solvente o soluzione di strato di alluminio in solvente – data su intonaco civile esterno – su rivestimento in laterizio e simili e su calcestruzzo a vista, per renderli inattaccabili agli agenti atmosferici e stabilizzarne sia il colore che la resistenza superficiale allo sbriciolamento, richiede:

- la preparazione del supporto con spazzolatura, per eliminare i corpi estranei e la polvere. - il ciclo di pittura idrorepellente, costituito da uno o più strati dati a pennello.

#### *Verniciatura*

##### *Generalità*

L'applicazione dei prodotti vernicianti non deve essere effettuata su superfici umide. L'intervallo di tempo fra una mano e la successiva deve essere – salvo diverse prescrizioni – di 24 ore, la temperatura ambiente non deve superare i 40 °C e la temperatura delle superfici dovrà essere compresa fra i 5 e 50 °C, con un massimo di 80% di umidità relativa. In generale, ogni strato di pittura deve essere applicato dopo l'essiccazione dello stato precedente e comunque secondo le esigenze richieste dagli specifici prodotti vernicianti impiegati. La verniciatura, soprattutto per le parti visibili, non deve presentare colature, festonature e sovrapposizioni anormali.

Le modalità di applicazione possono essere a pennello e a spruzzo.

Nell'applicazione a pennello ciascuna mano deve essere applicata pennellando in modo che aderisca completamente alla superficie. La vernice deve essere tirata in maniera liscia e uniforme, senza colature, interruzioni, bordi sfuocati o altri difetti e in modo da risultare compatta e asciutta prima che venga applicata la seconda mano. Bisognerà osservare il tempo minimo indicato dal produttore per l'applicazione fra una mano e l'altra.

L'applicazione a spruzzo deve essere effettuata prima in un senso e quindi nel senso opposto, fino a coprire tutta la superficie. La vernice che deve essere impiegata dovrà essere solo del tipo a spruzzo. Si dovranno ricoprire opportunamente le superfici circostanti, perché non si abbiano a sporcare altri manufatti.

Le opere di verniciatura su manufatti metallici devono essere precedute da accurate operazioni di pulizia (nel caso di elementi esistenti) e rimozione delle parti ossidate. Deve quindi essere applicata almeno una mano di vernice protettiva e un numero non inferiore a due mani di vernice del tipo e del colore previsti fino al raggiungimento della completa uniformità della superficie.

Nelle opere di verniciatura eseguite su intonaco, oltre alle verifiche della consistenza del supporto e alle successive fasi di preparazione, si deve attendere un adeguato periodo, fissato dalla direzione dei lavori, di stagionatura degli intonaci, trascorso il quale si può procedere all'applicazione di una mano di imprimitura (eseguita con prodotti speciali) o di una mano di fondo più diluita alla quale seguiranno altre due mani di vernice del colore e delle caratteristiche fissate.

##### *Verniciatura a smalto (tradizionale)*

Prima di applicare lo smalto, si deve procedere alla stuccatura, per eliminare eventuali difetti che, pur essendo di limitatissima entità e rientranti nelle tolleranze, possono essere presenti sulle superfici dei manufatti.

Le parti stuccate, dopo accurata scartavetratura, devono essere ritoccate con lo smalto.

Si applica successivamente la prima mano di smalto e, dopo la completa essiccazione di questa, la seconda mano.

La tonalità di colore di ciascuna mano deve essere differente, in modo da permettere l'agevole accertamento del numero delle passate applicate.

Lo spessore dello strato secco di ciascuna mano non deve essere inferiore a 25 micron.

Deve essere evitato ogni danneggiamento alle superfici verniciate dipendente da distacchi di lembi dello strato di vernice, in conseguenza di aderenza delle varie superfici fra loro, come, ad esempio, fra i battenti mobili e i telai fissi di serramenti.

##### *Verniciatura con smalto epossidico su pareti in blocchi di calcestruzzo o su superfici di calcestruzzo lisce o intonacate*

La verniciatura con smalto epossidico deve rispettare le seguenti fasi:

- applicazione a pennello di prodotto passivante del cemento;- rasatura di tutte le superfici con stucco compatibile alle resine epossidiche impiegate;- applicazione a pennello di una mano di fondo epossidico di colore neutro e per uno spessore di 30 micron;- applicazione ad air-less o a pennello di una prima mano di smalto epossidico per uno spessore di 35 micron;- applicazione ad air-less di una mano a finire di smalto epossidico, del colore stabilito dai disegni, a finitura lucida e per uno spessore minimo di 30 micron.

##### *Verniciatura con smalto a base di caucciù ciclizata delle superfici di calcestruzzo lisce o intonacate*

La verniciatura con smalto a base di caucciù delle superfici di calcestruzzo lisce o intonacate deve rispettare le seguenti fasi:

- applicazione a pennello di prodotto passivamente;- rasatura parziale dei fori di evaporazione sulle superfici in calcestruzzo;- applicazione ad air-less o a pennello di una mano di fondo di colore neutro di vernice base pliolite, per uno

spessore di 25 micron;- applicazione ad air-less o a pennello di una mano di vernice a base pliolite a finitura opaca, nei colori indicati sui disegni e per uno spessore di 35 micron;- applicazione ad air-less o a pennello di una mano a finire di vernice a base pliolite a finitura opaca, nei colori indicati sui disegni e per uno spessore di 35 micron.

*Verniciatura protettiva di serramenti, telai metallici e tutte le esistenti opere in ferro che non siano preverniciate o trattate con antiruggine*

La verniciatura protettiva di serramenti, telai metallici e tutte le esistenti opere in ferro che non siano preverniciate o trattate con antiruggine deve rispettare le seguenti fasi:

- spazzolatura con spazzole metalliche per asportare ruggine, calamina, sporczia e sostanze grasse, malte, calcestruzzo o vecchie verniciature;- applicazione a pennello di un primo strato di antiruggine al minio oleofenolico o cromato di zinco;- applicazione di un secondo strato di antiruggine al minio oleofenolico o cromato di zinco, a 48 ore di distanza, sempre a pennello (in totale, le due mani dovranno dare una pellicola di minimo 50 micron);- applicazione di una prima mano di smalto sintetico, dato a pennello per uno spessore minimo di 30 micron;- applicazione di una mano a finire di smalto sintetico, dato a pennello per uno spessore minimo di 30 micron.

Per le opere in ferro che sono fornite con la prima mano di antiruggine già applicata, il ciclo di verniciatura deve essere limitato all'applicazione della seconda mano di antiruggine e di stuccatura e di due mani di smalto sintetico.

*Verniciatura di opere in ferro, prezincate o comunque zincate a bagno*

La verniciatura di opere in ferro, prezincate o comunque zincate a bagno, deve rispettare le seguenti fasi:

- decapaggio delle opere eseguite con panni imbevuti di solvente approvato;- asportazione con panno asciutto della patina lasciata dal solvente, da eseguire dopo due ore;- applicazione a pennello di una mano di wash-primer passivante della zincatura;- applicazione a pennello di una prima mano di copertura con smalto sintetico per uno spessore minimo di 30 micron;- applicazione a pennello di una mano a finire di smalto sintetico per uno spessore minimo di 30 micron.

*Opere in ferro inserite nelle murature e opere varie in acciaio (già trattate con una mano di zincante inorganico) verniciate con smalto poliuretano*

La verniciatura di opere in ferro inserite nelle murature e opere varie in acciaio deve rispettare le seguenti fasi:

- accurata pulizia delle opere eseguita con panno imbevuto di solvente approvato;- asportazione con panno asciutto della patina lasciata dal solvente, da eseguire dopo due ore;- applicazione a pennello di una mano di primer senza alcuna diluizione;- applicazione, a pennello o con spruzzo di air-less, di una prima mano di smalto poliuretano per uno spessore minimo di 30 micron; - applicazione a pennello di una mano a finire di smalto poliuretano per uno spessore minimo di 30 micron.

*Serramenti in ferro zincato interni ed esterni (già forniti con una mano di wash-primer) verniciati con smalto poliuretano*

La verniciatura di serramenti in ferro zincato interni ed esterni deve rispettare le seguenti fasi:

- pulizia della superficie zincata eseguita con panno imbevuto di prodotto non solvente del wash-primer;- ritocchi a pennello con wash-primer passivante della zincatura, dove questa risulti deteriorata;- applicazione a pennello di una prima mano di smalto poliuretano per uno spessore minimo di 30 micron;- applicazione a pennello di una mano a finire di smalto poliuretano per uno spessore minimo di 30 micron.

*Solai in lamiera grecata verniciati con smalto acrilico*

La verniciatura di solai in lamiera grecata deve rispettare le seguenti fasi:

- decapaggio della superficie zincata eseguito con panno imbevuto di solvente approvato;- asportazione con panno asciutto della patina lasciata dal solvente, da eseguire dopo due ore;- applicazione ad *airless* di una mano di wash-primer passivante della zincatura;- applicazione ad *airless* di una prima mano di smalto acrilico a finitura satinata per uno spessore minimo di 40 micron;- applicazione ad *air-less* di una mano a finire di smalto acrilico a finitura satinata per uno spessore minimo di 40 micron.

*Sola applicazione dell'antiruggine*

La prima mano di antiruggine, a base di minio oleofenolico o cromato di zinco, deve essere applicata dopo aver preparato adeguatamente le superfici da verniciare.

Sulle parti non più accessibili dopo la posa in opera, deve essere preventivamente applicata anche la seconda mano di antiruggine.

La seconda mano di antiruggine deve essere applicata dopo la completa essiccazione della prima mano, previa pulitura delle superfici da polvere e altri imbrattamenti, e l'esecuzione di ritocchi agli eventuali danneggiamenti verificatisi durante la posa in opera.

Lo spessore dello strato secco di ciascuna mano non deve essere inferiore a 25 micron.

La tonalità di colore di ciascuna mano deve essere differente, in modo da permettere l'agevole accertamento dell'effettivo numero delle passate applicate.

*Opere esterne in ferro e profilati in genere annegati in getti di calcestruzzo (ferri Bauer o Alfen o similari, comprese tubazioni)*

La verniciatura di opere esterne in ferro e profilati, in genere annegati in getti di calcestruzzo, deve rispettare le seguenti fasi:

- spazzolatura con spazzole metalliche per asportare ruggine, calamina, sporcizia, sostanze grasse, calcestruzzo;- applicazione a pennello di un primo strato di antiruggine al minio di piombo;- applicazione di un secondo strato di antiruggine al minio di piombo a 48 ore di distanza, sempre a pennello;- applicazione di una prima mano di smalto sintetico, dato a pennello, per uno spessore minimo di 30 micron;- applicazione di una mano a finire di smalto sintetico, dato a pennello, per uno spessore minimo di 30 micron.

#### *Protezione con vernice intumescente delle strutture metalliche portanti in acciaio*

Se richiesto, le strutture metalliche portanti in acciaio dovranno essere rivestite con vernice intumescente resistente al fuoco secondo le seguenti fasi:

- preparazione delle superfici con sabbiature sa 2 1/2;- applicazione di strato zincante inorganico dello spessore di 70-75 micron. L'applicazione deve essere effettuata in ambienti con umidità relativa non superiore all'80% e temperature comprese tra + 5 °C e + 40 °C;- applicazione di vernice intumescente negli spessori necessari tali da garantire la classe di resistenza prescritta, in relazione al tipo di struttura da proteggere. Gli spessori da utilizzare dovranno essere quelli dichiarati dal produttore nelle schede tecniche. In linea di massima, si dovranno avere i seguenti spessori di film secco per le seguenti classi:- classe rei 30/45: 500 micron;- classe rei 60: 750 micron;- classe rei 120: 1000 micron.

- applicazione di una mano finale impermeabilizzante costituita da strato di pittura in emulsione acrilica pigmentata dello spessore di 30-40 micron, data a pennello, rullo o airless.

L'appaltatore deve fornire appropriata certificazione riguardante i materiali e le modalità di posa, relativamente alla capacità di resistenza al fuoco della protezione realizzata.

#### 52.1.7 Protezione

Le opere verniciate devono essere protette, fino al completo essiccamento, dalla polvere, dall'acqua e da ogni altra fonte di degradazione. La pitturazione deve essere eseguita sempre in ambiente protetto dagli agenti atmosferici che possono pregiudicare l'essiccamento della vernice e nelle condizioni di umidità e di temperatura dell'ambiente indicate dal produttore della vernice o della pittura.

#### 52.1.8 Controllo

Il direttore dei lavori potrà controllare lo spessore degli strati di vernice con apposita strumentazione magnetica. È ammessa una tolleranza di  $\pm 10\%$ . Deve essere controllato anche che il consumo a metro quadro del prodotto corrisponda a quanto indicato dal produttore.

Per l'esecuzione delle prove si citano le seguenti norme UNIdi riferimento:

**UNI8754** – *Edilizia. Verniciature, pitturazioni, rpac, tinteggiature, impregnazioni superficiali. Caratteristiche e metodi di prova;*

**UNI8755** – *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, rpac, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Caratteristiche di attitudine all'immagazzinamento e all'applicazione;*

**UNI8756** – *Edilizia. Prodotti per sistemi di verniciatura, pitturazione, rpac, tinteggiatura, impregnazione superficiale e misti. Caratteristiche di identificazione e metodi di prova.*

Un'altra norma di riferimento è data dall'ultima edizione del capitolato tecnico d'appalto per opere di pitturazione edile-industriale, edito dalla Associazione nazionale imprese di verniciatura, decorazione e stuccatura (anvides).

#### 52.1.9 Smaltimento rifiuti

L'appaltatore ha l'obbligo di non scaricare in fognatura e di non disperdere nell'ambiente il prodotto e/o il contenitore.

In caso di spargimenti occorre assorbire con sabbia. I rifiuti derivanti, classificabili come speciali, devono essere smaltiti in apposite discariche autorizzate rispettando le normative locali e nazionali in vigore e ottenendo preventivamente l'autorizzazione degli enti preposti.

### 52.2 Esecuzione di decorazioni

Per l'esecuzione delle decorazioni, sia nelle pareti interne sia nei prospetti esterni, la direzione dei lavori può fornire all'appaltatore, qualora non compresi tra i disegni di contratto o a integrazione degli stessi, i necessari particolari costruttivi e modalità esecutive.

Le campionature devono essere sottoposte all'accettazione del direttore dei lavori.

### 52.3 Rivestimenti per interni ed esterni

#### 52.3.1 Definizioni

Si definisce *sistema di rivestimento* il complesso di strati di prodotti della stessa natura o di natura diversa, omogenei o disomogenei, che realizzano la finitura dell'edificio.

I sistemi di rivestimento si distinguono, a seconda della loro funzioni in: - rivestimenti per esterno e per interno;- rivestimenti protettivi in ambienti con specifica aggressività;- rivestimenti protettivi di materiali lapidei, legno, ferro, me-

talli non ferrosi, ecc.

#### 52.3.2 Sistemi realizzati con prodotti rigidi

Per le piastrelle di ceramica (o lastre di pietra, ecc. con dimensioni e pesi simili), si procederà alla posa su letto di malta svolgente funzioni di strato di collegamento e di compensazione, curando la sufficiente continuità dello strato stesso, lo spessore, le condizioni ambientali di posa (temperatura e umidità) e di maturazione. Si valuterà inoltre la composizione della malta, onde evitare successivi fenomeni di incompatibilità chimica o termica con il rivestimento e/o con il supporto. Durante la posa del rivestimento, si curerà l'esecuzione dei giunti, il loro allineamento, la planarità della superficie risultante e il rispetto di eventuali motivi ornamentali. In alternativa alla posa con letto di malta, si procederà all'esecuzione di uno strato ripartitore avente adeguate caratteristiche di resistenza meccanica, planarità, ecc., in modo da applicare successivamente uno strato di collegamento (o ancoraggio), costituito da adesivi aventi adeguate compatibilità chimiche e termiche con lo strato ripartitore e con il rivestimento. Durante la posa si procederà come sopra descritto.

Per le lastre di pietra, calcestruzzo, fibrocemento e prodotti simili, si procederà alla posa mediante fissaggi meccanici (elementi a espansione, elementi a fissaggio chimico, ganci, zanche e simili), a loro volta ancorati direttamente alla parte muraria e/o su tralici o simili. I sistemi di fissaggio devono comunque garantire un'adeguata resistenza meccanica per sopportare il peso proprio e quello del rivestimento, per resistere alla corrosione e permettere piccole regolazioni dei singoli pezzi durante il fissaggio e il loro movimento in opera dovuto a variazioni termiche. Il sistema nel suo insieme deve avere un comportamento termico accettabile, nonché evitare di essere sorgente di rumore inaccettabile dovuto al vento, alla pioggia, ecc. e assolvere alle altre funzioni loro affidate quali tenuta all'acqua e così via. Durante la posa del rivestimento si devono verificare gli effetti estetici previsti, l'allineamento o comunque la corretta esecuzione di giunti (sovrapposizioni, ecc.), la corretta forma della superficie risultante, ecc.

Per le lastre, pannelli, ecc. a base di metallo o materia plastica si procederà analogamente a quanto descritto per le lastre.

In base alle funzioni attribuite dal progetto al rivestimento, si cureranno l'esecuzione dei fissaggi e la collocazione rispetto agli strati sottostanti, onde evitare incompatibilità termiche, chimiche o elettriche. Saranno considerate le possibili vibrazioni o rumori indotti da vento, pioggia, ecc. Verranno, inoltre, verificati i motivi estetici, l'esecuzione dei giunti, la loro eventuale sigillatura, ecc.

#### 52.3.3 Sistemi realizzati con prodotti flessibili

I sistemi con prodotti flessibili devono essere realizzati secondo le prescrizioni date nel progetto esecutivo, con prodotti costituiti da carte da parati (a base di carta, tessili, fogli di materie plastiche o loro abbinamenti) aventi le caratteristiche riportate nell'articolo loro applicabile.

#### 52.3.4 Sistemi realizzati con prodotti fluidi

I sistemi con prodotti fluidi devono rispondere alle indicazioni seguenti:

- su pietre naturali e artificiali:- impregnazione della superficie con siliconi o oli fluorurati, non pellicolanti, resistenti ai raggi uv, al dilavamento e agli agenti corrosivi presenti nell'atmosfera.
- su intonaci esterni:- tinteggiatura della superficie con tinte alla calce o ai silicati inorganici;- pitturazione della superficie con pitture organiche.
- su intonaci interni:- tinteggiatura della superficie con tinte alla calce o ai silicati inorganici;- pitturazione della superficie con pitture organiche o ai silicati organici;- rivestimento della superficie con materiale plastico a spessore;- tinteggiatura della superficie con tinte a tempera.
- su prodotti di legno e di acciaio:- si seguiranno le indicazioni del produttore e del direttore dei lavori.

I sistemi si intendono realizzati secondo le prescrizioni del progetto e, in loro mancanza (o a loro integrazione), si intendono realizzati secondo le indicazioni date dal produttore e accettate dalla direzione dei lavori. Le informazioni saranno fornite secondo le norme **UNI8758** o **UNI8760** e riguarderanno:- criteri e materiali di preparazione del supporto;- criteri e materiali per realizzare l'eventuale strato di fondo, ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura e umidità) del momento della realizzazione e del periodo di maturazione e le condizioni per la successiva operazione;- criteri e materiali per realizzare l'eventuale strato intermedio, ivi comprese le condizioni precedentemente citate per la realizzazione e maturazione;- criteri e materiali per lo strato di finiture, ivi comprese le condizioni sopra citate.

Durante l'esecuzione, per tutti i tipi predetti, si curerà per ogni operazione la completa esecuzione degli strati, la realizzazione dei punti particolari, le condizioni ambientali (temperatura, umidità) e la corretta condizione dello strato precedente (essiccazione, maturazione, assenza di bolle, ecc.), nonché le prescrizioni relative alle norme di igiene e sicurezza.

### 52.4 Applicazione di tappezzerie

L'applicazione di tappezzerie (del tipo carta, vinilica con supporto in carta, vinilica con supporto telato, tessuto con supporto in carta, tessuto murale apprettato, paglia, laminato, sughero, agugliato, ecc.) deve essere eseguita con collanti a freddo (per quelle di carta) o adesivi vinilici (per quelle in plastica), che non dovranno danneggiare in alcun modo i materiali di rivestimento o di supporto.

I rivestimenti devono essere applicati in un solo pezzo per tutta l'altezza della parete, con giunti realizzati secondo le

indicazioni del fabbricante e le ulteriori prescrizioni della direzione dei lavori.

#### 52.4.1 Superfici e supporti

Le superfici murali idonee per la posa di tappezzerie possono essere:

- l'intonaco civile;- la rasatura a gesso;- il cemento liscio.

#### 52.4.2 Stato delle superfici e dei supporti murali

I supporti murali nuovi per l'applicazione delle tappezzerie devono possedere i seguenti requisiti:

- essere privi di residui delle precedenti lavorazioni e soprattutto di residui untuosi;
- possedere un grado di umidità relativa inferiore al 55%;
- avere un pH compreso tra 6 e 7.

I suddetti requisiti devono essere preventivamente controllati dal direttore dei lavori.

#### 52.4.3 Preparazione del supporto

Il supporto deve essere preventivamente preparato dall'appaltatore prima dell'applicazione della tappezzerie.

La preparazione deve consistere nella pulizia da tutti gli elementi estranei che possano pregiudicare l'adesione delle tappezzerie. A seconda del supporto (intonaco, legno, ecc.), si procederà alla sua pulizia e all'asportazione dei materiali esistenti, nonché al riempimento di fessure e piccoli fori, alla spianatura di piccole asperità, ecc., avendo cura di eliminare al termine la polvere e i piccoli frammenti che possono successivamente collocarsi tra il foglio e il supporto durante la posa. In generale, le tecniche di preparazione (carteggiatura, spazzolatura, stuccatura, rasatura, ecc.) devono rispettare le precise indicazioni del produttore.

#### 52.4.4 Tecnica di applicazione

La tecnica di applicazione deve rispettare le indicazioni contenute nelle schede tecniche fornite dal produttore e le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori.

Durante l'applicazione, si deve curare la realizzazione dei giunti, la quantità di collante applicato, l'esecuzione dei punti particolari quali angoli, bordi di porte, finestre, ecc., facendo le opportune riprese in modo da garantire la continuità dei disegni e comunque la scarsa percepibilità dei giunti.

Nel caso di supporti molto irregolari e nella posa di rivestimenti particolarmente sottili e lisci (ad esempio tessili), si deve provvedere ad applicare uno strato intermedio di carta fodera o prodotto similare, allo scopo di ottenere la levigatezza e la continuità volute. Si deve applicare infine il telo di finitura curando il suo taglio preliminare in lunghezza e curando la concordanza dei disegni, la necessità di posare i teli con andamento alternato, ecc.

#### 52.4.5 Norme di riferimento

**UNI EN 12149** – *Rivestimenti murali in rotoli. Determinazione della migrazione dei metalli pesanti e di altre sostanze, del cloruro di vinile monomero e del rilascio di formaldeide;*

**UNI EN 12781** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per pannelli di sughero;*

**UNI EN 12956** – *Rivestimenti murali in rotoli. Determinazione delle dimensioni, rettilineità, spugnabilità e lavabilità;*

**UNI EN 13085** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per rivestimenti in rotoli di sughero;*

**UNI EN 15102** – *Rivestimenti murali decorativi. Prodotti in rotoli e pannelli;*

**UNI EN 233** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per carte da parati finite e per rivestimenti di vinile e di plastica;*

**UNI EN 234** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifiche per i rivestimenti murali da decorare successivamente;*

**UNI EN 235** – *Rivestimenti murali. Vocabolario e simboli;*

**UNI EN 259-1** – *Rivestimenti murali in rotoli. Rivestimenti murali per uso intenso. Specifiche;*

**UNI EN 259-2** – *Rivestimenti murali in rotoli. Rivestimenti murali per uso intenso. Determinazione della resistenza agli urti;*

**UNI EN 266** – *Rivestimenti murali in rotoli. Specifica per i rivestimenti murali tessili.*

### 52.5 Applicazione di moquette

L'applicazione di moquette deve essere eseguita con collanti a freddo (per quelle di carta) o adesivi vinilici (per quelle in plastica), che non dovranno danneggiare in alcun modo i materiali di rivestimento o di supporto.

I rivestimenti devono essere applicati in un solo pezzo per tutta l'altezza della parete con giunti realizzati secondo le prescrizioni della direzione dei lavori e le indicazioni del fabbricante.

#### 52.5.1 Superfici e supporti

Le superfici idonee per la posa di moquette possono essere:

- magrone di cemento lisciato fine;- pavimentazioni di piastrelle di ceramica;- pavimentazioni di marmo, legno, ecc.

#### 52.5.2 Stato delle superfici e dei supporti murali

I supporti murali nuovi per l'applicazione di moquette devono possedere i seguenti requisiti:

- essere privi di residui delle precedenti lavorazioni e soprattutto di residui untuosi;- possedere un grado di umidità relativa inferiore al 55%;- avere un pH compreso tra 6 e 7.

I suddetti requisiti devono essere preventivamente controllati dal direttore dei lavori.

#### 52.5.3 Preparazione del supporto

Il supporto deve essere preventivamente preparato dall'appaltatore prima dell'applicazione della moquette.

La preparazione deve consistere nella pulizia da tutti gli elementi estranei che possano pregiudicare l'adesione delle moquette. A seconda del supporto, si procederà alla sua pulizia e all'asportazione dei materiali esistenti, nonché al riempimento di fessure e piccoli fori, alla spianatura di piccole asperità, ecc., avendo cura di eliminare, al termine, la polvere e i piccoli frammenti che possono successivamente collocarsi tra il foglio e il supporto durante la posa. In generale, le tecniche di preparazione (carteggiatura, spazzolatura, stuccatura, rasatura, ecc.) devono rispettare le precise indicazioni del produttore.

#### 52.5.4 Tecnica di applicazione

La tecnica di posa in opera della moquette deve rispettare le indicazioni contenute nelle schede tecniche fornite dal produttore e le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori.

Durante l'applicazione, si deve curare la realizzazione dei giunti, la quantità di collante applicato, l'esecuzione dei punti particolari quali angoli, ecc., facendo le opportune riprese in modo da garantire la continuità dei disegni e comunque la scarsa percepibilità dei giunti.

#### 52.5.5 Norme di riferimento

**UNI7956** – *Prove sui tessili. Determinazione del comportamento alla combustione dei rivestimenti tessili per pavimenti, pareti e soffitti;*

**UNI8013-1** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Terminologia e classificazione;*

**UNI8014-1** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 1. Prelievo, numero e dimensioni delle provette;*

**UNI8014-2** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 2. Determinazione della massa areica totale;*

**UNI8014-3** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 3. Determinazione della massa areica dell'intero strato di utilizzazione;*

**UNI8014-5** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 5. Determinazione dello spessore totale;*

**UNI8014-6** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 6. Determinazione dello spessore della parte utile dello strato di utilizzazione;*

**UNI8014-7** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 7. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di breve durata di carico statico moderato;*

**UNI8014-8** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 8. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di lunga durata di carico statico elevato;*

**UNI8014-9** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 9. Determinazione della perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico;*

**UNI8014-10** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 10. Determinazione della massa volumica del pelo utile;*

**UNI8014-12** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 12. Determinazione della tendenza all'accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio;*

**UNI8014-13** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 13. Determinazione del numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area;*

**UNI8014-14** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Parte 14. Determinazione della forza di strappo dei fiocchetti;*

**UNIsperimentale 8014-15** – *Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della resistenza allo sporramento;*

**UNI8014-16** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della resistenza elettrica orizzontale (superficiale) e verticale (trasversale);

**UNI9946:1992** – Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Terminologia e classificazione;

**UNICen/ts 14472-1** – Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Generalità;

**UNICen/ts 14472-2** – Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Rivestimenti tessili per pavimentazioni;

**UNICen/ts 14472-3** – Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione - Rivestimenti laminati per pavimentazioni;

**UNICen/ts 14472-4** – Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Progettazione, preparazione e installazione. Rivestimenti resilienti per pavimentazioni;

**UNI EN 1269** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Valutazione delle impregnazioni nei rivestimenti agugliati mediante una prova di sporatura;

**UNI EN 1307** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Classificazione dei tappeti a pelo;

**UNI EN 1318** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Determinazione dello spessore utile apparente dei fondi;

**UNI EN 13297** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Classificazione delle pavimentazioni tessili a pelo agugliate;

**UNI EN 13893** – Rivestimenti resilienti, laminati e tessili per pavimentazioni. Misura del coefficiente dinamico di attrito su superfici di pavimenti asciutte;

**UNI EN 14041** – Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Caratteristiche essenziali;

**UNICen/ts 14159** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Requisiti concernenti le tolleranze sulle dimensioni (lineari) dei tappeti a misura, passatoie, quadrotti e rivestimenti tessili per pavimentazioni da parete a parete e le tolleranze sul rapporto di disegno;

**UNI EN 14215** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Classificazione dei rivestimenti e passatoie a pelo fabbricati a macchina;

**UNI EN 14499** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Requisiti minimi per i riversi dei tappeti;

**UNI EN 1470** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Classificazione dei rivestimenti tessili per pavimentazioni agugliati ad eccezione dei rivestimenti agugliati a pelo;

**UNI EN 1471** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Valutazione dei cambiamenti di aspetto;

**UNI EN 14900** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Determinazione della massa volumica del supporto (textile fleec backing);

**UNI EN 15114** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Classificazione dei rivestimenti tessili per pavimentazioni senza pelo;

**UNI EN 15115** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Determinazione della sensibilità all'acqua versata;

**UNICen/ts 15398** – Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Simboli normalizzati per pavimentazioni;

**UNI EN 1813** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Determinazione dell'integrità delle fibre di lana mediante un abrasimetro;

**UNI EN 1814** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Determinazione della resistenza al danneggiamento dei bordi tagliati, mediante la prova con il tamburo Vettermann modificato;

**UNI EN 1815** – Rivestimenti resilienti e tessili per pavimentazioni. Valutazione della propensione all'accumulo di elettricità statica;

**UNI EN 1963** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Prove mediante la macchina Lisson Tretrad;

**UNI EN 685** – Rivestimenti resilienti, tessili e laminati per pavimentazioni. Classificazione;

**UNI EN 984** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Determinazione della massa areica dello strato di utilizzazione dei rivestimenti delle pavimentazioni agugliate;

**UNI EN 985** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Prova della sedia a rotelle;

**UNI EN 986** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Piastrelle. Determinazione delle variazioni dimensionali e dell'incurvamento per effetto della variazione delle condizioni di umidità e di temperatura;

**UNI EN 994** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Determinazione della lunghezza dei lati, dell'ortogonalità e della rettilineità delle piastrelle;

**UNI EN 995** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Valutazione della deformabilità sotto carico dei fondi;

**UNI EN ISO 105-X10** – Tessili. Prove di solidità del colore. Parte X10: Valutazione della migrazione dei colori dei tessuti nei rivestimenti di policloruro di vinile;

**UNI EN ISO 11378-2** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Prove di sporatura in laboratorio. Prova del tamburo;

**UNI EN ISO 11857** – Rivestimenti tessili per pavimentazioni. Determinazione della resistenza alla delaminazione.

#### 52.6 Verifiche del direttore dei lavori

Il direttore dei lavori per la realizzazione del sistema di rivestimento, nel corso dell'esecuzione dei lavori e con riferimento ai tempi e alle procedure, verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti e inoltre almeno per gli strati più significativi, accerterà che il risultato delle operazioni predette sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione che è attribuita all'elemento o strato realizzato.

In particolare, verificherà:- per i rivestimenti rigidi, le modalità di fissaggio, la corretta esecuzione dei giunti e quanto riportato nel punto loro dedicato, eseguendo verifiche intermedie di resistenza meccanica, ecc.;- per i rivestimenti con prodotti flessibili (fogli), la corretta esecuzione delle operazioni descritte nel relativo punto;- per i rivestimenti fluidi o in pasta, il rispetto delle prescrizioni di progetto o concordate come detto in precedenza, verificando la loro completezza, ecc., specialmente delle parti difficilmente controllabili al termine dei lavori.

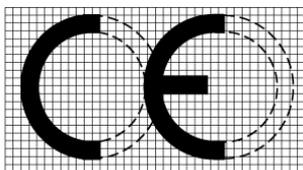
A conclusione dei lavori, il direttore eseguirà prove (anche solo localizzate) con facili mezzi da cantiere, creando sollecitazioni compatibili con quelle previste dal progetto o comunque simulanti le sollecitazioni dovute all'ambiente, agli utenti futuri, ecc. Per i rivestimenti rigidi, verificherà in particolare il fissaggio e l'aspetto delle superfici risultanti. Per i rivestimenti in fogli, verificherà l'effetto finale e l'adesione al supporto. Per quelli fluidi infine accerterà la completezza, l'assenza di difetti locali e l'aderenza al supporto.

### Art. 53 Impianti elettrici

#### 53.1 Qualità dei materiali e marcatura dei materiali

I materiali e gli apparecchi relativi agli impianti elettrici devono essere rispondenti alle prescrizioni progettuali e devono avere le caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche e all'umidità, alle quali potranno essere esposti durante l'esercizio.

I componenti elettrici previsti da specifiche direttive europee devono riportare il marchio ce.



**Figura 55.1** Marchio CE

I componenti elettrici previsti dalla legge n. 791/1977 e per i quali esista una specifica norma, possono essere muniti di marchio imq o di altro marchio di conformità (rilasciato da un laboratorio riconosciuto o da organismi competenti) oppure di dichiarazione di conformità alla norma rilasciata dal costruttore.



**Figura 55.2** Marchio imq

I componenti elettrici non previsti dalla legge n. 791/1977 o senza norme di riferimento dovranno essere comunque conformi alla legge n. 186/1955.

Tutti gli apparecchi devono riportare dati di targa ed eventuali indicazioni d'uso utilizzando la simbologia del CEI e la lingua italiana.

Norme di riferimento

I materiali elettrici devono essere conformi alle leggi e regolamenti vigenti, in particolare:

**Legge 1° marzo 1968, n. 186** – Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici;

**Legge 18 ottobre 1977, n. 791** – Attuazione della direttiva del Consiglio delle Comunità europee (n. 72/23/cee) relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;

**D.M. 10 aprile 1984** – Disposizioni per la prevenzione e l'eliminazione dei radiodisturbi provocati dagli apparecchi di illuminazione per lampade fluorescenti muniti di starter;

**Legge 9 gennaio 1989, n. 13** – Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati;

**Legge 17 aprile 1989, n. 150** – Attuazione della direttiva 82/130/cee e norme transitorie concernenti la costruzione e la vendita di materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera esplosiva;

**D.M. 14 giugno 1989, n. 236** – Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche;

**Legge 5 marzo 1990, n. 46** – Norme per la sicurezza degli impianti;

**D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447** – Regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46, in materia di sicurezza degli impianti;

**D.M. 22 febbraio 1992** – Modello di dichiarazione di conformità;

**D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246** – Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/cee relativa ai prodotti da costruzione;

**D.Lgs. 25 novembre 1996, n. 626** – Attuazione della direttiva 93/68/cee, in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione;

**D.P.R. 30 aprile 1999, n. 162** – Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 95/16/CE sugli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio;

**D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462** – Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi;

**D.M. 10 marzo 2005** – Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio;

**D.M. 15 marzo 2005** – Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo;

**D.M. 28 aprile 2005** – Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili liquidi;

**D.M. 22 gennaio 2008, n. 37** – Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

### 53.2 Oneri specifici per l'appaltatore

L'appaltatore ha l'obbligo di fornire depliant e, ove possibile, campioni di almeno tre marche di ogni componente dell'impianto, per consentire la scelta al direttore dei lavori.

Per i corpi illuminanti, l'appaltatore dovrà fornire appositi campioni, da conservare in appositi locali. I materiali non accettati dovranno essere sostituiti e allontanati dal cantiere.

L'appaltatore dovrà curare gli impianti elettrici fino alla conclusione del collaudo tecnico-amministrativo o all'emissione del certificato di regolare esecuzione, prevenendo eventuali danneggiamenti durante l'esecuzione dei lavori.

Le eventuali difformità degli impianti rispetto alle prescrizioni progettuali esecutive dovranno essere segnalate tempestivamente al direttore dei lavori.

L'appaltatore dovrà fornire al direttore dei lavori tutta la documentazione integrativa per l'aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.

### 53.3 Modalità di esecuzione degli impianti elettrici

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati secondo le prescrizioni contrattuali e la corretta tecnica da personale adeguato alla tipologia degli impianti, addestrato e dotato delle necessarie attrezzature.

Gli impianti elettrici devono essere realizzati in conformità alla legge n. 186 del 1° marzo 1955.

La rispondenza alle vigenti norme di sicurezza deve essere attestata con la procedura di cui al **D.M. 22 gennaio 2008, n. 37**.

Al termine dell'esecuzione degli impianti l'appaltatore dovrà rilasciare l'apposito certificato di conformità dell'impianto, come previsto dal D.M. n. 37/2008.

#### 53.4 Cavi e conduttori

##### 53.4.1 Definizioni

Si premettono le seguenti definizioni:

- con il termine *cavo* si indicano tutti i tipi di cavo con o senza rivestimento protettivo;
- con il termine *condutture* si indicano i prodotti costituiti da uno o più cavi e dagli elementi che ne assicurano il contenimento, il sostegno, il fissaggio e la protezione meccanica.

In relazione al tipo di funzione nella rete di alimentazione, le condutture in partenza dal quadro generale B.T. nella rete di distribuzione, si possono suddividere nelle seguenti categorie:

- condutture di distribuzione attraverso montante, a sviluppo prevalentemente verticale;
- condutture di distribuzione attraverso dorsali, a sviluppo prevalentemente orizzontale;
- condutture di distribuzione diretta agli utilizzatori.

##### 53.4.2 Tipologie

I cavi delle linee di energia possono essere dei seguenti tipi:

- tipo A: cavi con guaina per tensioni nominali con  $U_o/U = 300/500, 450/750$  e  $0,6/1$  Kv;
- tipo B: cavi senza guaina per tensione nominale  $U_o/U = 450/750$  V;
- tipo C: cavi con guaina resistenti al fuoco;
- tipo D: cavi con tensioni nominali  $U_o/U = 1,8/3 - 3,6/6 - 6/10 - 8,7/15 - 12/20 - 18/30 - 26/45$  kV.

##### 53.4.3 Distinzione dei cavi attraverso i colori

I cavi per energia elettrica devono essere distinguibili attraverso la colorazione delle anime e attraverso la colorazione delle guaine esterne.

Per la sequenza dei colori delle anime (fino a un massimo di cinque) dei cavi multipolari flessibili e rigidi, rispettivamente con e senza conduttore di protezione, si deve fare riferimento alla norma **CEI unel 00722 (hd 308)**.

Per tutti i cavi unipolari senza guaina sono ammessi i seguenti monocolori: nero, marrone, rosso, arancione, giallo, verde, blu, viola, grigio, bianco, rosa, turchese. Per i cavi unipolari con e senza guaina deve essere utilizzata la combinazione:

- bicolore giallo/verde per il conduttore di protezione;- colore blu per il conduttore di neutro.

Per i circuiti a corrente continua si devono utilizzare i colori rosso (polo positivo) e bianco (polo negativo).

Per la colorazione delle guaine esterne dei cavi di bassa e media tensione in funzione della loro tensione nominale e dell'applicazione, si deve fare riferimento alla norma **CEI unel 00721**.

Nell'uso dei colori devono essere rispettate le seguenti regole:- il bicolore giallo-verde deve essere riservato ai conduttori di protezione e di equipotenzialità;- il colore blu deve essere riservato al conduttore di neutro. Quando il neutro non è distribuito, l'anima di colore blu di un cavo multipolare può essere usata come conduttore di fase. In tal caso, detta anima deve essere contraddistinta, in corrispondenza di ogni collegamento, da fascette di colore nero o marrone;- sono vietati i singoli colori verde e giallo.

##### 53.4.4 Comportamento al fuoco

I cavi elettrici, ai fini del comportamento al fuoco, possono essere distinti nelle seguenti categorie:

- cavi non propaganti la fiamma, conformi alla norma **CEI 20-35 (en 60332)**, che tratta la verifica della non propagazione della fiamma di un cavo singolo in posizione verticale;
- cavi non propaganti l'incendio, conformi alla norma **CEI 20-22 (en 50266)**, che tratta la verifica della non propagazione dell'incendio di più cavi raggruppati a fascio e in posizione verticale, in accordo alla quantità minima di materiale non metallico combustibile prescritta dalla parte 2 (10 kg/m oppure 5 kg/m) o dalla parte 3 (1,5 l/m);
- cavi non propaganti l'incendio a bassa emissione di fumi opachi, gas tossici e corrosivi ls0h, rispondenti alla norma **CEI 20-22 (en 50266)** per la non propagazione dell'incendio e alle norme **CEI 20-37 (en 50267)** e **en 61034** per quanto riguarda l'opacità dei fumi e le emissioni di gas tossici e corrosivi;
- cavi ls0h resistenti al fuoco conformi alle norme della serie **CEI 20-36 (en 50200- 50362)**, che tratta la verifica della capacità di un cavo di assicurare il funzionamento per un determinato periodo di tempo durante l'incendio. I cavi resistenti al fuoco sono anche non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi opachi gas tossici e corrosivi.

L'appaltatore deve utilizzare esclusivamente cavi non propaganti l'incendio e a bassissima emissione di fumi e di gas tossici e corrosivi anche nelle situazioni installative non obbligatoriamente previste dalla norme.

#### 53.4.5 Posa in opera delle condutture

Per la scelta del tipo di cavo in relazione alle condizioni ambientali e di posa, ai fini di una corretta installazione si rimanda alle indicazioni delle norme **CEI 11-17**, **CEI 20-40**, **CEI 20-67** e **20-xx** (in preparazione).

La posa in opera delle condutture può essere in:

- tubo, ovvero costituita da cavi contenuti in un tubo protettivo, il quale può essere incassato, in vista o interrato;
- canale, ovvero costituita da cavi contenuti entro un contenitore prefabbricato con coperchio;
- vista, nella quale i cavi sono fissati a parete o soffitto per mezzo di opportuni elementi (per esempio, graffette o colari);
- condotto, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità lisce o continue ottenute dalla costruzione delle strutture murarie o entro manufatti di tipo edile prefabbricati o gettati in opera;
- cunicolo, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità o altro passaggio non praticabile con chiusura mobile;
- su passerelle, ovvero costituita da cavi contenuti entro un sistema continuo di elementi di sostegno senza coperchio;
- galleria, ovvero costituita da cavi contenuti entro cavità o altro passaggio praticabile.

#### 53.4.6 Prescrizioni relative a condutture di impianti particolari

I cavi di alimentazione dei circuiti di sicurezza devono essere indipendenti da altri circuiti.

I cavi dei circuiti a selv devono essere installati conformemente a quanto indicato negli art. 411.1.3.2 e 528.1.1 della norma **CEI 64-8**.

I cavi dei circuiti felv possono essere installati unitamente ai cavi di energia.

I cavi di circuiti separati, derivati o meno dal trasformatore di isolamento devono essere indipendenti da altri circuiti.

#### 53.4.7 Norme di riferimento generali e per tipologie dei cavi

I cavi e le condutture per la realizzazione delle reti di alimentazione degli impianti elettrici utilizzatori devono essere conformi alle seguenti norme:

a) requisiti generali:

**CEI-unel 00722** – *Colori distintivi delle anime dei cavi isolati con gomma o polivinilcloruro per energia o per comandi e segnalazioni con tensioni nominali  $U_0/U$  non superiori a 0,6/1 kV;*

**CEI UNEL 00721** – *Colori di guaina dei cavi elettrici;*

**CEI UNEL 00725-(EN 50334)** – *Marcatura mediante iscrizione per l'identificazione delle anime dei cavi elettrici;*

**CEI-unel 35024-1** – *Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;*

**CEI-unel 35024-2** – *Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in c.a. e a 1500 in c.c. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria;*

**CEI-unel 35026** – *Cavi di energia per tensione nominale  $U$  sino ad 1 kV con isolante di carta impregnata o elastomerico o termoplastico. Portate di corrente in regime permanente. Posa in aria e interrata;*

**CEI unel 35027** – *Cavi di energia per tensione nominale  $U$  superiore ad 1 kV con isolante di carta impregnata o elastomerico o termoplastico. Portate di corrente in regime permanente. Generalità per la posa in aria e interrata;*

**CEI 16-1** – *Individuazione dei conduttori isolati;*

**CEI 20-21 (serie)** – *Cavi elettrici. Calcolo della portata di corrente;*

**CEI 11-17** – *Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica. Linee in cavo;*

**CEI 20-40 (hd 516)** – *Guida per l'uso di cavi a bassa tensione;*

**CEI 20-67** – *Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV;*

**CEI 20-XX** – *Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di media tensione.*

b) cavi tipo A (I categoria) = cavi con guaina per tensioni nominali  $U_0/U = 300/500, 450/750$  e  $0,6/1$  kV:

**CEI 20-13** – *Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;*

**CEI-unel 35375** – *Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di pvc, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa. Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6 / 1 kV;*

**CEI-unel 35376** – *Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di pvc, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari e multipolari con conduttori rigidi. Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6/ 1 kV;*

**CEI-unel 35377** – Cavi per comandi e segnalazioni isolati in gomma etilenpropilenica, alto modulo di qualità G7, sotto guaina di pvc, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo. Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6 / 1 kV;

**CEI unel 35382** – Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni. Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa con o senza schermo (treccia o nastro). Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6/1 kV – LSOH;

**CEI unel 35383** – Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni.

c) cavi unipolari e multipolari con conduttori rigidi. Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6/1 kV – lsoh:

**CEI unel 35384** – Cavi per comandi e segnalamento in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G7, sotto guaina termoplastica di qualità M1, non propaganti l'incendio senza alogeni - Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa, con o senza schermo (treccia o nastro) – Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6/1 kV – lsoh;

**CEI 20-14** – Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 a 3 kV;

**CEI-unel 35754** – Cavi per energia isolati con pvc non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari rigidi con o senza schermo, sotto guaina di pvc. Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6 / 1 kV;

**CEI-unel 35755** – Cavi per comandi e segnalamento isolati con polivinilcloruro non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo, sotto guaina di pvc. Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6/1 kV;

**CEI-unel 35756** – Cavi per energia isolati con pvc non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi multipolari per posa fissa con conduttori flessibili con o senza schermo, sotto guaina di PVC. Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6/1 kV;

**CEI-unel 35757** – Cavi per energia isolati con pvc non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi. Cavi unipolari per posa fissa con conduttori flessibili, sotto guaina di pvc. Tensione nominale  $U_0/U$ : 0,6 / 1 kV;

**CEI 20-19** – Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

**CEI 20-20** – Cavi isolati in pvc con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

**CEI 20-38** – Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. lsoh;

**CEI-unel 35369** – Cavi per energia isolati con miscela elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale 0,6 / 1 kV. lsoh;

**CEI-unel 35370** – Cavi per energia isolati con miscela elastomerica non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi con conduttori rigidi. Tensione nominale 0,6 / 1 kV. lsoh;

**CEI-unel 35371** – Cavi per comandi e segnalazioni, isolati con miscela elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa. Tensione nominale 0,6/1 kV. lsoh;

**imq cpt 007** – Cavi elettrici per energia e per segnalamento e controllo isolati in pvc, sotto guaina di pvc, non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas alogenidrici. Tensione nominale di esercizio 450/750 e 300/500 V – fror 450/750 V;

**imq cpt 049** – Cavi per energia e segnalamento e controllo isolati con miscela termoplastica non propaganti l'incendio e esenti da alogeni (lsoh). Tensione nominale  $U_0/U$  non superiore a 450/750 V – FM9OZ1 – 450/750 V – lsoh.

d) cavi tipo B = cavi senza guaina per tensione nominale  $U_0/U = 450/750$  V:

**CEI 20-20/3** – Cavi isolati con pvc con tensione nominale non superiore a 450/750 V. Cavi senza guaina per posa fissa;

**CEI-unel 35752** – Cavi per energia isolati con pvc non propaganti l'incendio. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale  $U_0/U$ : 450/750 V;

**CEI-unel 35753** – Cavi per energia isolati con pvc non propaganti l'incendio. Cavi unipolari senza guaina con conduttori rigidi. Tensione nominale  $U_0/U$ : 450/750 V;

**CEI-unel 35368** – Cavi per energia isolati con miscela elastomerica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Cavi unipolari senza guaina con conduttori flessibili. Tensione nominale  $U_0/U$ : 450/750 V;

**imq cpt 035** – Cavi per energia isolati con miscela termoplastica non propaganti l'incendio e a bassa emissione di fumi e gas tossici e corrosivi. Tensione nominale  $U_0/U$  non superiore a 450/750 V;

e) cavi tipo C = cavi resistenti al fuoco:

**CEI 20-39** – Cavi per energia ad isolamento minerale e loro terminazioni con tensione nominale non superiore a 750 V;

**CEI 20-45** – Cavi isolati con mescola elastomerica, resistenti al fuoco, non propaganti l'incendio, senza alogeni (Isoh) con tensione nominale  $U_0/U$  di 0,6/1 kV. Isoh.

f) cavi tipo D (II categoria) = cavi con tensioni nominali  $U_0/U = 1,8/3 - 3,6/6 - 6/10 - 8,7/15 - 12/20 - 18/30 - 26/45$  kV:

**CEI 20-13** – Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;

**iec 60502** – IEC 60502-1, Ed. 2: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV).

#### 53.4.8 Norme di riferimento per il comportamento al fuoco

**CEI en 60332 (CEI 20-35)** – Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio. Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato;

**CEI en 50266 (CEI 20-22)** – Metodi di prova comUNI per cavi in condizioni di incendio. Prova di propagazione della fiamma verticale di fili o cavi montati verticalmente a fascio;

**CEI en 50267 (CEI 20-37)** – Metodi di prova comUNI per cavi in condizione di incendio. Prove sui gas emessi durante la combustione dei materiali prelevati dai cavi;

**CEI en 61034 (CEI 20-37)** – Misura della densità del fumo emesso dai cavi che bruciano in condizioni definite.

#### 53.4.9 Sezioni minime dei conduttori

Il dimensionamento dei conduttori attivi (fase e neutro) deve essere effettuato in modo da soddisfare soprattutto le esigenze di portata e resistenza ai corto circuiti e i limiti ammessi per caduta di tensione. In ogni caso, le sezioni minime non devono essere inferiori a quelle di seguito specificate:

– conduttori di fase:  $1,5 \text{ mm}^2$  (rame) per impianti di energia;

– conduttori per impianti di segnalazione:  $0,5 \text{ mm}^2$  (rame);

– conduttore di neutro: deve avere la stessa sezione dei conduttori di fase, sia nei circuiti monofase, qualunque sia la sezione dei conduttori, sia nei circuiti trifase, quando la dimensione dei conduttori di fase sia inferiore o uguale a  $16 \text{ mm}^2$ . Il conduttore di neutro, nei circuiti trifase con conduttori di sezione superiore a  $16 \text{ mm}^2$ , può avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase, se sono soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni: - la corrente massima, comprese le eventuali armoniche, che si prevede possa percorrere il conduttore di neutro durante il servizio ordinario, non sia superiore alla corrente ammissibile corrispondente alla sezione ridotta del conduttore di neutro; - la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a  $16 \text{ mm}^2$ .

– conduttori di protezione: devono avere sezioni di: .....

Se il conduttore di protezione non fa parte della stessa condotta dei conduttori attivi, la sezione minima deve essere:

-  $2,5 \text{ mm}^2$  (rame) se protetto meccanicamente;

-  $4 \text{ mm}^2$  (rame) se non protetto meccanicamente.

Per il conduttore di protezione di montanti o dorsali (principali), la sezione non deve essere inferiore a  $6 \text{ mm}^2$ .

– conduttore di terra: - protetto contro la corrosione ma non meccanicamente e non inferiore a  $16 \text{ mm}^2$  in rame o ferro zincato; - non protetto contro la corrosione e non inferiore a  $25 \text{ mm}^2$  (rame) oppure  $50 \text{ mm}^2$  (ferro); - protetto contro la corrosione e meccanicamente: in questo caso le sezioni dei conduttori di terra non devono essere inferiori ai valori della tabella **CEI-unel 3502**. Se dall'applicazione di questa tabella risulta una sezione non unificata, deve essere adottata la sezione unificata più vicina al valore calcolato.

– conduttore pen (solo nel sistema tn): non inferiore a  $10 \text{ mm}^2$  (rame);

– conduttori equipotenziali principali: non inferiori a metà della sezione del conduttore di protezione principale dell'impianto, con un minimo di  $6 \text{ mm}^2$  (rame). Non è richiesto che la sezione sia superiore a  $25 \text{ mm}^2$  (rame);

– conduttori equipotenziali supplementari: - fra massa e massa, non inferiore alla sezione del conduttore di protezione minore;

- fra massa e massa estranea, sezione non inferiore alla metà dei conduttori di protezione; - fra due masse estranee o massa estranea e impianto di terra non inferiore a  $2,5 \text{ mm}^2$  (rame) se protetto meccanicamente, e a  $4 \text{ mm}^2$  (rame) se non protetto meccanicamente.

Questi valori minimi si applicano anche al collegamento fra massa e massa, e fra massa e massa estranea.

### 53.5 Tubazioni e accessori per installazioni elettriche

Tutte le tubazioni di protezione dei cavi elettrici dovranno essere di tipo flessibile in pvc nella serie pesante anti-schiacciamento, di tipo e caratteristiche contemplate nelle vigenti norme unel e CEI.

In generale, i sistemi di protezione dei cavi devono essere scelti in base a criteri di resistenza meccanica e alle sollecitazioni che si possono verificare sia durante la posa sia durante l'esercizio.

#### 53.5.1 Posa in opera in generale e in condizioni particolari

L'installazione o posa in opera delle tubazioni di protezione potrà essere del tipo:

- a vista;- sottotraccia nelle murature o nei massetti delle pavimentazioni;- annegamento nelle strutture in calcestruzzo prefabbricate;- interrimento (**CEI en 50086-2-4**).

In condizioni particolari, devono essere rispettate le seguenti norme e materiali:

- sottotraccia nelle pareti o in murature:- pvc flessibile leggero (**CEI 23-14**);- pvc flessibile pesante (**CEI 23-14**).
- sottotraccia nel massetto delle pavimentazioni:- pvc flessibile pesante (**CEI 23-14**);- pvc rigido pesante (**CEI 23-8**).
- tubo da collocare in vista (ambienti ordinari):- pvc flessibile pesante (**CEI 23-14**);- pvc rigido pesante (**CEI 23-8**);- tubo pvc rigido filettato (**CEI 23-25** e **CEI 23-26**);- guaine guida cavi (**CEI 23-25**).
- tubo da collocare in vista (ambienti speciali):- pvc rigido pesante (**CEI 23-8**);- in acciaio (**CEI 23-28**);- in acciaio zincato (**UNI3824-74**);- tubo pvc rigido filettato (**CEI 23-25** e **CEI 23-26**);- guaine guida cavi (**CEI 23-25**).
- tubo da interrare:- pvc rigido pesante (**CEI 23-8**);- pvc flessibile pesante (**CEI 23-14**);- cavidotti (**CEI 23-29**);- guaine guida cavi (**CEI 23-25**).

Il tracciato dei tubi protettivi sulle pareti deve avere un andamento rettilineo orizzontale o verticale. Nel caso di andamento orizzontale, deve essere prevista una minima pendenza per favorire lo scarico di eventuale condensa. Le curve devono essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi.

Le tubazioni sottotraccia dovranno essere collocate in maniera tale che il tubo venga a trovarsi totalmente incassato ad almeno 2 cm dalla parete finita. I tubi, prima della ricopertura con malta cementizia, dovranno essere saldamente fissati sul fondo della scanalatura e collocati in maniera tale che non siano totalmente accostati, in modo da realizzare un interstizio da riempire con la malta cementizia.

#### 53.5.2 Maggiorazione del diametro interno dei tubi

Il diametro interno dei tubi per consentire variazioni impiantistiche deve:

- negli ambienti ordinari: essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto ai cavi che deve contenere, con un minimo di 10 mm;
- negli ambienti speciali: essere almeno 1,4 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto ai cavi che devono essere contenuti, con un minimo di 16 mm.

#### 53.5.3 Componenti del sistema di canalizzazione

Il sistema di canalizzazione, per ogni tipologia, deve prevedere i seguenti componenti:

a) sistemi di canali metallici e loro accessori a uso portacavi e/o portapparecchi:

- canale; - testata; - giunzioni piana lineare; - deviazioni; - derivazione; - accessori complementari; - elementi di sospensione; - elementi di continuità elettrica.

b) sistemi di canali in materiale plastico isolante e loro accessori a uso portacavi e/o portapparecchi:

- canale; - testata; - giunzioni piana lineare; - deviazioni; - derivazione; - accessori complementari; - elementi di sospensione.

c) sistemi di canali in materiale plastico isolante e loro accessori a uso battiscopa:

- canale battiscopa portacavi; - canale cornice per stipite; - giunzioni piana lineare; - deviazione; - angolo; - terminale.

d) sistemi di condotti a sezione non circolare in materiale isolante sottopavimento:

- condotto; - elementi di giunzione; - elementi di derivazione; - elementi di incrocio; - cassette e scatole a più servizi; - torrette.

e) sistemi di passerelle metalliche e loro accessori a uso portacavi:

- canale; - testata; - giunzioni piana lineare; - deviazioni; - derivazione; - accessori complementari; - elementi di sospensione; - elementi di continuità elettrica.

#### 53.5.4 Indicazioni per la sicurezza dei canali metallici e loro accessori

Il sistema di canali metallici e loro accessori a uso portacavi e/o portapparecchi deve prevedere le seguenti misure di sicurezza:

- i coperchi dei canali e degli accessori devono essere facilmente asportabili per mezzo di attrezzi (CEI 64-8);
- il canale e le scatole di smistamento e derivazione a più vie devono poter garantire la separazione di differenti servizi;
- le masse dei componenti del sistema devono potersi collegare affidabilmente al conduttore di protezione e deve essere garantita la continuità elettrica dei vari componenti metallici del sistema.

#### 53.5.5 Indicazioni per la sicurezza in materiale plastico isolante e loro accessori

Il sistema di canali in materiale plastico e loro accessori a uso portacavi e/o portapparecchi deve prevedere le seguenti misure di sicurezza:

- i coperchi dei canali e degli accessori devono essere facilmente asportabili per mezzo di attrezzi (CEI 64-8);
- il canale e le scatole di smistamento e derivazione a più vie devono poter garantire la separazione di differenti servizi.

#### 53.5.6 Indicazioni per la sicurezza in materiale plastico isolante e loro accessori ad uso battiscopa

Il sistema di canali in materiale plastico e loro accessori a uso battiscopa deve prevedere le seguenti misure di sicurezza:

- il canale battiscopa, la cornice, le scatole di smistamento e le derivazioni a più vie devono garantire la separazione di differenti servizi;
- gli accessori destinati all'installazione di apparecchi elettrici devono essere ancorati in modo indipendente dal battiscopa e dalla cornice e, comunque, esternamente ai canali stessi;
- la derivazione dei cavi dal battiscopa deve avvenire mediante canali accessori, secondo la norma CEI 23-19, o canali portacavi rispondenti alla norma CEI 23-32.

Il canale battiscopa installato deve assicurare che i cavi siano posizionati ad almeno 10 mm dal pavimento finito.

Le scatole destinate all'installazione delle prese di corrente devono assicurare che l'asse orizzontale si trovi ad almeno 70 mm dal pavimento finito (CEI 64-8).

Le prese telefoniche devono essere collocate a distanza di almeno 120 mm tra l'asse orizzontale della presa e il pavimento.

#### 53.5.7 Caratteristiche alla piegatura e grado di protezione minimo

Le tubazioni di protezione secondo le caratteristiche alla piegatura potranno essere:

- rigide (CEI en 50086-2-1);- pieghevoli (CEI en 50086-2-2);- pieghevoli/autorinvenenti (CEI en 50086-2-2);- flessibili (CEI en 50086-2-3).

Il grado di protezione dovrà essere di ip xx (con un minimo ip3x).

#### 53.5.8 Norme di riferimento

Le tubazioni di protezione dovranno rispettare le seguenti norme:

**CEI en 50086-1** – *Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche. Prescrizioni generali;*

**CEI en 50086-2-1** – *Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi e accessori;*

**CEI en 50086-2-2** – *Prescrizioni particolari per sistemi di tubi pieghevoli e accessori;*

**CEI en 50086-2-3** – *Prescrizioni particolari per sistemi di tubi flessibili e accessori;*

**CEI en 50086-2-4** – *Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati;*

**CEI en 60529** – *Gradi di protezione degli involucri.*

### 53.6 Quadri elettrici

#### 53.6.1 Generalità

I quadri elettrici sono componenti dell'impianto elettrico che costituiscono i nodi della distribuzione elettrica, principale e secondaria, per garantire in sicurezza la gestione dell'impianto stesso, sia durante l'esercizio ordinario sia nella manutenzione delle sue singole parti.

Nei quadri elettrici sono contenute e concentrate le apparecchiature elettriche di sezionamento, comando, protezione e controllo dei circuiti di un determinato locale, zona, reparto, piano, ecc.

In generale, i quadri elettrici vengono realizzati sulla base di uno schema o elenco delle apparecchiature, con indicate le caratteristiche elettriche dei singoli componenti, con particolare riferimento alle caratteristiche nominali, alle sezio-

ni delle linee di partenza e alla loro identificazione sui morsetti della morsettiera principale.

La costruzione di un quadro elettrico consiste nell'assemblaggio delle strutture e nel montaggio e cablaggio delle apparecchiature elettriche all'interno di involucri o contenitori di protezione e deve essere sempre fatta seguendo le prescrizioni delle normative specifiche.

Si raccomanda, per quanto è possibile, che i portelli dei quadri elettrici di piano o zona di uno stesso edificio siano apribili con unica chiave.

Norme di riferimento

**CEI en 60439-1; CEI en 60439-3; CE en 60529; CEI 23-49; CEI 23-51; CEI 64-8.**

#### 53.6.2 Tipologie di quadri elettrici

In generale, i quadri elettrici sono identificati per tipologia di utilizzo e in funzione di questo possono avere caratteristiche diverse che interessano la forma, le dimensioni, il materiale utilizzato per le strutture e gli involucri e i sistemi di accesso alle parti attive e agli organi di comando delle apparecchiature installate.

##### *Quadro generale*

Il quadro generale è il quadro che deve essere collocato all'inizio dell'impianto elettrico e, precisamente, a valle del punto di consegna dell'energia.

I quadri generali, in particolare quelli con potenze rilevanti, devono essere installati in locali dedicati, accessibili solo al personale autorizzato. Per quelli che gestiscono piccole potenze e per i quali si utilizzano gli involucri (isolante, metallico o composto), è sufficiente assicurarsi che l'accesso alle singole parti attive interne sia adeguatamente protetto contro i contatti diretti e indiretti e gli organi di sezionamento, comando, regolazione ecc. siano accessibili solo con l'apertura di portelli provvisti di chiave o attrezzo equivalente.

Nel caso in cui sia necessario proteggere una condotta dal punto di consegna dell'ente distributore al quadro generale, si dovrà prevedere l'installazione a monte di un quadro realizzato in materiale isolante provvisto di un dispositivo di protezione.

##### *Quadri secondari di distribuzione*

I quadri secondari di distribuzione sono i quadri installati a valle del quadro generale, quando l'area del complesso in cui si sviluppa l'impianto elettrico è molto vasta, e provvedono ad alimentare i quadri di zona, piano, reparto, centrali tecnologiche, ecc.

Le caratteristiche delle strutture degli involucri di questi quadri sono generalmente simili a quelle descritte per il quadro generale.

##### *Quadri di reparto, di zona o di piano*

Installati a valle del quadro generale o dei quadri secondari di distribuzione, provvedono alla protezione, sezionamento, controllo dei circuiti utilizzatori previsti nei vari reparti, zone, ecc., compresi i quadri speciali di comando, regolazione e controllo di apparecchiature particolari installate negli ambienti.

Per la realizzazione di questi quadri devono essere utilizzati gli involucri di tipo isolante, metallico o composto. L'accesso alle singole parti attive interne deve essere protetto contro i contatti diretti e indiretti e l'accesso agli organi di sezionamento, comando, regolazione, ecc., mediante portelli provvisti di chiave o attrezzo equivalente, deve essere valutato in funzione delle specifiche esigenze.

##### *Quadri locali tecnologici*

I quadri locali tecnologici devono essere installati a valle del quadro generale o dei quadri secondari di distribuzione. Provvedono alla protezione, sezionamento, comando e controllo dei circuiti utilizzatori previsti all'interno delle centrali tecnologiche, compresi eventuali quadri speciali di comando, controllo e regolazione dei macchinari installati al loro interno.

Gli involucri e i gradi di protezione (ip 40, ip 44, ip 55) di questi quadri elettrici devono essere scelti in relazione alle caratteristiche ambientali presenti all'interno delle singole centrali.

Negli ambienti in cui è impedito l'accesso alle persone non autorizzate, non è necessario, anche se consigliabile, disporre di portelli con chiusura a chiave per l'accesso ai comandi.

##### *Quadri speciali (sale operatorie, centrale di condizionamento, centrale termica, ecc.)*

Si definiscono *quadri speciali* quelli previsti in determinati ambienti, atti a contenere apparecchiature di sezionamento, comando, controllo, segnalazione, regolazione di circuiti finalizzati a un utilizzo particolare e determinato, come ad esempio per l'alimentazione degli apparecchi elettromedicali di una sala operatoria, o per la gestione di apparecchiature necessarie alla produzione, distribuzione e controllo della climatizzazione di un complesso edilizio (riscaldamento e condizionamento).

Gli involucri e i gradi di protezione (ip 40, ip 44, ip 55) di questi quadri elettrici devono essere scelti in relazione alle caratteristiche ambientali previste nei singoli ambienti di installazione ed essere provvisti di portelli con chiusura a chiave se non installati in ambienti accessibili solo a personale addestrato.

### 53.6.3 Grado di protezione degli involucri

Il grado di protezione (ip 20, ip 40, ip 44, ip 55) degli involucri dei quadri elettrici è da scegliersi in funzione delle condizioni ambientali alle quali il quadro deve essere sottoposto. La classificazione è regolata dalla norma **CEI en 60529 (CEI 70-1)**, che identifica, nella prima cifra, la protezione contro l'ingresso di corpi solidi estranei e, nella seconda, la protezione contro l'ingresso di liquidi.

I gradi di protezione più comuni sono: ip 20; ip 30; ip 40; ip 44; ip 55. In ogni caso, il grado di protezione per le superfici superiori orizzontali accessibili non deve essere inferiore a ip4x o ipxxd.

### 53.6.4 Allacciamento delle linee e dei circuiti di alimentazione

I cavi e le sbarre in entrata e uscita dal quadro possono attestarsi direttamente sui morsetti degli interruttori. È comunque preferibile, nei quadri elettrici con notevole sviluppo di circuiti, disporre all'interno del quadro stesso apposite morsettiere per facilitarne l'allacciamento e l'individuazione.

Le morsettiere possono essere a elementi componibili o in struttura in monoblocco.

### 53.6.5 Caratteristiche degli armadi e dei contenitori per quadri elettrici

I quadri elettrici di distribuzione devono essere conformi alle norme **CEI en 60439-1**, **CEI en 60439-3** e **CEI 23-51**.

Possono essere costituiti da un contenitore in materiale isolante, metallico o composto.

I quadri devono rispettare le seguenti dimensioni minime:

a) quadri di distribuzione di piano:

- larghezza: ..... cm; - altezza: ..... cm; - profondità: ..... cm.

b) quadri per ambienti speciali:

- larghezza: ..... cm; - altezza: ..... cm; - profondità: ..... cm.

Il portello deve essere del tipo ..... (non trasparente, trasparente) con apertura ..... (a mezzo chiave). Le eventuali maniglie dovranno essere in materiale isolante.

Sui pannelli frontali dovranno essere riportate tutte le scritte necessarie a individuare chiaramente i vari apparecchi di comando, manovra, segnalazione, ecc.

I contenitori in lamiera di acciaio devono avere lo spessore non inferiore a 1,2 mm e devono essere saldati e accuratamente verniciati a forno internamente ed esternamente con smalti a base di resine epossidiche, previo trattamento preventivo antiruggine. Per consentire l'ingresso dei cavi, il contenitore sarà dotato, sui lati inferiore e superiore, di aperture chiuse con coperchio fissato con viti o di fori pretranciati.

Tutte le parti metalliche del quadro dovranno essere collegate a terra. Il collegamento di quelle mobili o asportabili sarà eseguito con cavo flessibile di colore giallo-verde o con treccia di rame stagnato di sezione non inferiore a 16 mm<sup>2</sup>, muniti alle estremità di capicorda a compressione a occhiello.

Le canalette dovranno essere fissate al pannello di fondo mediante viti autofilettanti o con dado o con rivetti. Non è ammesso l'impiego di canalette autoadesive.

### 53.6.6 Targhe

Ogni quadro elettrico deve essere munito di un'apposita targa, nella quale sia riportato almeno il nome o il marchio di fabbrica del costruttore e un identificatore (numero o tipo) che permetta di ottenere dal costruttore tutte le informazioni indispensabili in lingua italiana.

I quadri elettrici impiegati dall'appaltatore devono avere la marcatura ce.

### 53.6.7 Identificazioni

Ogni quadro elettrico deve essere munito di un proprio schema elettrico nel quale sia possibile identificare i singoli circuiti e i dispositivi di protezione e comando, in funzione del tipo di quadro, nonché le caratteristiche previste dalle relative norme.

Ogni apparecchiatura di sezionamento, comando e protezione dei circuiti deve essere munita di targhetta indicatrice del circuito alimentato con la stessa dicitura di quella riportata sugli schemi elettrici.

### 53.6.8 Predisposizione per ampliamenti futuri

Le dimensioni dei quadri dovranno essere tali da consentire l'installazione di un numero di eventuali apparecchi futuri pari ad almeno il 20% di quelli previsti o installati.

## 53.7 Cassette di derivazione

Le cassette di derivazione devono essere di dimensioni idonee all'impiego e possono essere in materiale isolante o metallico. La tipologia deve essere idonea a essere installata a parete o a incasso (pareti piene o a sandwich o con intercapedine), con caratteristiche che consentano la planarità e il parallelismo.

Tutte le cassette di derivazione da parete dovranno essere in pvc pesante con grado di protezione di almeno ip 40 (per

i modelli a parete), con nervature e fori pre-tranciati per l'inserzione delle tubazioni, completi di coperchi con idoneo fissaggio e ricoprenti abbondantemente il giunto-muratura.

Le dimensioni delle cassette di derivazione da parete sono le seguenti:

- larghezza: ..... cm; - altezza: ..... cm; - profondità: ..... cm.

Le dimensioni delle cassette di derivazione da incasso sono le seguenti:

- larghezza: ..... cm; - altezza: ..... cm; - profondità: ..... cm.

Le cassette devono essere in grado di potere contenere i morsetti di giunzione e di derivazione previsti dalle norme vigenti. Lo spazio occupato dai morsetti utilizzati non deve essere superiore al 70% del massimo disponibile.

Le cassette destinate a contenere circuiti appartenenti a sistemi diversi devono essere dotate di opportUNIseparatori.

I coperchi delle cassette devono essere rimossi solo con attrezzo. Sono esclusi i coperchi con chiusura a pressione, per la cui rimozione si debba applicare una forza normalizzata.

Norma di riferimento

**CEI 23-48.**

### 53.8 Giunzioni e morsetti

Le giunzioni e le derivazioni devono essere effettuate solo ed esclusivamente all'interno di quadri elettrici, cassette di derivazione o di canali e passerelle, a mezzo di apposite morsettiere e morsetti.

I morsetti componibili su guida devono rispettare le norme **en 50022** e **en 50035**.

I morsetti di derivazione volanti possono essere:

- a vite; - senza vite; - a cappuccio; - a perforazione di isolante.

Norme di riferimento

**CEI en 60947-7-1;CEI en 60998-1;CEI en 60998-2-2;CEI en 60998-2-3;CEI en 60998-2-4.**

### 53.9 Supporto, frutto e placca

Tutti i supporti portafrutti dovranno essere in resina e presentare caratteristiche meccaniche tali da resistere alle sollecitazioni dell'uso normale. Dovranno permettere il fissaggio rapido dei frutti senza vite e facile rimozione con attrezzo, nonché il fissaggio delle placche a pressione con o senza viti, e consentire eventuali compensazioni con i rivestimenti della parete.

I supporti dovranno prevedere l'alloggiamento da due a più moduli.

I frutti devono possedere le seguenti caratteristiche:

- comando: sistemi luminosi o indicazioni fluorescenti per soddisfare le esigenze del **D.P.R. n. 503/1996** e **D.M. n. 236/1989**) e le norme **CEI 23-9** e **CEI en 60669-1**;

- interruttori UNIE bipolari, deviatori e invertitori, con corrente nominale non inferiore a 10A;

- pulsanti e pulsanti a tirante con corrente nominale non inferiore a 2A (**CEI en 60669-2-1**) e infrarosso passivo (ir);

- controllo: regolatori di intensità luminosa (**CEI en 60669-2-1**);

- prese di corrente: 2P+T, 10A – tipo P11; 2P+T, 16A – tipo P17, P17/11, P30 (**CEI 23-16** o **CEI 23-50**);

- protezione contro le sovracorrenti: interruttori automatici magnetotermici con caratteristica C da 6A, 10A, 16A e potere di interruzione non inferiore a 1500A (**CEI en 60898**);

- segnalazioni ottiche e acustiche: spie luminose, suonerie e ronzatori;

- prese di segnale: per trasmissione dati Rj45, tv terrestre e satellitare (**CEI en 50083-4**), prese telefoniche (**CEI en 60603-7**).

Gli apparecchi complementari devono presentare le seguenti caratteristiche:

- comando: .....

- prese di corrente: .....

- prese per trasmissione dati: .....

- allarmi: .....

- ricezione: .....

- controllo: .....

- interruttori differenziali: .....

### 53.9.1 Impianto di terra

L'impianto di terra deve essere composto dai seguenti elementi:

- dispersori;- conduttori di terra;- collettore o nodo principale di terra;- conduttori di protezione;- conduttori equipotenziali.

L'impianto di messa a terra deve essere opportunamente coordinato con dispositivi di protezione (nel sistema tt sempre con interruttori differenziali) posti a monte dell'impianto elettrico, atti a interrompere tempestivamente l'alimentazione elettrica del circuito guasto in caso di eccessiva tensione di contatto.

L'impianto deve essere realizzato in modo da poter effettuare le verifiche e le misure periodiche necessarie a valutarne il grado d'efficienza.

*Impianti a tensione nominale = 1000 V corrente alternata*

L'impianto di messa a terra deve essere realizzato secondo la norma **CEI 64-8**, tenendo conto delle raccomandazioni della *Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario (CEI 64-12)*.

In ogni impianto utilizzatore deve essere realizzato un impianto di terra unico.

All'impianto devono essere collegate tutte le masse, le masse estranee esistenti nell'area dell'impianto utilizzatore, nonché la terra di protezione e di funzionamento dei circuiti e degli apparecchi utilizzatori (ove esistenti, il centro stella dei trasformatori, l'impianto contro i fulmini, ecc.).

L'esecuzione dell'impianto di terra va correttamente programmata nelle varie fasi dei lavori e con le dovute caratteristiche. Infatti, alcune parti dell'impianto di terra, tra cui il dispersore, possono essere installate correttamente solo durante le prime fasi della costruzione, con l'utilizzazione degli elementi di fatto (ferri delle strutture in cemento armato, tubazioni metalliche, ecc.).

*Impianti a tensione nominale > 1000 V corrente alternata*

Per quanto riguarda questi impianti, la norma di riferimento è la **CEI 11-1**.

*Elementi dell'impianto di terra*

*Dispersore*

Il dispersore è il componente dell'impianto che serve per disperdere le correnti verso terra ed è generalmente costituito da elementi metallici quali tondi, profilati, tubi, nastri, corde, piastre aventi dimensioni e caratteristiche in riferimento alla norma **CEI 64-8**.

È economicamente conveniente e tecnicamente consigliato utilizzare come dispersori i ferri delle armature nel calcestruzzo a contatto del terreno.

Nel caso di utilizzo di dispersori intenzionali, affinché il valore della resistenza di terra rimanga costante nel tempo, si deve porre la massima cura all'installazione e alla profondità del dispersore da installarsi preferibilmente all'esterno del perimetro dell'edificio.

Le giunzioni fra i diversi elementi dei dispersori e fra il dispersore e il conduttore di terra devono essere effettuate con morsetti a pressione, saldatura alluminotermica, saldatura forte o autogena o con robusti morsetti o manicotti, purché assicurino un contatto equivalente.

Le giunzioni devono essere protette contro la corrosione, specialmente in presenza di terreni particolarmente aggressivi.

*Conduttore di terra*

Il conduttore di terra è il conduttore che collega il dispersore al collettore (o nodo) principale di terra oppure i dispersori tra loro; generalmente, è costituito da conduttori di rame (o equivalente) o ferro.

I conduttori parzialmente interrati e non isolati dal terreno devono essere considerati come dispersori per la parte interrata e conduttori di terra per la parte non interrata o isolata dal terreno. Il conduttore di terra deve essere affidabile nel tempo, resistente e adatto all'impiego. Possono essere impiegati corde, piattine o elementi strutturali metallici inamovibili. Le sezioni minime del conduttore di terra sono riassunte nella tabella 55.1.

**Tabella 55.1 - Sezioni minime del conduttore di terra**

Caratteristiche di posa del conduttore	Sezione minima (mm <sup>2</sup> )
Protetto contro la corrosione (ad esempio, con una guaina) ma non meccanicamente	16 (rame) 16 (ferro zincato)
Non protetto contro la corrosione	25 (rame) 50 (ferro zincato)

*Collettore (o nodo) principale di terra*

In ogni impianto deve essere previsto (solitamente nel locale cabina di trasformazione, nel locale contatori o nel quadro generale) in posizione accessibile (per effettuare le verifiche e le misure) almeno un collettore (o nodo) principale

di terra.

A tale collettore devono essere collegati:

- il conduttore di terra;- i conduttori di protezione;- i conduttori equipotenziali principali;- l'eventuale conduttore di messa a terra di un punto del sistema (in genere il neutro);- le masse dell'impianto mt.

Ogni conduttore deve avere un proprio morsetto opportunamente segnalato e, per consentire l'effettuazione delle verifiche e delle misure, deve essere prevista la possibilità di scollegare, solo mediante attrezzo, i singoli conduttori che confluiscono nel collettore principale di terra.

#### *Conduttori di protezione*

Il conduttore di protezione parte del collettore di terra collega in ogni impianto e deve essere collegato a tutte le prese a spina (destinate ad alimentare utilizzatori per i quali è prevista la protezione contro i contatti indiretti mediante messa a terra). Può anche essere collegato direttamente alle masse di tutti gli apparecchi da proteggere, compresi gli apparecchi di illuminazione con parti metalliche comunque accessibili. È vietato l'impiego di conduttori di protezione non protetti meccanicamente con sezione inferiore a  $4 \text{ mm}^2$ . Nei sistemi tt (cioè nei sistemi in cui le masse sono collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema elettrico), il conduttore di neutro non può essere utilizzato come conduttore di protezione.

La sezione dei conduttori di terra e di protezione, cioè dei conduttori che collegano all'impianto di terra le parti da proteggere contro i contatti indiretti, non deve essere inferiore a quella indicata nella tabella 55.2, tratta dalle norme **CEI 64-8**.

**Tabella 55.2. Sezione minima del conduttore di protezione (CEI 64-8)**

<b>Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio (<math>\text{mm}^2</math>)</b>	<b>Conduttore di protezione appartenente allo stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase (<math>\text{mm}^2</math>)</b>	<b>Conduttore di protezione non appartenente allo stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase (<math>\text{mm}^2</math>)</b>
Minore o uguale a 16 Uguale a 35	16	16
Maggiore di 35	Metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme	Metà della sezione del conduttore di fase; nei cavi multipolari, la sezione specificata dalle rispettive norme

#### *Conduttori di equipotenziale*

Il conduttore equipotenziale ha lo scopo di assicurare l'equipotenzialità fra le masse e/o le masse estranee ovvero le parti conduttrici non facenti parte dell'impianto elettrico e suscettibili di introdurre il potenziale di terra (norma **CEI 64-8/5**).

L'appaltatore deve curare il coordinamento per la realizzazione dei collegamenti equipotenziali, richiesti per tubazioni metalliche o per altre masse estranee all'impianto elettrico che fanno parte della costruzione. È opportuno che vengano assegnate le competenze di esecuzione.

Si raccomanda una particolare cura nella valutazione dei problemi d'interferenza tra i vari impianti tecnologici interrati ai fini della limitazione delle correnti vaganti, potenziali cause di fenomeni corrosivi. Si raccomanda, infine, la misurazione della resistività del terreno.

#### *Pozzetti*

Tutti i pozzetti dovranno essere in pvc e muniti di chiusino in pvc pesante nervato.

#### *Prescrizioni particolari per locali da bagno. Divisione in zone e apparecchi ammessi*

Si premette che la norma **CEI 64-8**, alla parte 7: ambienti particolari, art. 701 (locali contenenti bagni e docce), classifica l'ambiente bagno in quattro zone di pericolosità in ordine decrescente:

- zona 0;- zona 1;- zona 2;- zona 3.Zona 0

È il volume della vasca o del piatto doccia. Entro tale volume non sono ammessi apparecchi elettrici, come scaldacqua a immersione, illuminazioni sommerse o simili.

#### *Zona 1*

È il volume al di sopra della vasca da bagno o del piatto doccia fino all'altezza di 2,25 m dal pavimento. In tale volume sono ammessi lo scaldabagno (del tipo fisso, con la massa collegata al conduttore di protezione) o altri apparecchi utilizzatori fissi, purché alimentati a tensione non superiore a 25 V, cioè con la tensione ulteriormente ridotta rispetto al limite normale della bassissima tensione di sicurezza, che corrisponde a 50 V.

#### *Zona 2*

È il volume che circonda la vasca da bagno o il piatto doccia, largo 60 cm e fino all'altezza di 2,25 m dal pavimento.

Sono ammessi, oltre allo scaldabagno e agli altri apparecchi alimentati a non più di 25 V, anche gli apparecchi illuminati dotati di doppio isolamento (classe II).

### Zona 3

È il volume al di fuori della zona 2, della larghezza di 2,40 m (e quindi 3 m oltre la vasca o la doccia). Sono ammessi componenti dell'impianto elettrico protetti contro la caduta verticale di gocce di acqua (grado di protezione ip1) – come nel caso dell'ordinario materiale elettrico da incasso – quando installati verticalmente, oppure ip5 quando è previsto l'uso di getti d'acqua per la pulizia del locale. Inoltre, l'alimentazione delle prese a spina deve soddisfare una delle seguenti condizioni:

- bassissima tensione di sicurezza con limite 50 V (bts). Le parti attive del circuito bts devono, comunque, essere protette contro i contatti diretti;
- trasformatore di isolamento per ogni singola presa a spina;- interruttore differenziale ad alta sensibilità, con corrente differenziale non superiore a 30 mA.

Gli apparecchi installati nelle zone 1 e 2 devono essere protetti contro gli spruzzi d'acqua (grado di protezione ip4).

Sia nella zona 1 sia nella zona 2 non devono esserci materiali di installazione come interruttori, prese a spina o scatole di derivazione. Possono essere installati soltanto pulsanti a tirante con cordone isolante e frutto incassato ad altezza superiore a 2,25 m dal pavimento.

Le condutture devono essere limitate a quelle necessarie per l'alimentazione degli apparecchi installati in queste zone e devono essere incassate con tubo protettivo non metallico. Gli eventuali tratti in vista necessari per il collegamento con gli apparecchi utilizzatori (ad esempio, con lo scaldabagno) devono essere protetti con tubo di plastica o realizzati con cavo munito di guaina isolante.

Le regole enunciate per le varie zone in cui sono suddivisi i locali da bagno servono a limitare i pericoli provenienti dall'impianto elettrico del bagno stesso e sono da considerarsi integrative rispetto alle regole e prescrizioni comUNia tutto l'impianto elettrico (isolamento delle parti attive, collegamento delle masse al conduttore di protezione, ecc.).

#### *Collegamenti equipotenziali nei locali da bagno*

Nelle zone 1, 2 e 3 così come definite al paragrafo precedente, onde evitare tensioni pericolose provenienti dall'esterno del locale da bagno, deve mettersi in opera un conduttore equipotenziale che colleghi fra di loro tutte le masse estranee con il conduttore di protezione all'ingresso dei locali da bagno.

Le giunzioni devono essere realizzate conformemente a quanto prescritto dalla norma **CEI 64-8**. In particolare, devono essere protette contro eventuali allentamenti o corrosioni ed essere impiegate fascette che stringono il metallo vivo. Il collegamento equipotenziale deve raggiungere il più vicino conduttore di protezione.

È vietata l'inserzione di interruttori o di fusibili sui conduttori di protezione.

Per i conduttori si devono rispettare le seguenti sezioni minime:

- $2,5 \text{ mm}^2$  (rame) per i collegamenti protetti meccanicamente, cioè posati entro tubi o sotto intonaco;
- $4 \text{ mm}^2$  (rame) per i collegamenti non protetti meccanicamente e fissati direttamente a parete.

Il collegamento equipotenziale non va eseguito su tubazioni di scarico in pvc o in gres.

#### *Altre prescrizioni per i locali da bagno*

Per i locali da bagno devono tenersi distinti i due circuiti di illuminazione e prese.

La protezione delle prese del bagno con interruttore differenziale ad alta sensibilità può essere affidata all'interruttore differenziale generale, purché questo sia del tipo ad alta sensibilità, o a un interruttore differenziale locale, che può servire anche per diversi bagni attigui.

Per le condutture elettriche possono essere usati cavi isolati in pvc tipo h07v (ex ur/3) in tubo di plastica incassato a parete o nel pavimento.

Per il collegamento dello scaldabagno, il tubo, di tipo flessibile, deve essere prolungato per coprire il tratto esterno oppure deve essere usato un cavetto tripolare con guaina (fase + neutro + conduttore di protezione) per tutto il tratto che va dall'interruttore allo scaldabagno, uscendo, senza morsetti, da una scatoletta passa-cordone.

#### *Protezioni contro i contatti diretti in ambienti pericolosi*

Negli ambienti in cui il pericolo di elettrocuzione è maggiore sia per particolari utilizzatori elettrici usati sia per determinate condizioni ambientali di umidità (si pensi a cantine, garage, portici, giardini, ecc.), le prese a spina devono essere alimentate come prescritto per la zona 3 dei bagni.

#### *Coordinamento dell'impianto di terra con dispositivi di interruzione*

Una volta realizzato l'impianto di messa a terra, la protezione contro i contatti indiretti può essere realizzata con uno dei seguenti sistemi:

- coordinamento fra impianto di messa a terra e protezione di massima corrente: se l'impianto comprende più deriva-

zioni protette da dispositivi con correnti di intervento diverse, deve essere considerata la corrente di intervento più elevata;

- coordinamento di impianto di messa a terra e interruttori differenziali: questo tipo di protezione richiede l'installazione di un impianto di terra coordinato con un interruttore con relè differenziale che assicuri l'apertura dei circuiti da proteggere non appena eventuali correnti di guasto creino situazioni di pericolo.

### 53.10 Impianto di protezione contro le scariche atmosferiche

#### 53.10.1 Generalità

Le misure di protezione contro le scariche atmosferiche più idonee devono essere conformi alle prescrizioni della norma **CEI 81-1**. Le norme **CEI 81-1** prevedono quattro livelli di protezione (tabella 55.3).

**Tabella 55.3. Livelli di protezione contro le scariche atmosferiche**

Livello di protezione	Efficienza
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

#### 53.10.2 Composizione dell'impianto

In generale, l'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche si compone dei seguenti elementi:

- impianto di protezione contro le fulminazioni dirette (impianto base), costituito dagli elementi normali e naturali atti alla captazione, all'adduzione e alla dispersione nel suolo della corrente del fulmine (organo di captazione, calate, dispersore);
- impianto di protezione contro le fulminazioni indirette (impianto integrativo) costituito da tutti i dispositivi (quali connessioni metalliche e limitatori di tensione) atti a contrastare gli effetti (quali, ad esempio, tensione totale di terra, tensione di passo, tensione di contatto, tensione indotta, sovratensione sulle linee) associati al passaggio della corrente di fulmine nell'impianto di protezione o nelle strutture e masse estranee ad esso adiacenti.

#### 53.10.3 Captatori

Il captatore può essere composto dalla combinazione di aste, fUNe e maglie. Il posizionamento dei captatori secondo il metodo dell'angolo di protezione (indicato per gli edifici di forma regolare) o il metodo della sfera rotolante (indicato per gli edifici di forma complessa) deve essere conforme al punto 2.2.2 della norma **CEI 81-1** e in particolare dell'appendice B. La protezione delle superfici piane dovrà essere attuata con il metodo della maglia.

Il punto 2.2.3 della norma stabilisce che, ai fini della protezione, possono essere utilizzati come captatori naturali le seguenti parti della struttura, secondo le prescrizioni dell'art. 2.1.3 della citata norma **CEI 81-1**:

- coperture metalliche dei tetti;
- componenti metalliche costruttive di tetti (capriate metalliche, ferri di armatura elettricamente continui, ecc.), al di sotto di una copertura non metallica, purché quest'ultima parte possa essere esclusa dalla struttura da proteggere;
- parti metalliche come gronde, ornamenti, ringhiere, ecc., la cui sezione trasversale non sia inferiore a quella specificata per i captatori normali;
- tubazioni e serbatoi metallici, costruiti in materiale di non meno di 2,5 mm di spessore, purché non si crei una situazione pericolosa o altrimenti inaccettabile qualora essi vengano perforati;
- tubazioni e serbatoi metallici.

Le lastre e le tubazioni metalliche devono possedere lo spessore minimo in funzione del materiale (Fe, Cu, Al) indicato nella tabella 4 della norma CEI 81-1.

#### 53.10.4 Sistemi di protezione lps

I sistemi di protezione contro i fulmini vengono definiti lps (*Lighting Protection of Structures*) e si dividono in:

- lps esterno;- lps interno.

lps esterno

L'impianto interno deve essenzialmente essere costituito da:

- collegamenti equipotenziali di tutti i corpi metallici esterni e interni;- collegamenti equipotenziali, tramite limitatori di tensione, di tutti gli impianti esterni e interni;- isolamenti o distanziamenti.

L'impianto esterno è principalmente costituito da captatori ad asta o a maglia. La loro funzione è quella di creare un volume protetto, ovvero una zona che non può essere colpita da fulmini.

I captatori ad asta consistono nel posizionare una o più aste metalliche in uno o più punti, sulla sommità dell'edificio con ridotto sviluppo orizzontale.

I captatori a maglia consistono nel creare una gabbia metallica intorno all'edificio, tramite piattine o tondi in ferro o in rame, per proteggerlo completamente. I percorsi devono essere preferibilmente rettilinei e i cambi di direzione devono avvenire senza spigoli o curve a piccolo raggio.

Ips interno

L'impianto esterno deve essenzialmente essere costituito da:

- organi di captazione (normali o naturali);- organi di discesa (calate) (normali o naturali);- dispersore di tipo A o B (normali o naturali);- collegamenti diretti o tramite spd agli impianti esterni e interni e ai corpi metallici esterni e interni.

#### 53.10.5 Verifiche e dichiarazione di conformità

Dopo l'ultimazione, l'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche deve essere verificato per accertare che:

- l'ips sia conforme al progetto; - tutti i componenti dell'ips siano in buone condizioni; - tutte le strutture aggiunte dopo siano comprese nella struttura protetta con ampliamenti dell'ips.

L'impianto deve essere soggetto a manutenzione periodica, come disposto dalla norma **CEI 81-1**.

L'appaltatore, al termine dei lavori, dovrà rilasciare la prescritta dichiarazione di conformità dell'impianto secondo le disposizioni del **D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462** – *Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi*.

Secondo l'art. 2 del citato decreto, la messa in esercizio degli impianti elettrici di messa a terra e dei dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche non può essere effettuata prima della verifica eseguita dall'installatore, che deve rilasciare la dichiarazione di conformità ai sensi della normativa vigente. La dichiarazione di conformità equivale a tutti gli effetti a omologazione dell'impianto.

Entro 30 giorni dalla messa in esercizio dell'impianto, il datore di lavoro deve inviare la dichiarazione di conformità all'ispesl e all'asl o all'arpa territorialmente competenti.

Il datore di lavoro è tenuto a effettuare regolari manutenzioni dell'impianto, secondo le indicazioni del piano di manutenzione dell'opera, nonché a far sottoporre lo stesso a verifica periodica ogni cinque anni, a esclusione di quelli installati in cantieri, in locali adibiti a uso medico e negli ambienti a maggior rischio in caso di incendio, per i quali la periodicità è biennale.

Per l'effettuazione della verifica, il datore di lavoro deve rivolgersi all'asl, all'arpa o a eventuali organismi individuati dal Ministero delle attività produttive, sulla base di criteri stabiliti dalla normativa tecnica europea UNICEI.

Il soggetto che ha eseguito la verifica periodica deve rilasciare il relativo verbale al datore di lavoro, che deve conservarlo ed esibirlo a richiesta degli organi di vigilanza.

Le verifiche suddette saranno a totale carico del datore di lavoro.

Le verifiche straordinarie da parte del datore di lavoro dovranno essere, comunque, effettuate nei casi di:

- esito negativo della verifica periodica; - modifica sostanziale dell'impianto; - richiesta del datore del lavoro.

Il datore di lavoro ha l'obbligo di comunicare tempestivamente all'ufficio competente per territorio dell'ispesl e alle arpa o alle arpa competenti per territorio, la cessazione dell'esercizio, le modifiche sostanziali preponderanti e il trasferimento o spostamento degli impianti.

#### 53.10.6 Norme di riferimento

**CEI 81-1** – *Protezione di strutture contro i fulmini;*

**CEI 81-3** – *Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei ComUNId'Italia, in ordine alfabetico;*

**CEI 81-4** – *Protezione delle strutture contro i fulmini. Valutazione del rischio dovuto al fulmine;*

**CEI 81-5** – *Componenti per la protezione contro i fulmini (lpc);*

**CEI 81-6** – *Protezione delle strutture contro i fulmini. Linee di telecomunicazione;*

**CEI 81-7** – *Prescrizioni relative alla resistibilità per le apparecchiature che hanno un terminale per telecomunicazioni;*

**CEI 81-8** – *Guida d'applicazione all'utilizzo di limitatori di sovratensioni sugli impianti elettrici utilizzatori di bassa tensione.*

#### 53.11 Protezione contro i contatti diretti e indiretti

Le misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti devono rispettare la norma **CEI 64-8**.

La protezione può essere attuata con i seguenti accorgimenti:

- protezione mediante bassissima tensione di sicurezza e di protezione (sistemi selv e pelv);- protezione mediante bassissima tensione di protezione funzionale (sistemi felv);- protezione totale;- protezione parziale;- protezione addizionale;- protezione con impiego di componenti di classe II o con isolamento equivalente;- protezione per separazione elettrica;- protezione per mezzo di locali isolanti;- protezione per mezzo di locali resi equipotenziali non connessi a terra;- protezione contro i contatti indiretti nei sistemi di I categoria senza propria cabina di trasformazione (sistema tt);- protezione con interruzione automatica del circuito;- protezione contro i contatti indiretti nei sistemi di I categoria con propria cabina di trasformazione (sistema tn).

#### 53.12 *Protezione delle condutture elettriche contro le sovracorrenti e i cortocircuiti*

La protezione delle condutture elettriche contro le sovracorrenti deve essere effettuata in ottemperanza alle prescrizioni della norma **CEI 64-8**.

I conduttori che costituiscono gli impianti devono essere protetti contro le sovracorrenti causate da sovraccarichi o da cortocircuiti. La protezione contro i sovraccarichi può essere prevista:

- all'inizio della conduttura;- alla fine della conduttura;- in un punto qualsiasi della conduttura.

Nei luoghi a maggior rischio in caso d'incendio e nei luoghi con pericolo d'esplosione, le protezioni contro i sovraccarichi devono essere installate all'inizio della conduttura.

La protezione contro i corto circuiti deve essere sempre prevista all'inizio della conduttura.

Sono ammessi 3 m di distanza dall'origine della conduttura, purché il tratto non protetto soddisfi contemporaneamente le due condizioni seguenti (con esclusione degli impianti nei luoghi a maggior rischio in caso di incendio o con pericolo di esplosione):

- venga realizzato in modo da ridurre al minimo il pericolo di corto circuito;- venga realizzato in modo che, anche in caso di corto circuito, sia ridotto al minimo il pericolo di incendio o di danno per le persone.

È possibile non prevedere la protezione contro i corto circuiti per i circuiti la cui interruzione improvvisa può dar luogo a pericoli (per esempio per talUNIcircuiti di misura e per le condutture che collegano batterie di accumulatori, generatori, trasformatori e raddrizzatori con i rispettivi quadri, quando i dispositivi di protezione sono posti su questi quadri).

In tali casi, bisogna verificare che il pericolo di cortocircuito sia minimo e che le condutture non siano in vicinanza di materiali combustibili.

### Art. 54 **Verifiche dell'impianto elettrico**

#### 54.1 *Generalità*

Le verifiche dell'impianto elettrico devono essere eseguite dal direttore dei lavori, secondo le indicazioni del capitolo 61 della norma **CEI 64-8**:

- art. 611: esame a vista;- art. 612: prove.

In linea, generale le operazioni di verifica di un impianto elettrico possono così articolarsi:

- esame a vista;- rilievi strumentali;- calcoli di controllo.

Le verifiche devono essere eseguite anche nei casi di trasformazioni, ampliamenti e/o interventi che hanno alterato le caratteristiche originarie dell'impianto elettrico.

#### 54.2 *Esame a vista*

L'esame a vista (norma **CEI 64-8**), eseguito con l'impianto fuori tensione, ha lo scopo di accertare la corretta esecuzione dell'impianto prima della prova. L'esame a vista dell'impianto elettrico è condotto sulla base del progetto e ha lo scopo di verificare che gli impianti siano realizzati nel rispetto delle prescrizioni delle norme vigenti. L'esame può essere eseguito sia durante la realizzazione dell'impianto sia alla fine dei lavori.

L'esame a vista dell'impianto elettrico comprende i seguenti controlli, relativi a:

- analisi del progetto;- verifica qualitativa dei componenti dell'impianto;- verifica quantitativa dei componenti dell'impianto;- controllo della sfilabilità dei cavi e delle dimensioni dei tubi e dei condotti;- verifica dell'idoneità delle connessioni dei conduttori;- verifica dei tracciati per le condutture incassate;- verifica dei gradi di protezione degli involucri;- controllo preliminare dei collegamenti a terra;- controllo dei provvedimenti di sicurezza nei servizi igienici;- controllo dell'idoneità e della funzionalità dei quadri elettrici;- controllo dell'idoneità, funzionalità e sicurezza degli impianti ausiliari;- controllo delle sezioni minime dei conduttori e dei colori distintivi;- verifica per gli apparecchi per il comando e l'arresto di emergenza;- presenza e corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e di comando.

##### 54.2.1 *Verifica qualitativa e quantitativa*

La verifica qualitativa e quantitativa dei componenti dell'impianto elettrico ha lo scopo di verificare:

- che la rispondenza qualitativa dei materiali e delle apparecchiature impiegate rispettino le prescrizioni del capitolato speciale d'appalto e i dati di progetto, accertando la consistenza quantitativa e il funzionamento;

- la conformità delle indicazioni riportate negli schemi e nei piani d'installazione, individuando l'ubicazione dei principali componenti, la conformità delle linee di distribuzione agli schemi, la conformità dei punti di utilizzazione ai piani d'installazione, l'univocità d'indicazione tra schemi e segnaletica applicata in loco;
- la compatibilità con l'ambiente, accertando che tutti i componenti elettrici siano stati scelti e collocati tenendo conto delle specifiche caratteristiche dell'ambiente e siano tali da non provocare effetti nocivi sugli altri elementi esistenti nell'ambiente;
- l'accessibilità, che deve essere agevole per tutti i componenti con pannelli di comando, misura e segnalazione manovra, e possibile (eventualmente con facili operazioni di rimozione di ostacoli) per i componenti suscettibili di controlli periodici o di interventi manutentivi (scatole, cassette, pozzetti di giunzione o connessione, ecc.).

L'accertamento della garanzia di conformità è data dal marchio imq (marchio italiano di qualità) o da altri marchi equivalenti. In caso contrario, l'impresa deve fornire apposita certificazione.

#### 54.2.2 Verifica della sfilabilità dei cavi e controllo delle dimensioni dei tubi e dei condotti

La verifica della sfilabilità dei cavi consiste nell'estrarre un cavo dal tratto di tubo protettivo, incassato o a vista, compreso tra due cassette o scatole successive, e nell'osservare se questa operazione abbia danneggiato il cavo stesso.

L'analisi, in sintesi, deve riguardare:

- la sfilabilità:- estrazione di uno o più cavi dai condotti;- mantenimento della calibratura interna.
- la dimensione dei tubi: diametro interno maggiore o uguale a 10 mm;
- la rispondenza normativa dei tubi: verifica della rispondenza alle prescrizioni di progetto.

La verifica deve essere effettuata preferibilmente sui tratti di tubo non rettilinei e deve essere estesa a tratti di tubo per una lunghezza compresa tra l'1% e il 5% della totale lunghezza dei tubi degli impianti utilizzatori presi in esame. In caso di esito non favorevole, fermo restando l'obbligo per l'installatore di modificare gli impianti, la prova dovrà essere ripetuta su di un numero di impianti utilizzatori doppio rispetto al primo campione scelto. Qualora anche la seconda prova fornisca esito sfavorevole, la verifica della sfilabilità dovrà essere ripetuta su tutti gli impianti utilizzatori.

Il controllo deve verificare che i tubi abbiano diametro interno maggiore di 10 mm e che, in generale, sia almeno uguale a 1,3 volte il diametro circoscritto al fascio di cavi contenuti entro i tubi. Per le condutture costituite da canalette, la superficie interna della sezione retta degli alloggiamenti dei cavi elettrici deve essere almeno uguale al doppio della superficie della sezione retta dei cavi contenuti.

I tubi protettivi flessibili di materiale termoplastico a base di policloruro di vinile da collocare sotto traccia devono essere conformi alla norma **CEI 23-14 V1**.

I tubi protettivi rigidi e accessori di materiale termoplastico a base di policloruro di vinile da collocare in vista devono essere conformi alle norme **unel 37118/72** e **37117-56**.

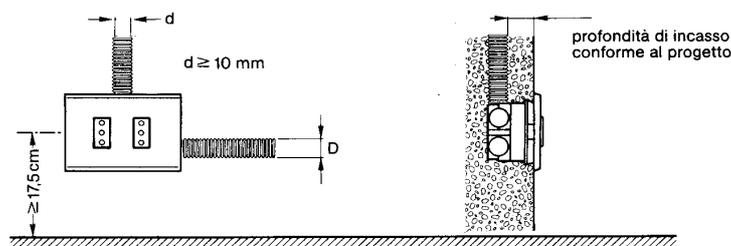
**Tabella 56.1. Dimensioni dei tubi protettivi flessibili e rigidi in pvc**

Grandezza	Tubi flessibili in pvc		Tubi rigidi in pvc	
	Diametro esterno $D$ (mm)	Diametro interno min $d$ (mm)	Diametro esterno $D$ (mm)	Diametro interno min $d$ (mm)
16	16	10,7	16	13,0
20	20	14,1	20	16,9
25	25	18,3	25	21,4
3	32	24,3	32	27,8
40	40	31,2	40	35,4
50	50	39,6	50	44,3
63	63	50,6	63	56,5

#### 54.2.3 Verifica dei tracciati per le condutture incassate

La verifica dei tracciati per le condutture incassate deve riguardare:

- tubi incassati sotto intonaco: linearità (orizzontale o verticale) dei percorsi;
- prese a parete: altezza non inferiore a 17,5 dal pavimento.



**Figura 56.1** Criteri di installazione degli impianti incassati e similari

#### 54.2.4 Verifica dei gradi di protezione degli involucri (protezioni contro i contatti diretti)

La verifica dei gradi di protezione degli involucri ha lo scopo di verificare che tutti i materiali, gli apparecchi e le macchine installati in ambienti speciali (acqua e/o polvere) abbiano grado di protezione adeguato ai fini della sicurezza, della funzionalità e della durata e/o conforme alle prescrizioni del progetto o del capitolato. Per la verifica si farà riferimento alla norme **CEI-56.8** e **CEI 70-1**. Il grado di protezione è indicato con le lettere *ip* (*International Protection*) seguite da due cifre indicanti il grado di protezione delle persone contro il contatto con gli elementi in tensione e la penetrazione dannosa dell'acqua (per esempio *ip 55*). Quando una delle due cifre è sostituita da una *x* (per esempio *ip4x* o *ipx4*), significa che il materiale garantisce soltanto un tipo di protezione. Lo 0 indica nessun grado di protezione (ad esempio, *ip20* indica l'assenza di protezione dalla penetrazione dell'acqua).

Sono esclusi dall'esame i componenti installati nei locali bagno e doccia e quelli pertinenti a impianti ad-ft per locali caldaia e simili.

I componenti con grado di protezione inferiore a *ip 20* non possono essere installati in ambienti interni ordinari accessibili a personale non addestrato. La norma CEI 70-1 stabilisce, inoltre, che i gradi di protezione superiori soddisfano i requisiti dei gradi di protezione inferiori.

Devono essere oggetto di verifica:

- componenti installati in luoghi umidi (che presentano sul pavimento, sulle pareti o sul soffitto tracce di stilibidio da condensa o da infiltrazione d'acqua): grado di protezione = *ip 21*;
- componenti installati in luoghi esposti alle intemperie ma non soggetti a spruzzi di pioggia battente con stravento > 60° dalla verticale: grado di protezione = *ip 23*;
- componenti soggetti a spruzzi, pioggia a stravento, intemperie: grado di protezione = *ip 34*;
- componenti installati in locali di lavaggio o in ambienti occasionalmente polverosi: grado di protezione = *ip 55*;
- componenti installati in locali di lavaggio o in ambienti permanentemente polverosi: grado di protezione = *ip 66*;
- componenti installati in ambienti con pericolo d'inondazione occasionale e temporanea o su terreno soggetto a poz-zanghere: grado di protezione = *ip 67*;
- materiale installato in altri ambienti speciali con temperatura elevata, vibrazioni, muffe, atmosfere corrosive, ecc.: certificazione d'idoneità rilasciata da enti autorizzati o autocertificazione del costruttore e rispondenza alle indicazioni progettuali.

#### 54.2.5 Controllo dei collegamenti a terra

Le verifiche dell'impianto di terra sono descritte nelle norme per gli impianti di messa a terra (**CEI 64-8** e **CEI 11-8**). Per gli impianti soggetti alla disciplina del D.P.R. n. 547/1955 va effettuata la denuncia degli stessi alle Aziende unità sanitarie locali (asl) a mezzo dell'apposito modulo, fornendo gli elementi richiesti e cioè i risultati delle misure della resistenza di terra.

Si devono effettuare le seguenti verifiche:

- identificazione dei conduttori di terra e di protezione (*pe*) ed equipotenziali (*eq*): ha lo scopo di accertare che l'isolante e i collari siano di colore giallo-verde. Si intende che andranno controllate sezioni, materiali e modalità di posa, nonché lo stato di conservazione sia dei conduttori stessi sia delle giunzioni. Si deve, inoltre, controllare che i conduttori di protezione assicurino il collegamento tra i conduttori di terra e il morsetto di terra degli utilizzatori fissi e il contatto di terra delle prese a spina;
- misurazione del valore di resistenza di terra dell'impianto, utilizzando un dispersore ausiliario e una sonda di tensione con appositi strumenti di misura o con il metodo voltamperometrico. La sonda di tensione e il dispersore ausiliario vanno posti a una sufficiente distanza dall'impianto di terra e tra loro. Si possono ritenere ubicati in modo corretto quando sono sistemati a una distanza dal suo contorno pari a cinque volte la dimensione massima dell'impianto stesso. Quest'ultima, nel caso di semplice dispersore a picchetto, può assumersi pari alla sua lunghezza. Una pari distanza va mantenuta tra la sonda di tensione e il dispersore ausiliario;

- collegamenti: bisogna controllare che tutte le masse (compresi gli apparecchi illuminanti), i poli di terra delle prese a spina e tutte le masse estranee presenti nell'area dell'impianto siano collegate al conduttore di protezione;
- continuità: bisogna accertarsi della continuità del conduttore di protezione e dell'assenza di dispositivi di sezionamento o di comando;
- tracciato e sezionabilità: i conduttori di protezione devono, in linea di massima, seguire il tracciato dei conduttori di fase e dipartirsi dalle scatole di derivazione per consentirne il sezionamento in caso di guasti;
- sezione del conduttore protezione-neutro (pen): il controllo a vista dei componenti del dispersore deve essere effettuato in corso d'opera. In caso contrario, è consigliabile eseguire dei sondaggi.

#### 54.2.6 Controllo dei provvedimenti di sicurezza nei servizi igienici (bagno e doccia)

Il controllo ha lo scopo di accertare l'idoneità delle misure di sicurezza contro eventuali pericoli da contatti diretti e indiretti nei locali da bagno e doccia, considerati a maggiore rischio elettrico.

Nelle varie zone dei locali igienici possono essere installate le seguenti apparecchiature:

- nella zona 0 è vietata l'installazione di qualsiasi componente elettrico;
- nella zona 1 si possono installare soltanto scaldacqua (con marchio imq) e altri utilizzatori fissi alimentati a bassissima tensione di sicurezza, con tensione nominale non superiore a 25 V e grado di protezione non inferiore a ip X4;
- nella zona 2 si possono installare, oltre agli utilizzatori possibili nella zona 1, anche apparecchi illuminanti fissi, di classe II e grado di protezione non inferiore a ip X4. Sono ammesse le sole condutture di alimentazione degli utilizzatori qui ubicati, che devono avere isolamento equivalente alla classe II in tubi non metallici ed essere incassate, salvo l'ultimo tratto, in prossimità dell'utilizzatore che deve essere il più breve possibile. Nessuna limitazione è, invece, prevista per le condutture incassate a una profondità superiore a 5 cm. Nella zona non è ammessa l'installazione di apparecchi di comando, derivazione o protezione (interruttore, prese, scatole di derivazione, ecc.). Gli infissi metallici a contatto con i ferri d'armatura delle strutture in calcestruzzo armato devono essere collegati al conduttore equipotenziale;
- nella zona 3 si può realizzare un impianto ordinario con condutture incassate in tubi non metallici aventi isolamento equivalente alla classe II. I componenti elettrici devono avere grado di protezione minimo ip X1.

Devono essere oggetto di verifica:

a) collegamenti equipotenziali delle tubazioni.

Accertamenti:

- collegamento al morsetto di terra di: - tubazione acqua calda e fredda in ingresso e/o in uscita dal locale;- tubazione gas in ingresso e/o in uscita dal locale;- tubazione termosifoni in ingresso e/o in uscita dal locale;- tubazione metallica di scarico;- masse estranee.

b) condutture equipotenziali e mezzi di connessione alle masse estranee.

Accertamenti:- sezioni =  $2,5 \text{ mm}^2$  ( $4 \text{ m}^2$  se non protette);- collari e morsetti idonei al buon collegamento;- ispezionabilità delle connessioni.

c) prese e apparecchi di comando.

Accertamenti:- ubicazione fuori dalle zone 0-1-2;- esistenza di interruttore differenziale.

d) apparecchi illuminanti.

Accertamenti:- di tipo a doppio isolamento con grado di protezione = ip X4.

e) altri apparecchi.

Accertamenti:- grado di protezione: = ip X1;- ubicazione fuori dalle zone 0-1-2.

f) scaldacqua elettrico.

Accertamenti:- rispondenza a norme CEI con marchio italiano di qualità;- collegamento breve con cavo munito di guaina se ubicato nella zona 1.

g) condutture:- scatole di derivazione fuori dalle zone 0-1-2; - linee in tubo di materiale isolante se incassate a profondità = 5 cm.

#### 54.2.7 Verifica delle condutture, cavi e connessioni

La verifica ha lo scopo di accertare che nell'esecuzione dell'impianto siano state rispettate le prescrizioni minime riguardo a:

- sezioni minime dei conduttori rispetto alle prescrizioni delle norme CEI del presente capitolato speciale d'appalto:-  $1,5 \text{ mm}^2$ : cavi unipolari isolati in pvc, posati in tubi o canalette;-  $0,5 \text{ mm}^2$ : circuiti di comando, segnalazione e simili, ecc.

– colori distintivi: - colore giallo-verde per i conduttori di protezione e di collegamento equipotenziali;- colore blu chiaro per il neutro- altri colori (marrone, nero, grigio) per i conduttori di fasi diverse.

– idoneità delle connessioni dei conduttori e degli apparecchi utilizzatori.

Devono essere verificate le dimensioni idonee dei morsetti rispetto al conduttore serrato, le scatole di derivazione e le modalità di connessione. Sono vietate le giunzioni fuori scatola o entro i tubi di protezione.

**Tabella 56.2. Caratteristiche fondamentali dei morsetti e sezioni dei conduttori serrabili (norma CEI 23-21)**

Grandezza del morsetto	Conduttori serrabili		Massima forza applicabile al conduttore in estrazione (N)
	Rigidi flessibili (mm <sup>2</sup> )	Flessibili (mm <sup>2</sup> )	
0	-	1	30
1	1,5	1,5	40
2	2,5	2,5	50
3	4	4	50
4	6	6	60
5	10	6	80
6	16	10	90
7	25	16	100
8	35	25	120

La verifica deve riguardare anche il grado di isolamento dei cavi rispetto alla tensione di esercizio.

Per le prese di corrente, incassate o sporgenti, deve essere verificato che l'asse geometrico delle spine risulti orizzontale e distante almeno 17,5 cm dal pavimento.

#### 54.2.8 Verifica dei dispositivi di sezionamento e di comando

La norma CEI 64-8 distingue quattro fondamentali funzioni dei dispositivi di sezionamento e di comando:

- sezionamento o interruzione per motivi elettrici;- interruzione per motivi non elettrici;- comando funzionale;- comando di emergenza.

La verifica dei dispositivi di sezionamento ha lo scopo di accertare la presenza e la corretta installazione dei dispositivi di sezionamento e di comando, al fine di consentire di agire in condizioni di sicurezza durante gli interventi di manutenzione elettrica sugli impianti e sulle macchine.

In questa verifica dovranno essere controllati:

- l'interruttore generale, accertando la sua presenza all'inizio di ogni attività di impianto e la sua idoneità alla funzione di sezionamento;

- gli interruttori divisionali, verificando il loro numero e la loro idoneità alla funzione di sezionamento;- gli interruttori di macchine installati in prossimità delle macchine pericolose per il pubblico e gli operatori (scale mobili, ascensori, nastri trasportatori, macchine utensili, impianti di lavaggio auto, ecc.).

La verifica dei dispositivi di comando per l'arresto di emergenza ha lo scopo di accertare la possibilità di poter agire sull'alimentazione elettrica per eliminare i pericoli dipendenti dal malfunzionamento di apparecchi, macchine o impianti.

In questa verifica devono essere controllati:

- gli interruttori d'emergenza a comando manuale, accertando la loro presenza a portata di mano nei pressi di macchine o apparecchi pericolosi;- gli apparecchi d'emergenza telecomandati.

Dovranno essere oggetto di verifica:

- interruttori, prese, quadri, scatole di derivazione, apparecchi illuminanti;- condutture;- involucri protetti;- numero dei poli degli interruttori;- interruttore generale;- impianto di messa a terra.

#### 54.2.9 Verifica del tipo e dimensionamento dei componenti dell'impianto e dell'apposizione dei contrassegni di identificazione

Bisogna verificare che tutti i componenti dei circuiti messi in opera nell'impianto utilizzatore siano del tipo adatto alle condizioni di posa e alle caratteristiche dell'ambiente, nonché correttamente dimensionati in relazione ai carichi reali in funzionamento contemporaneo o, in mancanza di questi, in relazione a quelli convenzionali.

Per cavi e conduttori si deve controllare che il dimensionamento sia fatto in base alle portate indicate nelle tabelle CEI-unel. Inoltre, occorre verificare che i componenti siano dotati dei debiti contrassegni di identificazione, ove prescritti.

#### 54.2.10 Verifica del rispetto delle prescrizioni del D.M. n. 236/1989, in merito alla collocazione ottimale dei terminali degli impianti elettrici di comando e di segnalazione

Gli apparecchi elettrici, i quadri generali, i regolatori degli impianti di riscaldamento e condizionamento, nonché i campanelli, i pulsanti di comando e i citofoni, devono essere – per tipo e posizione planimetrica e altimetrica – tali da permettere un uso agevole anche da parte della persona su sedia a ruote. Devono, inoltre, essere facilmente individuabili anche in condizioni di scarsa visibilità, mediante l'impiego di piastre o pulsanti fluorescenti, ed essere protetti dal danneggiamento per urto.

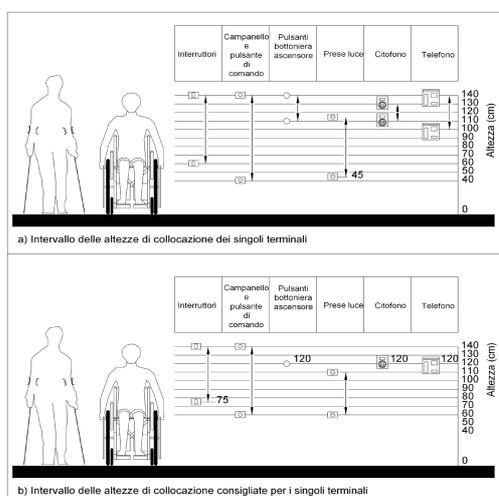
Gli interruttori, inoltre, devono essere azionabili con leggere pressioni e preferibilmente a tasto largo rispetto a quelli normali, per facilitare i portatori di handicap e i soggetti anziani.

Le indicazioni contenute nel D.M. n. 236/1989, richiamato dal D.M. n. 503/1996, consigliano che i terminali degli impianti elettrici e telefonici siano collocati a un'altezza compresa tra 40 e 140 cm dal pavimento (si veda la tabella 56.3).

**Tabella 56.3. Altezze previste e altezze consigliate per i terminali degli impianti elettrici di comando e di segnalazione**

Elemento	Altezze previste dal D.M. n. 236/1989	Altezza consigliata
Interruttori	Tra 60 cm e 140 cm	Tra 75 cm e 140 cm
Campanello e pulsante di comando	Tra 40 e 140 cm	Tra 60 cm e 140 cm
Pulsanti bottoniere ascensori	Tra 110 e 140 cm	Pulsante più alto: 120 cm
Prese luce	Tra 45 cm e 115 cm	Tra 60 cm e 110 cm
Citofono	Tra 110 cm e 130 cm	120 cm
Telefono	Tra 100 cm e 140 cm	120 cm

I terminali degli impianti elettrici, in tutti gli ambienti, devono essere collocati in una posizione facilmente percettibile visivamente e acusticamente.



**Figura 56.2 Altezze consigliate per i terminali degli impianti elettrici e telefonici**

### 54.3 Prove di verifica e controlli

Le prove consistono nell'effettuazione di misure o di altre operazioni finalizzate a verificare l'efficienza dell'impianto elettrico. La misura deve essere accertata mediante idonea strumentazione.

I controlli possono riguardare:- la prova della continuità dei conduttori di protezione, compresi i conduttori equipotenziali principali e supplementari;- la misura della resistenza di isolamento dell'impianto elettrico;- la misura della resistenza di isolamento dei pavimenti e delle pareti;- la verifica della separazione dei circuiti;- la verifica della protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione;- la prova di polarità;- la prova di tensione applicata;- le prove di funzionamento alla tensione nominale;- la verifica della protezione contro gli effetti termici;- la verifica della caduta di tensione.

#### 54.3.1 Prova della continuità dei conduttori di protezione

La prova della continuità dei conduttori di protezione (norma **CEI 64-8, art. 612.2**) consiste nell'accertare la continuità dei conduttori di protezione (pe), del neutro con funzione anche di conduttore di protezione (pen), dei collegamenti equipotenziali principali (eqp) e supplementari (eqs) e dei conduttori terra (ct).

#### 54.3.2 Prova di funzionamento alla tensione nominale

La prova di funzionamento alla tensione nominale (norma **CEI 64-8, art. 612.9**) ha lo scopo di verificare che le apparecchiature, i motori con i relativi ausiliari, i comandi e i blocchi, funzionino regolarmente, senza difficoltà né anomalie, sia in fase di spunto sia in fase di funzionamento gravoso.

Devono essere sottoposti a misure di tensione in ingresso tutti i quadri generali, i quadri principali, i quadri di zona e di reparto, tutte le macchine con potenza superiore a 10 kVA e gli impianti di illuminazione con lampada scarica sia a catodo caldo sia a catodo freddo.

#### 54.3.3 Prova d'intervento dei dispositivi di sicurezza e di riserva

La prova d'intervento dei dispositivi di sicurezza e di riserva (norma **CEI 64-8, art. 612.9**) ha lo scopo di accertare che i generatori e gli automatismi destinati a garantire l'alimentazione di apparecchi o parti d'impianto destinati alla sicurezza o alla riserva entrino tempestivamente in funzione, fornendo valore di tensione, frequenza e forma d'onda conformi alle previsioni di progetto.

La prova è di carattere preliminare e ha lo scopo di verificare la correttezza dell'installazione dei collegamenti.

In particolare, l'analisi deve riguardare:

- alimentatori non automatici, verificando i valori di tensione e forma d'onda secondo le previsioni di progetto;
- alimentatori automatici di continuità, verificando i valori di tensione di frequenza e forma d'onda progettuali anche nel periodo transitorio e di commutazione fra rete e alimentazione di sicurezza;
- alimentatori a interruzione breve, verificando il raggiungimento dei valori nominali di tensione di frequenza e forma d'onda nei limiti e nei tempi stabiliti dal progetto o da specifiche norme tecniche;
- alimentatori a interruzione lunga, verificando i valori di tensione, di frequenza e forma d'onda conformi al progetto, assunti entro 15 secondi dall'alimentazione di rete.

La prova deve essere estesa a tutti i dispositivi di sicurezza e di riserva di sicurezza la cui messa in servizio deve essere provocata automaticamente per mancanza di tensione di rete escludendo i casi in cui occorre procedere a commutazione manuale.

#### 54.3.4 Prova d'intervento degli interruttori differenziali

La prova d'intervento degli interruttori differenziali (norma **CEI 64-8, art. 612.6.1 e 612.9**) ha lo scopo di accertare il corretto funzionamento degli impianti protetti da interruttori automatici differenziali con l'impianto completo dei principali utilizzatori fissi.

La prova deve essere effettuata provando nel punto campionato una corrente controllata di dispersione pari a  $0,5 I_{\Delta n}$  e il differenziale non deve intervenire. Aumentando la corrente di dispersione fino a  $1,1 I_{\Delta n}$ , invece, il differenziale deve intervenire.

#### 54.3.5 Misura della resistenza d'isolamento dell'impianto

La misura della resistenza d'isolamento dell'impianto (norma **CEI 64-8, art. 612.3**) ha lo scopo di accertare che la resistenza d'isolamento di ciascun tronco di circuito compresa fra due interruttori sia adeguata ai valori prescritti dalle norme CEI.

La resistenza deve essere misurata a impianto sezionato tra ogni coppia di conduttori attivi e tra ogni conduttore attivo e la terra.

Gli utilizzatori fissi devono essere sezionati o scollegati. Nei sistemi tn-c il conduttore pen va considerato come facente parte dell'impianto di terra. Se l'impianto comprende dispositivi elettronici, si esegue solo la misura d'isolamento tra i conduttori attivi collegati insieme e la terra.

#### 54.3.6 Misura della resistenza del dispersore

Per quanto riguarda il dispersore di piccola e media estensione nei sistemi tt, la misura del valore della sua resistenza di terra (norma **CEI 64-8, art. 612.6.2**) ha lo scopo di accertare che esso sia adeguato alle esigenze d'interruzione delle correnti di guasto a terra.

In particolare, l'analisi deve riguardare:- il dispersore principale scollegato dall'impianto di protezione e dai dispersori ausiliari, accertando che  $R_T \leq 50/I_a$ ;- il dispersore principale collegato dall'impianto di protezione e dai dispersori ausiliari, accertando che  $R_T \leq 50/I_a$ ;

La resistenza del dispersore può essere misurata con strumenti che utilizzano il metodo voltamperometrico diretto o indiretto, con tensione di alimentazione a vuoto di 125-220 V, elettricamente separata dalla rete con neutro a terra.

Per ciò che concerne, invece, il dispersore di grandi dimensioni, la sua resistenza può essere misurata con il metodo del dispersore ausiliario.

#### 54.3.7 Misura dell'impedenza totale dell'anello di guasto

La misura dell'impedenza totale dell'anello di guasto (norma **CEI 64-8, art. 612.6.3**) ha lo scopo di accertare che il valore dell'impedenza dell'anello di guasto sia adeguata alle esigenze d'interruzione della corrente di guasto a terra.

#### 54.3.8 Misura della resistenza di corto circuito tra fase e neutro

La misura della resistenza di corto circuito tra fase e neutro e valutazione (per eccesso) della corrente presunta di corto circuito (norma **CEI 64-8**) ha lo scopo di accertare che il potere d'interruzione degli apparecchi destinati alla protezione contro il corto circuito non sia sufficiente.

La resistenza di corto circuito va misurata all'ingresso dei quadri, a monte dell'interruttore generale tra fase e neutro, con il metodo a prelievo controllato di corrente.

#### 54.3.9 Misura della caduta di tensione

La misura della caduta di tensione ( $\leq V$ ), allo studio della norma **CEI-64-8, art. 612.11**, ha lo scopo di accertare che le cadute di tensione con l'impianto percorso dalle correnti d'impiego siano contenute entro il 4%, qualora non sia stato diversamente specificato nel presente capitolato speciale d'appalto.

Le misure vengono effettuate con voltmetri elettrodinamici o elettronici aventi classe di precisione non inferiore a 1, quando l'impianto è regolarmente in funzione in orario di punta oppure con simulazione di carico equivalente alle condizioni nominali. Tutte le tensioni devono essere misurate contemporaneamente.

#### 54.3.10 Misura dei segnali in uscita alle prese TV

La misura dei segnali in uscita alle prese tv ha lo scopo di accertare che i segnali disponibili siano contenuti entro i limiti e minimi e massimi stabiliti dalle norme CEI.

In particolare, l'analisi deve riguardare:- prese tv vicine all'amplificatore;- prese tv lontane dall'amplificatore;- prese tv adiacenti agli impianti centralizzati.

L'accertamento deve effettuarsi su tutte le bande di frequenza distribuite nei periodi di trasmissione del monoscopio, in modo da controllare non solamente la presenza del colore e la quantità del segnale, ma anche l'eventuale presenza di riflessioni o distorsioni dell'immagine.

### 54.4 Calcoli di controllo

#### 54.4.1 Controllo del coefficiente di stipamento

Il controllo del coefficiente di stipamento ha lo scopo di verificare la corretta posa in opera dei cavi, valutando se i parametri rispettano le prescrizioni della norma **CEI 64-8**.

L'analisi dovrà riguardare:

- condutture entro tubi incassati sotto intonaco: il diametro interno del tubo deve essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 10 mm;
- condutture entro tubi a vista: il diametro interno del tubo deve essere almeno 1,3 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 10 mm;
- condotti circolari: il diametro interno del condotto deve essere almeno 1,8 volte maggiore del diametro del cerchio circoscritto al fascio dei cavi contenuti con un minimo di 15 mm;
- condutture in canalette, canali e passarelle a sezione non circolare: la superficie interna delle canalette e dei canali deve essere almeno il doppio della superficie retta occupata dal fascio di cavi.

I dati di calcolo vanno desunti dalle caratteristiche dimensionali nominali dei tubi e dei cavi elettrici.

Il cerchio e la sezione retta circoscritti ai fasci di cavi contenuti possono essere valutati sperimentalmente.

#### 54.4.2 Controllo del coordinamento fra correnti d'impiego e portate dei conduttori

Il controllo ha lo scopo di verificare il corretto dimensionamento dei conduttori in relazione alle correnti d'impiego alle portate dei conduttori e i dispositivi di protezione contro i sovraccarichi installati.

L'analisi dovrà riguardare:- i circuiti terminali di allacciamento di un solo utilizzatore;- i circuiti dorsali o principali;- le portate dei conduttori;- la protezione dei conduttori dal sovraccarico nei casi previsti dalla norma **CEI 64-8**.

#### 54.4.3 Controllo del coordinamento fra correnti di corto circuito e poteri di interruzione degli apparecchi

Il controllo del coordinamento fra correnti di corto circuito e poteri di interruzione degli apparecchi ha lo scopo di verificare che gli apparecchi installati siano idonei a funzionare e a sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche che si verificano nel loro punto d'installazione durante un corto circuito.

### Art. 55 **Impianti di antieffrazione e antintrusione**

#### 55.1 *Norme di riferimento*

Gli impianti di allarme dovranno essere realizzati a regola d'arte, in rispondenza alla **Legge 1 marzo 1968 n. 157**. Si considerano a regola d'arte gli impianti di allarme realizzati secondo le norme CEI applicabili, in relazione alla tipologia di edificio, di locale o di impianto specifico oggetto del progetto e precisamente:

**CEI 12-13** – *Apparecchi elettronici e loro accessori collegati alla rete per uso domestico o analogo uso generale. Norme di sicurezza;*

**CEI 79-2** – *Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione. Norme particolari per le apparecchiature;*

**CEI 79-3** – *Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione.*

Norme particolari per gli impianti antieffrazione e antintrusione

**CEI 79-4** – *Impianti antieffrazione, antintrusione, antifurto e antiaggressione. Norme particolari per il controllo degli accessi;*

**CEI 64-8** – *Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;*

**CEI 64-9** – *Impianti elettrici utilizzatori negli edifici a destinazione residenziale e similare;*

**CEI 64-10** – *Impianti elettrici nei luoghi di spettacolo o di intrattenimento;*

**CEI 64-2** – *Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione o di incendio;*

**CEI S/423** – *Impianti di terra negli edifici civili. Raccomandazioni per l'esecuzione;*

**CEI 103-1** – *Impianti telefonici interni;*

**CEI 64-50:UNI9620** – *Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori, ausiliari e telefonici.*

Inoltre, devono essere rispettate le disposizioni della **Legge n. 818/1984**, per quanto applicabili.

#### 55.2 *Prove sulle apparecchiature*

Al fine di garantire la piena funzionalità di esercizio e ai sensi dell'art. 2 della legge 18 ottobre 1977, n. 791, che richiede l'utilizzo di materiale costruito a regola d'arte, tutti i dispositivi di rivelazione, segnalazione locale/remota (teletrasmissione), nonché di controllo (accessi, televisione a circuito chiuso) dovranno rispondere alle norme **CEI 79-2, 79-3 e 79-4**.

Per attestare la rispondenza alle sopraddette norme, dette apparecchiature dovranno riportare il previsto marchio di conformità, ove previsto dalle stesse.

Qualora l'apparecchiatura da impiegare non sia contemplata nelle sopraelencate norme, ma esistano norme di riferimento a livello europeo (cenelec) oppure internazionale (iec), essa dovrà essere munita di dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore. In ogni caso, dovrà essere garantita la sicurezza d'uso. A tal riguardo, tutte le apparecchiature elettriche collegate alle linee di alimentazione in bassa tensione (trasformatori, interruttori, fusibili, ecc.) dovranno essere conformi alle norme **CEI 12-13**. Tale rispondenza dovrà essere certificata da apposito attestato di conformità rilasciato da parte degli organismi competenti degli stati membri della cee oppure da dichiarazione di conformità rilasciata dal costruttore.

Tutte le apparecchiature dovranno essere esenti da difetti qualitativi e di lavorazione.

#### 55.3 *Caratteristiche tecniche degli impianti*

Per quanto attiene all'esecuzione e alla dotazione di impianti sia per gli edifici di tipo residenziale sia per quelli non a carattere residenziale, il sistema di sicurezza dovrà essere realizzato con un livello di prestazione, definito di volta in

volta dal progetto in funzione della particolare destinazione d'uso e dei beni da proteggere presenti (in caso di insufficienza o incompletezza del progetto, si farà specifico riferimento alle norme **CEI 79-3** e **79-3 V1**).

#### 55.4 *Verifiche*

Le verifiche da effettuare a cura del direttore dei lavori degli impianti antieffrazione, antintrusione e antifurto sulla base della documentazione fornita sono:

– controllo dell'elenco dei materiali installati e delle relative caratteristiche tecniche;– controllo a vista del posizionamento, fissaggio e accessibilità della centrale di gestione, dei singoli rilevatori e ogni altro dispositivo competente il sistema, con ulteriore verifica della conformità a livello di prestazione richiesta;– controllo dello schema di localizzazione dei cavi e degli schemi dei collegamenti e verifica della completezza della documentazione tecnica e dei manuali d'uso e tecnici;– calcolo teorico dell'autonomia di funzionamento dell'impianto sulla base degli assorbimenti, del tipo delle batterie e del dimensionamento degli alimentatori installati;– controllo operativo delle funzioni concordate, e in particolare:- risposta dell'impianto a eventi di allarme;- risposta dell'impianto a eventi temporali;- risposta dell'impianto a interventi manuali.

#### 55.5 *Istruzioni per la manutenzione*

Per garantire l'indispensabile continuità di funzionamento degli impianti devono essere fornite le istruzioni per la loro manutenzione, che devono prevedere, come minimo, l'effettuazione di due visite ordinarie di ispezione all'anno, a partire dalla data di collaudo, da parte di personale specializzato che interverrà su programma di manutenzione preventiva ovvero su chiamata straordinaria. In fase di manutenzione preventiva, dovranno essere effettuate tutte le operazioni di verifica necessarie per il controllo del buon funzionamento dell'impianto in generale e in particolare:

- il funzionamento della centrale di gestione, con particolare riguardo alle segnalazioni ottiche e all'attivazione dei mezzi di allarme;- l'efficienza dell'alimentatore e lo stato di carica delle batterie;- la sensibilità e la portata dei rilevatori;- l'efficienza degli organi di segnalazione d'allarme e di comando dei mezzi di trasmissione degli allarmi e di ogni altro dispositivo componente il sistema.

## § COLLOCAZIONE DI TUBAZIONI PER ACQUEDOTTI E FOGNATURE

### Art. 56 **Generalità**

#### 56.1 *Osservanza del Capitolato e delle norme e disposizioni vigenti*

Le opere di acquedotto dovranno essere studiate ed eseguite con la scrupolosa osservanza delle prescrizioni del presente Capitolato nonché delle norme e disposizioni al riguardo emanate (e vigenti) da parte dei Ministeri, Assessorati, Enti od Autorità in genere competenti in materia o comunque interessate. In particolare si richiamano le Circolari 22 dicembre 1964 n. 231 e 21 novembre 1970 n. 190 del Ministero della Sanità nonché la Delibera 4 febbraio 1977 del Comitato dei Ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento e s.m.i..

Si richiama altresì il D.M. 12 dicembre 1985 (Norme tecniche relative alle tubazioni) con le relative istruzioni diffuse con Circolare Min. LL.PP. 20 marzo 1986, n. 27291.

Qualora dagli allegati di contratto non dovesse risultare l'esatta posizione degli apparecchi, delle derivazioni, ecc. od in generale non dovesse risultare sufficientemente chiara l'articolazione funzionale dei vari elementi dell'impianto, al fine della migliore definizione del progetto o delle verifiche, l'Appaltatore sarà tenuto a richiedere alla Direzione Lavori, per iscritto, precise indicazioni rimanendo obbligato, in difetto, ad operare le occorrenti modifiche, a propria cura e spese, ed a risarcire eventuali danni conseguenti.

#### 56.2 *Campionatura*

L'Appaltatore sarà tenuto a produrre ed a depositare, negli appositi locali all'uopo designati, la campionatura di tutti i vari elementi componenti la parte impiantistica delle opere da realizzare (tubazioni, raccordi, apparecchiature di manovra, apparecchi speciali, ecc.) compresi i relativi accessori, complete di schede delle caratteristiche e certificati di provenienza e certificati di qualità, per la preventiva accettazione da parte della stessa Direzione e per i controlli che saranno ritenuti più opportuni.

Resta stabilito in ogni caso, come più volte annotato nel corso del presente testo, che l'accettazione dei campioni da parte della Direzione non pregiudica, in alcun modo, i diritti che l'Amministrazione si riserva in sede di collaudo.

### Art. 57 **Scavi delle trincee, coordinamento altimetrico e rispetto delle livellette per la posa in opera delle tubazioni**

#### 57.1 *Generalità*

Gli scavi per la posa in opera delle tubazioni devono essere costituiti da tratte rettilinee (livellette) raccordate da curve. Qualora fossero necessarie deviazioni, si utilizzeranno i pezzi speciali di corrente produzione o combinazioni delle specifiche tubazioni. L'andamento serpeggiante, sia nel senso altimetrico sia in quello planimetrico, dovrà essere quanto più possibile evitato.

La larghezza degli scavi dovrà essere tale da garantire la migliore esecuzione delle operazioni di posa in opera in rapporto alla profondità, alla natura dei terreni, ai diametri delle tubazioni e ai tipi di giunti da eseguire.

In corrispondenza delle giunzioni dei tubi e dei pezzi speciali devono praticarsi, entro lo scavo, bocchette o nicchie, allo scopo di facilitare l'operazione di montaggio.

L'appaltatore ha l'obbligo di effettuare, prima dell'inizio dei lavori, il controllo e il coordinamento delle quote altimetriche delle fognature esistenti alle quali la canalizzazione da costruire dovrà eventualmente collegarsi.

Qualora, per qualunque motivo, si rendessero necessarie modifiche alle quote altimetriche di posa delle condotte o ai salti di fondo, prima dell'esecuzione dei relativi lavori, sarà necessaria l'autorizzazione della direzione dei lavori.

In caso di inosservanza a quanto prescritto e per le eventuali variazioni non autorizzate della pendenza di fondo e delle quote altimetriche, l'appaltatore dovrà, a propria cura e spese, apportare tutte quelle modifiche alle opere eseguite che, a giudizio della direzione dei lavori, si rendessero necessarie per garantire la funzionalità delle opere in appalto.

Non sono ammesse contropendenze o livellette in piano. Eventuali errori d'esecuzione della livelletta che, a giudizio insindacabile della direzione dei lavori o del collaudatore, siano giudicati accettabili in quanto non pregiudicano la funzionalità delle opere, non daranno luogo all'applicazione di oneri a carico dell'appaltatore.

Qualora, invece, detti errori di livelletta, a giudizio insindacabile della direzione dei lavori o del collaudatore, dovessero pregiudicare la funzionalità delle opere, si applicheranno le penali previste dal presente capitolato.

Le radici degli alberi in corrispondenza della trincea nella zona interessata all'attraversamento della condotta devono essere accuratamente eliminate.

## 57.2 Interferenze con edifici

Quando gli scavi si sviluppano lungo strade affiancate da edifici esistenti, si dovrà operare in modo da non ridurre la capacità portante dell'impronta delle fondazioni. Gli scavi devono essere preceduti da un attento esame delle loro fondazioni, integrato da sondaggi tesi ad accertarne natura, consistenza e profondità, quando si possa presumere che lo scavo della trincea risulti pericoloso per la stabilità dei fabbricati. Verificandosi tale situazione, l'appaltatore dovrà ulteriormente procedere, a sue cure e spese, a eseguire i calcoli di verifica della stabilità nelle peggiori condizioni che si possano determinare durante i lavori e a progettare le eventuali opere di presidio, provvisorie o permanenti, che risultino opportuno realizzare.

Le prestazioni relative all'esecuzione dei sondaggi e alla realizzazione delle opere di presidio alle quali – restando ferma ed esclusiva la responsabilità dell'appaltatore – si sia dato corso, secondo modalità consentite dalla direzione dei lavori, faranno carico alla stazione appaltante e verranno remunerate secondo i prezzi d'elenco.

Qualora, lungo le strade sulle quali si devono realizzare le opere, qualche fabbricato presenti lesioni o, in rapporto al suo stato, induca a prevederne la formazione in seguito ai lavori, sarà obbligo dell'appaltatore redigerne lo stato di consistenza in contraddittorio con le proprietà interessate, corredandolo di un'adeguata documentazione fotografica e installando, all'occorrenza, idonee spie.

## 57.3 Attraversamenti di manufatti

Nel caso si debbano attraversare dei manufatti, si deve assolutamente evitare di murare le tubazioni negli stessi, in quanto ciò potrebbe provocare la rottura dei tubi agli incastri in dipendenza degli inevitabili, anche lievi, assestamenti delle tubazioni e del manufatto. Bisogna, invece, provvedere alla creazione di un certo spazio fra muratura e tubo, fasciando quest'ultimo per tutto lo spessore del manufatto con cartone ondulato o cemento plastico.

Ad ogni modo, è sempre buona norma installare un giunto immediatamente a monte e uno immediatamente a valle del tratto di tubazione che attraversa la parete del manufatto; eventuali cedimenti saranno così assorbiti dall'elasticità dei giunti più vicini.

## 57.4 Interferenze con servizi pubblici sotterranei

Prima dell'inizio dei lavori di scavo, sulla scorta dei disegni di progetto e/o mediante sopralluoghi con gli incaricati degli uffici competenti, bisogna determinare con esattezza i punti dove la canalizzazione interferisce con servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili, nonché manufatti in genere).

Nel caso di intersezione, i servizi interessati devono essere messi a giorno e assicurati solo alla presenza di incaricati degli uffici competenti. In ogni caso, se dovesse essere scoperto un condotto non in precedenza segnalato, appartenente a un servizio pubblico sotterraneo, o dovesse verificarsi un danno allo stesso durante i lavori, l'appaltatore dovrà avvertire immediatamente l'ufficio competente.

I servizi intersecati devono essere messi a giorno mediante accurato scavo a mano, fino alla quota di posa della canalizzazione, assicurati mediante un solido sistema di puntellamento nella fossa e – se si tratta di acquedotti – protetti dal gelo nella stagione invernale, prima di avviare i lavori generali di escavazione con mezzi meccanici.

Le misure di protezione adottate devono assicurare stabilmente l'esercizio dei servizi intersecati. Qualora ciò non sia possibile, su disposizione della direzione dei lavori, sentiti gli uffici competenti, si provvederà a deviare dalla fossa i servizi stessi.

Saranno a carico della stazione appaltante esclusivamente le spese occorrenti per quegli spostamenti dei pubblici servizi che, a giudizio della direzione dei lavori, risultino strettamente indispensabili. Tutti gli oneri che l'impresa dovrà sostenere per le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa dei servizi stessi, si intendono già remunerati dai prezzi stabiliti dall'elenco per l'esecuzione degli scavi.

## 57.5 Realizzazione delle trincee

### 57.6 Opere provvisionali

Le opere provvisionali in presenza di scavi e/o sbancamenti devono essere realizzate secondo quanto previsto dal piano di sicurezza e di coordinamento (psc) o del piano operativo di sicurezza (pos), secondo le disposizioni del **D.Lgs. n. 81/2008**.

### 57.7 Tipologie di scavi

In base agli elementi geometrici degli scavi normalmente utilizzati, si potranno presentare le seguenti tipologie:

- trincea stretta;- trincea larga;- terrapieno (posizione positiva); - terrapieno (posizione negativa).

Trincea stretta

È la migliore sistemazione nella quale collocare, ad esempio, un tubo di pvc, in quanto viene alleggerito dal carico sovrastante, riuscendo a trasmettere parte di esso al terreno circostante in funzione della deformazione per schiacciamento alla quale il manufatto è sottoposto.

Trincea larga

Il carico sul tubo è sempre maggiore di quello relativo alla sistemazione in trincea stretta. Per questo motivo, in fase di progettazione, si consiglia di partire, per questioni di sicurezza, da questa ipotesi.

Terrapieno (posizione positiva)

La sommità del tubo sporge sul livello naturale del terreno. L'assenza di fianchi (anche naturali) nello scavo e il relativo cedimento del terreno impediscono normalmente la possibilità di impiegare questo metodo nel caso di carichi pesanti.

Terrapieno (posizione negativa)

La tubazione è sistemata a un livello inferiore a quello naturale del terreno. A motivo di una frizione piuttosto modesta in atto fra il materiale di riempimento sistemato a terrapieno e i fianchi naturali dello scavo, il tubo può sopportare carichi leggermente superiori a quelli della posizione positiva, ma in ogni caso inferiori a quelli sopportabili nelle sistemazioni a trincea stretta e a trincea larga.

La larghezza del fondo della trincea dovrà essere non inferiore a  $(D + 0,40 \cdot D)$  m.

## Art. 58 Letto di posa per le tubazioni

### 58.1 *Appoggio su suoli naturali*

Il supporto può essere realizzato dallo stesso suolo naturale affiorante sul fondo della fossa, purché questo abbia densità almeno pari a quella del supporto in sabbia o ghiaia-sabbia di riporto.

Questa soluzione sarà adottata preferibilmente quando il suolo ha natura non legante, con granulometria massima inferiore a 20 mm. Con tubi rigidi, sarà ammesso l'appoggio diretto anche su suoli costituiti da ghiaia grossa, purché la dimensione non superi la metà dello spessore della parete del condotto.

La superficie di posa sul fondo della fossa sarà accuratamente presagomata secondo la forma esterna dei condotti, in modo tale che questi appoggino esattamente per l'intera superficie corrispondente all'angolo di supporto, evitando appoggi in punti singolari o lungo linee.

Potrà essere, altresì, prescritto il rinalzo della condotta sopra la sella d'appoggio sagomata, con materiale non legante costipato a strati, in modo tale da fargli acquisire una compattezza almeno pari a quella del suolo naturale sottostante. In questo modo di regola dovrà essere aumentato l'angolo di supporto.

In alternativa, la condotta potrà essere posata sul fondo della fossa piana, ossia non presagomata e rinalzata con materiale non legante costipato come nel caso precedente.

Come materiale per il rinalzo si possono usare sabbia e ghiaietto naturale fortemente sabbioso (percentuale di sabbia > 15%) con granulometria massima pari a 20 mm ovvero sabbia di frantumazione e pietrischetto con granulometria massima pari a 11 mm.

Nel caso di tubi con piede, l'angolo del supporto è prefissato dalla forma del piede. Di norma, peraltro, questi tubi saranno posati su uno strato di calcestruzzo magro, senza particolari prescrizioni sulla classe di resistenza e sullo spessore, previa interposizione di malta cementizia liquida.

### 58.2 *Appoggio su materiale di riporto*

Nel caso in cui sul fondo della fossa affiorino suoli inadatti per l'appoggio diretto (fortemente leganti o a granulometria troppo grossa), la suola deve essere approfondita per introdurre uno strato di supporto artificiale, costituito da terra adatta o calcestruzzo.

Come materiali di riporto sono adatti sabbia naturale, ghiaia fortemente sabbiosa (parte sabbiosa > 15%) con dimensione massima 20 mm, sabbia di frantumazione e pietrischetto con dimensione massima pari a 1/5 dello spessore minimo dello strato di supporto in corrispondenza della generatrice inferiore del condotto.

Con i suoli di compattezza media è sufficiente uno spessore minimo del supporto pari a  $100 \text{ mm} + 1/10 D$ . Con suoli molto compatti (per esempio rocciosi), per contrastare concentrazioni di carico sul fondo del condotto, quando questo ha diametro superiore a 500 mm, lo spessore minimo del supporto deve essere pari a  $100 \text{ mm} + 1/5 D$  ovvero si deve prevedere un supporto in calcestruzzo.

### 58.3 *Appoggio su calcestruzzo*

Lo strato di supporto dei tubi rigidi dovrà essere realizzato in calcestruzzo quando il fondo della fossa ha forte pendenza o è possibile il dilavamento della sabbia per effetto drenante o il sottofondo è roccioso.

Lo spessore del supporto in calcestruzzo lungo la generatrice inferiore dei tubi senza piede sarà pari a  $50 \text{ mm} + 1/10 D$  in mm, con un minimo di 100 mm. Inizialmente, si realizzerà una soletta piana in calcestruzzo, sulla quale verranno sistemati i tubi, completando poi il supporto fino al previsto angolo di appoggio. Oppure il supporto in calcestruzzo verrà realizzato integralmente, con una sagoma corrispondente alla superficie esterna del tubo e questo verrà successivamente posato su malta fresca. Per i tubi con piede ci si limiterà a realizzare una soletta piana in calcestruzzo con uno spessore minimo uguale a quello del caso precedente.

Per i condotti flessibili, qualora per ragioni costruttive sia necessaria una soletta in calcestruzzo, tra condotto e soletta si deve prevedere uno strato intermedio in sabbia e ghiaietto costipabile, con uno spessore minimo pari a  $100 \text{ mm} + 1/10 D$  in mm.

In ogni caso, fino all'indurimento del calcestruzzo, la fossa deve essere tenuta libera da acque di falda.

#### 58.4 *Camicia in calcestruzzo*

In particolari condizioni statiche, la direzione dei lavori potrà prescrivere un'incamiciatura del condotto in calcestruzzo semplice o armato, parziale o totale, suddivisa mediante giunti trasversali.

Nel caso di incamiciatura in calcestruzzo di tubi flessibili, occorre fare attenzione che la camicia costituisca l'unica struttura portante, senza la collaborazione del tubo. Pertanto, lo spessore minimo deve essere aumentato in funzione delle esigenze statiche.

Nelle zone rocciose, quando non fosse possibile rendere liscio il fondo dello scavo o laddove la natura dei terreni lo rendesse opportuno e, in ogni caso, su disposizione della direzione dei lavori, le tubazioni saranno poste in opera con l'interposizione di apposito letto di sabbia (o di materiale arido a granulometria minuta) dell'altezza minima di  $D/10 + 10$  cm (essendo  $D$  il diametro del tubo in cm) esteso a tutta la larghezza del cavo.

Qualora fosse prescritta la posa su massetto delle tubazioni, lo stesso sarà realizzato con conglomerato cementizio magro, in sezioni non inferiori a quelle riportate nella tabella 59.1.

**Tabella 59.1. Tubazioni interrato. Dimensioni minime del massetto di posa**

Parametri	Diametro esterno del tubo (cm)												
	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
Altezza platea ( $h$ )	8	8	8	10	10	10	12	12	12	14	14	14	16
Altezza rinfiango ( $H$ )	10	14	18	25	27	30	36	40	46	55	63	68	78
Larghezza massetto ( $L$ )	40	45	50	55	65	70	75	80	95	105	115	130	140

La norma **UNI7517** indica le diverse modalità di posa e i coefficienti di posa  $K$  da adottare in funzione dell'angolo d'appoggio, del grado di costipamento del rinfiango e del tipo di trincea.

### Art. 59 **Modalità esecutive per la posa in opera di tubazioni**

#### 59.1 *Controllo e pulizia dei tubi*

Prima di procedere alla loro posa in opera, i tubi devono essere controllati uno ad uno per scoprire eventuali difetti o danni. Le code, i bicchieri e le guarnizioni devono essere integre.

Prima di essere posto in opera, ciascun tubo, giunto e/o pezzo speciale dovrà essere accuratamente controllato per scoprire eventuali rotture dovute a precedenti ed errate manipolazioni (trasporto, scarico, sfilamento) e pulito dalle tracce di ruggine o di qualunque altro materiale estraneo.

Quelli che dovessero risultare danneggiati in modo tale da compromettere la qualità o la funzionalità dell'opera devono essere scartati e sostituiti. Nel caso in cui il danneggiamento abbia interessato soltanto l'eventuale rivestimento, si dovrà provvedere al suo ripristino.

Deve essere lubrificata l'estremità maschio per tutta la circonferenza, soprattutto nella zona dell'estremità arrotondata. Il lubrificante dovrà essere compatibile con la qualità della gomma.

#### 59.2 *Nicchie in corrispondenza dei giunti*

Il sottofondo deve essere sagomato e avere nicchie per l'alloggiamento delle giunzioni dei bicchieri, in corrispondenza dei giunti, onde evitare che la tubazione resti poggiata sui giunti stessi.

Le nicchie devono essere costruite dopo avere ultimato lo scavo a fondo livellato e devono avere la profondità minima indispensabile per consentire l'operazione di montaggio e incasso del giunto.

#### 59.3 *Continuità del piano di posa*

Il piano di posa dovrà garantire un'assoluta continuità d'appoggio e, nei tratti in cui si temano assestamenti, si devono adottare particolari provvedimenti, quali impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della trincea o, se occorresse, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole. In quest'ultimo caso, la continuità di contatto tra tubo e selle sarà assicurata dall'interposizione di materiale idoneo.

#### 59.4 *Protezione catodica delle tubazioni metalliche*

Nel caso specifico di tubazioni metalliche, devono essere inserite, ai fini della protezione catodica e in corrispondenza dei punti d'appoggio, membrane isolanti.

### 59.5 Tubi danneggiati durante la posa in opera

I tubi che nell'operazione di posa avessero subito danneggiamenti devono essere riparati in modo da ripristinarne la completa integrità ovvero saranno definitivamente scartati e sostituiti.

Nell'operazione di posa dovrà evitarsi che nell'interno delle condotte penetrino detriti o corpi estranei di qualunque natura e che venga comunque danneggiata la loro superficie interna.

Qualora, durante le operazioni di accostamento dei tubi, penetrasse terra o altri materiali estranei tra le superfici frontali o nei giunti, si dovrà provvedere a sfilare l'ultimo tubo per effettuare le necessarie pulizie e a posarlo nuovamente dopo aver ripristinato la suola.

### 59.6 Piano di posa

Per la corretta esecuzione delle livellette di posa, la direzione dei lavori si riserva di prescrivere l'uso di un'apparecchiatura a raggio laser, corredata di indicatori di pendenza, di dispositivo elettronico di autolivellamento, di spostamento della direzione destra/sinistra, di inclinazione laterale, di spia batteria, munita di livello a bolle d'aria e protetta contro l'inversione della polarità.

Ove si rendesse necessario costituire il letto di posa o impiegare per il primo rinterro materiali diversi da quelli provenienti dallo scavo, dovrà accertarsi la possibile insorgenza di fenomeni corrosivi adottando appropriate contromisure.

La posa della condotta, sul fondo piano della fossa, è possibile solo mediante introduzione a strati e accurato costipamento del materiale di rinalzo.

La condotta si poserà su un letto di sabbia di spessore  $(0,10 + D/10)$  m e comunque maggiore di 15 cm e di larghezza pari allo scavo.

Il supporto deve essere eseguito con l'angolo minimo corrispondente al calcolo statico.

Per i tubi rigidi senza piede, l'angolo di appoggio deve essere di regola  $90^\circ$ ; esso può essere realizzato mediante accurato rinalzo e compattazione a mano o con attrezzi leggeri. Angoli di appoggio superiori ( $120^\circ$ ) possono essere realizzati con tubi rigidi, solo se gli interstizi del supporto vengono costipati a strati in modo intensivo e si assicura che la densità del materiale nell'ambito del supporto sia maggiore della densità sotto il tubo. Angoli di appoggio inferiori a  $90^\circ$  possono essere realizzati previo controllo statico. Con tubi rigidi aventi diametro = 200 mm, l'angolo di appoggio non può comunque essere inferiore a  $60^\circ$ .

Per i tubi flessibili, di regola il calcolo statico è basato su un angolo di appoggio di  $180^\circ$ , realizzato mediante compattazione intensiva del materiale di supporto fino all'altezza delle imposte.

Per i condotti con rivestimento protettivo esterno, il materiale del supporto e le modalità esecutive saranno tali da non danneggiare il rivestimento.

Se il supporto si trova immerso permanentemente o temporaneamente nella falda acquifera sotterranea, si dovrà prevenirne il dilavamento nei terreni circostanti o nel sistema di drenaggio. È costituito da materiale riportato (normalmente sabbia), in modo da costituire un supporto continuo alla tubazione. Si sconsigliano, in quanto possibile, fondi costituiti da gettate di cemento o simili.

Il letto di posa non dovrà essere costituito prima della completa stabilizzazione del fondo della trincea. In pratica, il materiale più adatto sarà costituito da ghiaia o da pietrisco con diametro massimo di 20 mm. Il materiale impiegato dovrà essere accuratamente compatto fino ai prescritti valori dell'indice di Proctor (cfr B.U. n. 69-aasho mod.).

### 59.7 Modalità di posa in opera

La posa in opera dei tubi sarà effettuata sul fondo della trincea spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare tubi e rivestimenti.

I tubi si poseranno procedendo da valle verso monte e con i bicchieri disposti in senso contrario alla direzione del flusso.

In nessun caso si dovrà regolarizzare la posizione dei tubi nella trincea utilizzando pietre o mattoni e altri appoggi discontinui.

Nessun tratto di tubazione dovrà essere disposto in orizzontale.

Per le operazioni di posa in opera, si devono osservare le raccomandazioni e le istruzioni del fornitore dei tubi.

I tubi verranno calati nello scavo solamente dopo aver controllato che il letto di posa in sabbia dello spessore di almeno 10 cm sia perfettamente piano e che siano state eseguite le nicchie per l'alloggiamento dei giunti.

## Art. 60 Rinterro delle tubazioni

### 60.1 Generalità

Non si procederà in alcun caso al rinterro se prima non sia stata controllata la corretta posizione della canalizzazione mediante esami condotti con funi, traguardi, tabelle di mira, apparecchi di livellazione o mediante altri mezzi idonei.

## 60.2 Esecuzione del rinterro

Il materiale già usato per la costituzione del letto di posa verrà sistemato attorno al tubo e costipato a mano per formare strati successivi di 20-30 cm fino alla mezzera del tubo, avendo la massima cura nel verificare che non rimangano zone vuote sotto il tubo e che il rinfianco tra tubo e parete dello scavo sia continuo e compatto. Durante tali operazioni verranno recuperate le eventuali impalcature poste per il contenimento delle pareti dello scavo. La compattazione dovrà eseguirsi preferibilmente con vibratori a piastra regolabili di potenza media o con altri mezzi meccanici.

Le nicchie precedentemente scavate per l'alloggio dei bicchieri devono, se necessario, essere accuratamente riempite con lo stesso materiale costituente il letto di posa, in modo da eliminare eventualmente spazi vuoti sotto i bicchieri stessi, quindi si procederà a riempire la trincea con il materiale di risulta.

Il rinfianco dovrà essere eseguito apportando, in un primo tempo, il materiale su entrambi i lati della tubazione fino al piano diametrale della stessa e, quindi, spingendo il materiale sotto il tubo con l'aiuto di una pala e costipandolo a mano o con idonei compattatori leggeri meccanici (avendo cura di non danneggiare il tubo). L'ulteriore riempimento sarà effettuato con il materiale proveniente dallo scavo, depurato degli elementi con diametro superiore a 10 cm e dai frammenti vegetali e animali. Il rinfianco delle tubazioni e il primo riempimento dello scavo, fino a 20 cm al di sopra dell'estremità superiore del tubo, devono essere effettuati con sabbia avente un peso in volume secco minimo di 1,9 t/m<sup>3</sup>. Il massimo contenuto di limo è limitato al 10%. Il massimo contenuto di argilla, invece, è limitato al 5%.

La compattazione dovrà effettuarsi esclusivamente sulle fasce laterali, al di fuori della zona occupata dal tubo, fino a ottenere che la densità relativa del materiale di rinterro raggiunga il 90% del valore ottimo determinante con la prova di Proctor modificata.

Gli inerti con diametro superiore a 2 cm, presenti in quantità superiore al 30%, devono essere eliminati, almeno per l'aliquota eccedente tale limite. Le terre difficilmente comprimibili (torbose, argillose, ghiacciate) sono da scartare. Il riempimento va eseguito per strati successivi di spessore pari a 30 cm, che devono essere compattati ed eventualmente bagnati per lo spessore di 1 m (misurato dalla generatrice superiore del tubo). L'indice di Proctor risultante deve essere superiore a quello previsto dal progettista.

Infine, verrà lasciato uno spazio libero per l'ultimo strato di terreno vegetale.

Il rinterro deve avvenire secondo le prescrizioni della norma **UNI EN 1295-1**, che distingue:

- zona di rinterro, che deve essere eseguita secondo le caratteristiche della condotta (rigida, semi-rigida o flessibile), i carichi esterni e la tipologia dei terreni attraversati;
- zona di rinterro accurato, costituita:
  - o da letto di posa e rinfianco fino a 10 cm almeno al di sopra della generatrice superiore dell'accoppiamento per le condotte flessibili;
  - o letto di posa e base d'appoggio fino al diametro orizzontale per le condotte rigide.
- terreno.

In generale, le condizioni di posa devono tenere conto dei seguenti fattori:

- mantenimento della condotta al riparo dal gelo;- attraversamento ad alta sicurezza (passaggi di ferrovie, autostrade, ecc.);- regolamenti locali relativi alla viabilità.

L'esecuzione della base d'appoggio e del rinterro sarà effettuata con materiali compatibili con le condizioni di costipamento necessarie e previa accettazione della direzione dei lavori.

La ricopertura minima della condotta per qualsiasi materiale deve risultare di 80-100 cm in zone soggette a traffico leggero e di almeno 150 cm in zone soggette a traffico pesante. Per altezze del rinterro inferiori a quelle sopra stabilite, il riempimento dovrà essere eseguito con interposizione di un diaframma rigido di protezione e ripartizione dei carichi, collocato sullo strato superiore del materiale incoerente e calcolato tenendo conto delle caratteristiche dei terreni di posa, dello scavo e della resistenza meccanica del tubo impiegato.

Per i tubi in ghisa sferoidale potranno ammettersi altezze minime inferiori, previa adeguata verifica e parere favorevole della direzione dei lavori.

Se è previsto il riutilizzo del materiale di scavo, questo sarà privato di tutti quegli elementi suscettibili di danneggiare le condotte. Quando è previsto il costipamento della base d'appoggio, questo sarà realizzato con strumenti leggeri da tutte e due le parti della condotta, al fine di non provocare deviazioni del piano e del livello della condotta.

Per il ricoprimento, la scelta degli strumenti di costipamento (a vibrazione o costipanti), sarà realizzata in funzione della qualità del terreno, dei dispositivi di palancolaggio e dell'altezza di rinterro al di sopra dell'estradosso, previo parere favorevole della direzione dei lavori e del progettista.

Il materiale di rinterro dovrà appartenere ai gruppi A1, A2 e A3 della classificazione cnr **UNI10006** e rispettare le metodologie di calcolo delle norme atv 127 e **UNI7517**.

Resta comunque facoltà della direzione dei lavori, eseguiti i necessari accertamenti, prescrivere, se è il caso, il ricorso ad altro materiale di riporto.

Il rinfianco e il ricoprimento devono essere realizzati con terra vagliata a maglia grossa o liberata (a mano) dagli ele-

menti più grossolani che possono danneggiare la tubazione.

Nel caso di tubi installati in trincea, la profondità minima del rinterro sarà  $1,2 \cdot d_n$  (mm) e non saranno ammessi in alcun caso reinterri inferiori alla metà del diametro esterno del tubo, con minimo assoluto di 350 mm.

Nel caso fosse necessario un rinterro minore, si dovrà realizzare un rinfiacco in calcestruzzo e, sopra la superficie esterna del tubo, un getto di cemento armato le cui caratteristiche saranno determinate dal progettista della condotta.

Durante le operazioni di rinterro e di costipamento bisogna evitare che carichi pesanti transitino sulla trincea.

### 60.3 *Raccomandazioni per la compattazione*

Considerato che un'eccessiva compattazione o una compattazione con apparecchiature non appropriate possono far deformare il tubo o farlo sollevare dal letto di posa, devono essere rispettate le seguenti raccomandazioni per ottenere il massimo valore pratico della densità del materiale.

La compattazione può essere eseguita usando un compattatore a impulsi o altro sistema idoneo. Durante la compattazione del rinterro, sarà cura dell'appaltatore e del direttore dei lavori controllare la forma della sezione del tubo. I controlli della deflessione dei tubi si eseguiranno quando siano stati posati e ricoperti i primi tubi. Controlli periodici si effettueranno durante lo svolgimento dei lavori.

Quando è possibile, occorre eseguire sul posto la misura della densità del materiale compattato della zona primaria, per verificarne l'accordo con le assunzioni progettuali esecutive.

Per quanto riguarda i terreni a grana grossolana con il 5% di fini, la massima densità si otterrà con la compattazione, la saturazione e la vibrazione. Il rinterro sarà posato in strati compresi fra 0,15 e 0,30 m. Si dovrà evitare il galleggiamento della tubazione durante la saturazione del terreno. Non è consigliato l'uso del getto d'acqua, in quanto potrebbe comportare il dilavamento del terreno di supporto laterale del tubo. La posa del rinterro al di sopra del tubo dovrà evitarsi nel momento in cui viene saturata la zona di materiale attorno al tubo, in quanto questa condizione caricherebbe il tubo prima che abbia inizio la reazione di assestamento.

La compattazione dei terreni che presentano una quantità di fini compresa tra il 5 e il 12% si dovrà eseguire mediante costipamento o saturazione e vibrazione.

Infine, i terreni a grana grossolana che presentano una quantità di fini maggiore del 12% si compattano meglio per costipazione meccanica in strati compresi fra 0,10 e 0,15 m.

Il direttore dei lavori deve effettuare il controllo di deflessione dopo l'installazione e il ricoprimento dei primi tratti di tubo. L'appaltatore potrà proseguire i lavori soltanto dopo tale controllo.

Il rinfiacco con terreni, quali quelli di natura organica, torbosi, melmosi, argillosi, ecc., è vietato, perché detti terreni non sono costipabili a causa del loro alto contenuto d'acqua. Esso potrà essere consentito dalla direzione dei lavori, in via eccezionale, solo se saranno prescritte speciali modalità di posa o maggiori spessori.

## Art. 61 **Serbatoi - Pozzetti**

### 61.1 *Serbatoi*

I serbatoi dovranno essere realizzati secondo gli esecutivi di progetto, nel rispetto comunque delle norme generali di cui al del presente Capitolato. Per gli stessi inoltre, in quanto manufatti strutturali di particolare rilievo, si richiamano le norme relative al manufatti in c.a.

La prova di carico delle vasche in cemento armato verrà effettuata non prima che siano trascorsi almeno 60 giorni dall'ultimazione dei getti.

Per l'effettuazione della prova i serbatoi dovranno essere riempiti fino alla capacità prevista in progetto, in modo da sollecitare al massimo le strutture; nel contempo si procederà all'installazione, nei punti indicati dalla Direzione Lavori o dal Collaudatore, dei flessimetri per l'accertamento, sotto carico e successivamente a strutture scaricate, delle frecce di inflessione, che dovranno risultare non superiori a quelle desunte dai calcoli.

La prima prova di tenuta verrà effettuata contemporaneamente alla prova di carico di cui in precedenza. A tale scopo i serbatoi verranno tenuti pieni per 15 giorni consecutivi, determinando con successive osservazioni le perdite eventualmente verificate che non dovranno in alcun caso superare il limite di 4,00 l/m<sup>2</sup> di superficie bagnata per ogni 24 ore di immersione per quelli in cemento armato e le quantità afferenti all'evaporazione naturale per quelli in acciaio. In difetto, l'Appaltatore avrà l'obbligo, a sue totali cure e spese, di provvedere alle necessarie riparazioni (strutturali, dei rivestimenti o dei trattamenti impermeabilizzanti in genere) e di ripetere la prova fino al raggiungimento dell'esito positivo.

La seconda prova di tenuta verrà effettuata dopo l'esito positivo della prima, a distanza di 90 giorni, e con le stesse modalità. Le osservazioni, effettuate in tempi successivi, dovranno accertare la impermeabilità di tutte le pareti bagnate, tenuto conto unicamente dell'evaporazione ammissibile relativa alle superfici a pelo libero. In difetto, l'Appaltatore dovrà provvedere ai necessari interventi ed alla ripetizione della prova fino ad esito positivo.

Saranno a totale carico dell'Appaltatore tutti gli oneri derivanti dalla fornitura, collocazione e smontaggio delle apparecchiature necessarie, nonché dalla fornitura dell'acqua ancorchè effettuata con approvvigionamento indiretto (ove i serbatoi non risultassero allacciati).

Di tutte le suddette operazioni, da eseguirsi in contraddittorio, verrà redatto e sottoscritto dalle parti un processo verbale.

#### 61.2 *Pozzetti di ispezione o di manovra*

Saranno di norma realizzati in cls, armato o meno secondo prescrizione, gettato in opera e/o prefabbricato secondo le dimensioni e le caratteristiche previste negli specifici allegati progettuali.

I pozzetti di ispezione dovranno essere collocati in corrispondenza delle disposizioni di progetto e/o le successive disposizioni di dettaglio della D.L.

### Art. 62 **Tubazioni**

Le tubazioni saranno montate da personale specializzato previa preparazione del piano di posa, conformemente ai profili prescritti.

Eseguite le giunzioni si procederà al controllo della posizione altimetrica e planimetrica della condotta ed alle conseguenti eventuali rettifiche che saranno a totale carico dell'impresa.

Nell'interno ed in corrispondenza dei giunti i tubi dovranno essere perfettamente puliti; sarà evitata la loro posa in opera in presenza d'acqua o di fango e nel tubo non dovranno rimanere corpi estranei, sabbia, terra, sassi od impurità di sorta.

In qualunque deviazione o curva, anche ad ampio raggio, sarà disposto un efficace ancoraggio della condotta per evitare gli spostamenti: tali lavori dovranno effettuarsi prima delle prove di tenuta.

Durante la posa in opera dei tubi dovranno essere rispettate tutte le norme indicate nei disegni per la protezione passiva.

#### 62.1 *Tubazioni in acciaio*

I tubi in acciaio, tranne quelli zincati, saranno rivestiti internamente ed esternamente come specificato nell'elenco prezzi di contratto.

In particolare si dovranno adottare le seguenti prescrizioni:

##### 62.1.1 Scarico, maneggio, trasporto, sfilamento dei tubi.

Onde evitare danni alle testate dei tubi od al loro rivestimento, lo scarico ed il maneggio di questi, per diametri superiori al diametro 150 mm, dovranno essere eseguiti con l'impiego di fasce o di briglie atte ad agganciare il tubo alle estremità.

Detti accessori dovranno essere di tipo approvato dalla Direzione Lavori. Non è permesso lo scarico dei tubi facendoli rotolare direttamente dagli autocarri.

In caso di trasferimenti di tubi già accatastati o sfilati, il maneggio degli stessi dovrà essere effettuato con le stesse modalità di cui sopra.

Per l'accatastamento dei tubi fasciati dovranno essere impiegati, sia sul terreno che fra i diversi strati di tubi, listelli di legno di dimensioni e numero sufficienti a garantire l'integrità del rivestimento.

Per diametri uguali o superiori ai 300 mm, le cataste potranno al massimo essere costituite da tre strati.

Il trasporto e lo sfilamento dovranno essere effettuati con mezzi idonei ad evitare danni alle testate, ovalizzazioni o ammaccature al tubo e lesioni al suo rivestimento.

È vietato lo slittamento e il trascinarsi dei tubi. L'appaltatore sarà responsabile dello smistamento dei tubi in relazione al loro diametro, spessore e tipo di rivestimento come precisato dal progetto o dalle particolari disposizioni emanate dalla Direzione Lavori

Ogni spostamento di tubi risultante dall'inosservanza di quanto sopra sarà a carico dell'appaltatore.

##### 62.1.2 Pulizia dei tubi, verifica e preparazione delle testate

Prima dell'allineamento per la saldatura, il tubo dovrà essere pulito internamente con scovoli atti a rimuovere tutto lo sporco ed ogni frammento che possa disturbare o danneggiare l'installazione.

La medesima operazione di pulizia dovrà essere fatta alle valvole ed agli altri pezzi speciali.

Alla fine di ogni giorno di lavoro le estremità della linea in costruzione dovranno essere chiuse con un fondello metallico di tipo approvato dalla Direzione Lavori, tale da impedire l'entrata di acqua e di corpi estranei nella tubazione sino alla ripresa del lavoro.

Per tubi di diametro superiore a Ø 300 mm tale fondello dovrà essere applicato tutte le volte che l'estremità libera di una qualsiasi tubazione verrà lasciata incustodita e dovrà essere del tipo che esiga una apposita attrezzatura per essere rimossa (es. puntato a saldatura o bloccato a pressione).

Le testate dei tubi dovranno essere perfettamente ripulite da vernici, grassi, bave, terra, ecc. con un metodo approvato dalla Direzione Lavori, in modo da evitare difetti nell'esecuzione delle saldature.

Tutti i tagli che dovranno essere effettuati saranno fatti secondo un piano normale all'asse del tubo ed eseguiti esclusivamente con apposita apparecchiatura.

Il bordo del taglio dovrà essere rifinito ed aggiustato con l'uso di una mola o mediante lima.

#### 62.1.3 Curve

La posizione e le caratteristiche geometriche di ogni curva, prefabbricata o non, dovranno essere rispondenti al progetto.

In caso contrario prima del montaggio dovrà essere ottenuta, caso per caso, l'approvazione della DL

È ammesso il montaggio di curve costruite a freddo con idonea macchina piegatubi e rispondenti alle seguenti specifiche:

- l'ovalizzazione, intesa come differenza fra il diametro massimo e minimo, non dovrà essere superiore al 2,50% del diametro nominale;
- l'ovalizzazione potrà essere controllata mediante un calibro costituito da due dischi in lamiera di diametro uguale al 97,5% del diametro interno nominale del tubo accoppiati rigidamente ad una distanza pari ad un diametro;
- il raggio di curvatura non dovrà essere minore di 5 volte il diametro esterno della condotta;
- ogni tubo che presenterà ammaccature, rotture od altri segni evidenti di danni in seguito all'operazione di curvatura, dovrà essere sostituito a cura e spese dell'appaltatore.

#### 62.1.4 Saldatura elettrica

Specifiche delle saldature - Le saldature su tubi del diametro di 100 mm ed oltre dovranno essere fatte mediante un processo manuale ad arco secondo la regolamentazione stabilita dalle "Norme per l'esecuzione in cantiere ed il collaudo delle giunzioni circolari mediante saldatura dei tubi d'acciaio per condotte d'acqua" redatte dalla Sottocommissione Saldatura Tubi in Acciaio.

Forniture ed attrezzature per le saldature - L'appaltatore sarà tenuto a fornire tutte le attrezzature per la saldatura ivi compresi gli elettrodi conformi alle specifiche. Tutti gli elettrodi impiegati dovranno essere omologati a cura del fabbricante secondo le tabelle UNI5132, 7243 e 7244.

Nell'esecuzione della saldatura, i valori di tensione e di corrente saranno conformi a quanto raccomandato per ogni tipo di elettrodo impiegato.

Gli elettrodi verranno immagazzinati ed usati in accordo prescrizioni del fabbricante.

Verranno scartati quelli che presentino segni di deterioramento.

Procedimento di saldatura - La procedura di saldatura dovrà essere definita a soddisfazione della Direzione Lavori .

Il numero delle passate richieste dipenderà dallo spessore del tubo e dalla qualifica di procedura e non sarà minore di due; due passate contigue non dovranno essere iniziate nel medesimo punto.

Alla fine di ogni passata la saldatura dovrà essere pulita e raschiata da tutte le incrostazioni onde permettere un eventuale controllo visivo da parte della Direzione Lavori, per l'approvazione del proseguimento dei lavori relativi all'esecuzione delle passate successive.

Tale controllo verrà eseguito in modo da non pregiudicare, nei limiti del possibile, l'andamento dei lavori di montaggio. La prima passata dovrà risultare piena, con una completa penetrazione sui bordi e preferibilmente con una piccola quantità di rinforzo alla base.

Completata la saldatura, questa dovrà essere pulita da tutte le scorie e dal materiale ossidato onde permettere una ispezione visiva.

In nessun caso una saldatura dovrà essere limitata alla prima sola passata.

In caso di cattivo tempo l'esecuzione delle saldature dovrà essere protetta dalla pioggia e dal vento e nessuna saldatura verrà eseguita a tubo umido, a meno che i giunti da saldare non vengano adeguatamente preriscaldati secondo la qualifica di procedura ed il materiale utilizzato, previa autorizzazione della Direzione Lavori.

Qualora da parte di Enti od Autorità preposte al controllo dei lavori fossero imposte norme più restrittive, l'appaltatore sarà tenuto ad uniformarsi a tali prescrizioni

L'appaltatore, in nessun caso, sarà sollevato dalle responsabilità e dagli oneri derivanti da inosservanza di queste prescrizioni.

Preriscaldamento - L'appaltatore dovrà provvedere al preriscaldamento delle estremità dei tubi e dei raccordi, con le modalità fissate nella procedura per la saldatura di cui al precedente paragrafo, ogni qualvolta questo si renderà necessario per la perfetta esecuzione dei lavori ed in ogni caso quando richiesto dalla Direzione Lavori.

In particolare il preriscaldamento è richiesto quando la temperatura ambiente sia inferiore ai 4°C e per l'esecuzione delle saldature relative alla messa in opera delle valvole d'intercettazione e dei pezzi speciali aventi spessori diversi da quelli della tubazione.

Tipi e sezioni degli elettrodi - Tutti gli elettrodi saranno strettamente conformi ai requisiti specificati nelle tabelle UNI5132, 7243 e 7244.

Il numero di classificazione del metallo di riempimento, la misura degli elettrodi usati per ciascuna passata, il numero e l'intervallo di tempo fra le passate ed il numero dei saldatori operanti simultaneamente sui vari punti, dovranno essere strettamente in accordo con la qualifica di procedura riguardante la saldatura.

Qualifica dei saldatori - Potranno effettuare giunzioni saldate solo i saldatori qualificati con i procedimenti descritti nelle norme UNI4633 e UNI6918. La Committente potrà richiedere che la qualifica venga esibita alla presenza di un suo rappresentante. La Direzione Lavori si riserva il diritto di prelevare, a cura e spese dell'appaltatore, una saldatura per ogni saldatore al fine di controllarne la capacità dichiarata dall'appaltatore.

L'appaltatore sosterrà tutte le spese dei tagli, delle sostituzioni e dei provini di collaudo connessi con tutte le prove di cui sopra.

Qualora Autorità ed Enti preposti per i controlli e la sicurezza delle saldature richiedessero di effettuare direttamente la qualifica dei saldatori, l'appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi a tali disposizioni, assumendo a suo carico tutti gli oneri relativi.

Tale qualifica, a giudizio della Committente, potrà sostituire quella prevista nel presente paragrafo. Prima dell'inizio dei lavori l'appaltatore consegnerà alla Direzione Lavori l'elenco nominativo dei saldatori che verranno impiegati, assumendosi comunque ogni responsabilità riguardo la qualifica degli stessi ai sensi di quanto specificato nel presente paragrafo.

È fatto divieto di far operare in cantiere saldatori senza il preventivo benestare della Direzione Lavori

Le saldature effettuate da saldatori rifiutati dalla D.L. dovranno essere eliminate.

Ispezione e collaudo delle saldature in cantiere - La Committente, direttamente od attraverso la Direzione Lavori, avrà la facoltà di controllare che le saldature siano state eseguite in accordo con le norme esistenti e secondo le istruzioni date.

Controllo distruttivo delle saldature - La Committente o la Direzione Lavori avranno la facoltà di ordinare il prelievo di provini da sottoporre a prova distruttiva in ragione dell'1% delle saldature eseguite.

I prelievi ed il rifacimento delle saldature saranno eseguite a cura e spese dell'appaltatore.

Qualora in eccedenza a quanto sopra stabilito vengano ordinati prelievi di altri provini, l'appaltatore dovrà provvedere al taglio ed al rifacimento della saldatura.

Gli oneri relativi a tali ultime operazioni saranno a carico della Committente in caso di esito positivo della prova ed a carico invece dell'appaltatore qualora la saldatura risultasse difettosa. Le prove distruttive verranno eseguite in conformità della procedura prevista dalle norme API 1104.

Controllo non distruttivo delle saldature - Eventuali prove non distruttive, qualora richieste dalla Committente, potranno venire eseguite a cura di Ditte specializzate ed a carico dell'appaltatore, su incarico della Committente o dell'Appaltatore, sia con ultrasuoni che con metodo radiografico o con entrambi a richiesta della Committente, in relazione al tipo di giunto.

Gli esiti del controllo dovranno essere comunicati con tempestività alla Direzione Lavori, onde evitare, nei limiti del possibile, ritardi nell'avanzamento delle operazioni di saldatura.

Tutta la documentazione riguardante i controlli non distruttivi dovrà, in ogni momento, essere a disposizione della Direzione Lavori

Le saldature denunciate difettose al controllo con ultrasuoni dovranno essere sottoposte a controllo radiografico al fine di accertare la natura del difetto.

Il controllo radiografico verrà eseguito mediante raggi X od altro metodo a facoltà della Committente ed applicando i criteri di accettabilità contenuti nelle norme API 1104.

L'eventuale controllo verrà effettuato secondo le modalità stabilite dalla Direzione Lavori.

Accettabilità, taglio e riparazioni delle saldature - I criteri di accettabilità saranno, di regola, quelli contenuti nelle norme API 1104.

La Committente si riserva la facoltà di seguire eventuali altri criteri assumendo a proprio carico le relative spese.

Nel taglio delle saldature non accettabili il ricollegamento della colonna sarà fatto inserendo un tronchetto di lunghezza non inferiore a 50 cm o spostando un tronco di colonna saldata fino alla giusta posizione; le saldature ripetute dovranno essere di nuovo radiografate e le spese relative saranno a carico dell'appaltatore.

Tutte le operazioni inerenti all'eliminazione delle saldature classificate non accettabili e le riparazioni delle saldature difettose verranno eseguite a cura e spese dell'appaltatore con l'approvazione della Direzione Lavori e comunque in accordo con le norme API 1104.

#### 62.1.5 Rivestimento delle tubazioni e dei giunti

Il rivestimento di tratti di condotta eventualmente fornita nuda potrà essere eseguito sia in cantiere che in linea, e le modalità della sua esecuzione dovranno ottenere l'approvazione della Direzione Lavori.

Il rivestimento delle tubazioni nude e dei giunti sarà normalmente così eseguito:

- sulla superficie resa preventivamente pulita ed asciutta si applicano una o più mani di vernice bituminosa (ottenibile sciogliendo 45 parti di bitume ossidato e 55 parti di toluolo); a questa viene affidato il compito di assicurare l'aderenza del successivo rivestimento alla superficie metallica, aderenza che per essere assicurata richiede un completo essiccamento della vernice;
- applicazione di uno strato di bitume fuso; questo dovrà avere uno spessore non inferiore a 2 mm, essere continuo su tutta la sua estensione ed estendersi in modo da andare a sovrapporsi alla parte estrema del rivestimento preesistente; l'applicazione del bitume potrà essere eseguita in uno o più tempi lasciando raffreddare lo strato precedente e ciò fino ad avere raggiunto almeno lo spessore sopraddetto; per l'applicazione del bitume specialmente nella parte inferiore del tubo ci si potrà aiutare con pennello a spatola o batuffolo di tessuto di vetroflex legato ad un bastoncino in modo da assicurare l'applicazione dello strato voluto di ca. 2 ÷ 3 mm di spessore su tutta la superficie del tubo da rivestire;
- applicazione a caldo di due o più fasciature di nastro di tessuto di vetroflex abbondantemente imbevuto di bitume fuso; queste fasciature verranno avvolte in modo da realizzare un efficace protezione meccanica del sottostante strato di bitume e dovranno ricoprire anche le zone terminali del rivestimento adiacente alla superficie da rivestire; l'avvolgimento di nastro di vetroflex verrà eseguito esercitando una certa trazione in modo da assicurare la sua aderenza al sottostante bitume ed evitare nel modo più assoluto che si formino sacche e vuoti;
- detto rivestimento verrà applicato in modo che esso abbia uno spessore pari a quello applicato sui tubi in fabbrica. Lo spessore complessivo dovrà essere comunque pari a 5 ÷ 6 mm.

Pulizia ed ispezione - Prima dell'applicazione dello strato di bitume fuso la superficie del tubo dovrà essere pulita da qualunque incrostazione, vernice, ecc., e soprattutto dalla ruggine mediante solventi e macchine pulitrici approvate dalla Direzione Lavori e mantenute in buone condizioni di lavoro.

A seconda dei casi potrà essere richiesta dalla Direzione Lavori anche la pulizia con spazzole a mano; speciale attenzione verrà posta nella pulizia della giunzione longitudinale dei tubi saldati longitudinalmente.

Durante la pulizia verrà eseguita una accurata ispezione della superficie del tubo per accertare eventuali danneggiamenti quali incisioni, ammaccature, ecc.

I danni riscontrati dovranno essere riparati a cura e spese dell'appaltatore.

Applicazione dello strato di bitume fuso - L'applicazione del bitume fuso sarà eseguita immediatamente dopo la pulizia della superficie della tubazione che dovrà risultare perfettamente asciutta.

Successivamente dovranno essere eliminate le sbavature ed il bitume applicato in eccesso. L'appaltatore dovrà inoltre prendere ogni precauzione al fine di evitare che il tubo verniciato venga a contatto col terreno e comunque sporcato da

olio, grasso, fango od altro.

Applicazione a caldo del nastro di tessuto di vetroflex - Il nastro di tessuto di vetroflex, imbevuto di bitume fuso, verrà applicato sullo smalto bituminoso in modo che la fascia sia immersa nello smalto ed il ricoprimento delle spire avvenga per non meno di cm 2.

In caso di rottura della fascia o di cambiamento di bobina, la ripresa sarà eseguita con un ricoprimento pari ad almeno un intero avvolgimento previa spalmatura di un conveniente strato di bitume.

Controllo del rivestimento - A cura e spese dell'appaltatore ed alla presenza della Direzione Lavori verranno eseguiti controlli al rivestimento con le modalità appresso indicate.

Sistematicamente ed immediatamente prima della posa verrà effettuato su tutto il rivestimento un controllo mediante un rilevatore a scintilla (detector) munito di spazzola di tipo appropriato ed approvato dalla Direzione Lavori

La tensione di prova dovrà avere un valore compreso fra 10000-15000 Volts.

La Direzione Lavori avrà inoltre la facoltà di procedere al prelievo di campioni del rivestimento per le necessarie verifiche.

I tasselli, delle dimensioni di cm 10x10 circa, saranno prelevati dopo che il rivestimento avrà raggiunto la temperatura ambientale, mediante una netta incisione perimetrale, in ragione massima di 10 ogni km ed almeno tre di essi saranno prelevati sulla parte inferiore della condotta.

Qualora vengano riscontrati difetti la Direzione Lavori avrà la facoltà di aumentare il numero dei prelievi a sua discrezione.

L'esame dei campioni dovrà accertare che:

- lo spessore del rivestimento sia compreso entro i limiti precedentemente stabiliti;
- gli strati delle differenti componenti del rivestimento si presentino nella successione e secondo gli spessori prescritti;
- il velo di vetro si trovi completamente immerso nello smalto bituminoso e non sia mai a contatto con la tubazione;
- il tassello prelevato ed i bordi dello stesso non presentino scollature e superfici nette di separazione tra rivestimento e strato di vernice di fondo o tra questa e la superficie metallica della tubazione;
- non esistano tracce di depositi carboniosi provocati da surriscaldamento delle miscele bituminose nelle caldaie.

Riparazioni del rivestimento - Quando la natura e l'estensione dei difetti del rivestimento, riscontrati durante i controlli, siano tali da compromettere a giudizio della Direzione Lavori le sue funzioni protettive, la tratta di condotta dovrà essere interamente scorticata e ripulita accuratamente prima di procedere al rifacimento stesso; quanto sopra a cura e spese dell'Appaltatore.

In ogni altro caso, i difetti saranno riparati alla presenza della Direzione Lavori e secondo le direttive della stessa, sempre a cura e spese dell'Appaltatore, adottando tutti gli accorgimenti ritenuti necessari per ottenere la sua perfetta efficienza.

L'attività di controllo della Direzione Lavori sarà coordinata con le operazioni dell'appaltatore in modo da evitare, nei limiti del possibile, che le operazioni di fasciatura e di riparazione o rifacimento del rivestimento subiscano ritardi.

#### 62.1.6 - Rivestimento esterno in polietilene delle tubazioni in acciaio

Il rivestimento esterno in polietilene da realizzare mediante processo di estrusione a caldo deve essere del tipo a triplo strato, in conformità alla norma UNI9099/89.

Esso deve essere composto da:

- a) Strato di fondo - costituito da primer epossidico liquido o in polvere con spessore minimo di 10 micron (0,010 mm).
- b) Strato intermedio - costituito da adesivo polietilenico, spessore 150 - 400 micron.
- c) Strato protettivo - costituito da polietilene a bassa densità additivato con nero fumo (2% - 3%) ed antiossidanti (a completamento dello spessore totale e con funzione di protezione meccanica).

Il processo di applicazione del rivestimento in polietilene in relazione al diametro ed al tipo di tubo in acciaio (senza saldatura, saldato a resistenza, saldato ad arco sommerso ecc.) può avvenire per estrusione circolare su tubo che avanza con moto rettilineo o per estrusione laterale su tubo che avanza con moto a spirale.

Continuità dielettrica - Il rivestimento di ciascun tubo deve essere sottoposto sull'intera superficie al controllo della continuità

dielettrica mediante strumento Holiday Detector, tensione impulsiva 25 kV.

Finitura delle estremità - Le estremità dei tubi devono essere prive di rivestimento per una larghezza di 100 - 150 mm e trattate con protettivo temporaneo (durata protezione circa 1 anno).

La parte terminale del rivestimento deve essere smussata con angolo da 15° a 45°. Per i tubi di diametro nominale da 100 a 250 mm l'estremità del rivestimento non deve essere smussata (taglio a 90°).

#### a) Prove di collaudo e certificazione

- Le prove si dividono in:

Prove sistematiche e non sistematiche

Le prove sistematiche devono essere effettuate su tutti i tubi. Esse sono:

- a) Esame visivo dell'aspetto
- b) Controllo della continuità dielettrica
- c) Controllo della finitura delle estremità.

Nel caso in cui in seguito alle suddette prove risultino dei tubi non conformi, il rivestimento degli stessi deve essere riparato secondo quanto descritto nel seguito.

Nel caso in cui le riparazioni interessino un'area superiore al 10% della superficie, il tubo in oggetto deve essere sottoposto a un secondo ciclo di lavorazione (eliminazione del rivestimento realizzato e riesecuzione dello stesso).

#### *Prove non sistematiche*

Le seguenti prove devono essere effettuate con la frequenza di seguito specificata:

- a) Misura dello spessore

Misura effettuata con spessimetro magnetico, opportunamente tarato errore max  $\pm 10\%$ , in 12 punti simmetricamente distribuiti una prova ogni 200 tubi dell'ordinativo (Almeno una prova per ogni turno di produzione di 8 h).

- b) Prova di aderenza

Prova effettuata su un tubo ogni 200 tubi dell'ordinativo o una prova per ogni turno di produzione di 8 h.

- c) Resistenza all'urto

Prova effettuata su un tubo di inizio produzione dell'ordinativo.

- d) Resistenza alla penetrazione

Prova effettuata all'inizio della produzione dell'ordinativo.

- e) Allungamento a rottura

Prova effettuata all'inizio della produzione dell'ordinativo.

Nel caso in cui i risultati delle prove elencate non fossero conformi a quanto richiesto, i tubi sui quali sono state effettuate le prove (o i tubi dai quali sono prelevati i provini) devono essere sottoposti ad un secondo ciclo di lavorazione.

Più precisamente:

- La prova (o le prove) i cui risultati non sono conformi deve essere ripetuta su un numero doppio di tubi prodotti (scelti tra quelli prodotti subito prima e dopo i tubi sottoposti inizialmente alle prove).

- Nel caso in cui i risultati delle riprove siano positivi la produzione è dichiarata conforme, nel caso in cui i risultati non siano positivi il fornitore deve concordare con l'acquirente un piano di prove più dettagliato per definire l'accettazione o meno del prodotto.

Prove di qualificazione del rivestimento applicato

Le seguenti prove devono essere effettuate sul rivestimento applicato con periodicità max di 3 anni, per la qualificazione del polietilene utilizzato.

- a) Resistenza specifica del rivestimento
- b) Stabilità ai raggi U.V.

c) Stabilità termica.

#### *Certificazione*

I risultati delle prove di collaudo devono essere registrati e forniti come certificazione nei confronti dell'acquirente.

Tutte le materie prime utilizzate, relativamente ad ogni lotto, devono essere accompagnate all'atto della fornitura da un certificato di analisi (con le prove inerenti le caratteristiche fisico-chimiche principali). Tale certificazione deve essere trasmessa dal rivestitore all'acquirente.

#### 62.1.7 Riparazioni sul rivestimento esterno - Le riparazioni del rivestimento si eseguono in relazione al tipo di difetto secondo le procedure di seguito descritte.

Le riparazioni realizzate mediante applicazione di pezze in polietilene o manicotti termorestringenti possono interessare al massimo il 10% della superficie esterna del tubo.

a) Riparazioni su piccoli difetti

Sono da considerarsi piccoli difetti:

- discontinuità del rivestimento di superficie max pari a 20 cm<sup>2</sup>.
- graffi, incisioni ed altri difetti causati da movimentazione che comunque non pregiudicano la continuità dielettrica del rivestimento.

La riparazione si esegue con riporto di materiale omogeneo per fusione e spatolamento.

Per la procedura dettagliata dovrà essere seguita la procedura riportata ai punti che seguono.

b) Riparazioni su difetti estesi

Sono da considerarsi difetti estesi:

- discontinuità singola del rivestimento di superficie superiore a circa 20 cm<sup>2</sup>.

La riparazione deve essere eseguita secondo le seguenti metodologie:

- applicazione di manicotto termorestringente se la superficie supera circa i 300 cm<sup>2</sup>.
- applicazione di pezze in polietilene se la superficie è inferiore a circa 300 cm<sup>2</sup>.

Nel caso di più difetti di superficie inferiore a 300 cm<sup>2</sup> vicini tra loro è consentita l'applicazione di un manicotto termorestringente. Per la procedura dettagliata circa la riparazione con pezza e per l'applicazione dei manicotti vedere i punti seguenti.

#### 62.1.8 Procedura di applicazione di manicotti termorestringenti sulla zona di giunzione

a) Preparazione della superficie metallica

- eliminazione di eventuali sostanze inquinanti quali terra, olio, ecc.
- smerigliatura della superficie metallica con smerigliatrice o spazzola abrasiva
- leggera smerigliatura delle zone rivestite in polietilene adiacente interessata all'applicazione del manicotto

b) Preriscaldamento della superficie metallica

- riscaldamento della superficie metallica fino ad una temperatura di circa 50°C
- la temperatura del rivestimento adiacente dovrà essere di circa 30°C

c) Posizionamento del manicotto sul tubo

- rimuovere il foglio protettivo del manicotto
- centrare il manicotto ed avvolgerlo al tubo. La sovrapposizione del manicotto sul rivestimento adiacente deve essere minima di 50 mm. La sovrapposizione dei lembi del manicotto deve essere di circa 150 mm.

d) Posizionamento delle pezze di giunzione

- centrare la pezza di chiusura sulla zona di sovrapposizione dei due lembi del manicotto
- pressare la pezza sul manicotto

- e) Riscaldamento della pezza di giunzione
- riscaldare uniformemente la pezza sino ad osservare un deciso viraggio del suo colore
  - a viraggio avvenuto, premere sulla pezza con guanti o rullo per ottenere una intima fusione tra pezza e manicotto
- f) Riscaldamento del manicotto
- riscaldamento del manicotto lungo le sezioni circolari (procedendo dalle sezioni centrali verso quelle laterali) avendo cura che il suo restringimento avvenga senza che restino intrappolate sacche d'aria.
- g) Collaudo
- ispezione visiva per controllare l'assenza di bolle d'aria, di grinze, di sdoppiature, scollamenti dei bordi e della pezza di giunzione
  - verifica della continuità dielettrica mediante holiday detector tarato con una tensione di prova di 25 KV.

#### 62.1.9 - Rivestimento interno delle tubazioni in resina epossidica

Il rivestimento interno deve essere realizzato in resina epossidica bicomponente, mediante verniciatura, con prodotti che risultino idonei al contatto con acqua potabile, in conformità a quanto previsto dalle vigenti leggi: D.M. 21/3/73 - Circolare del Ministero della Sanità n. 102 del 02/12/1978. - D.M. 174 del 06/04/2004 Ministero della salute.

L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori la certificazione prodotta da un laboratorio specializzato che i materiali impiegati sono in conformità alle sopracitate disposizioni di legge.

Il rivestimento deve essere applicato mediante sistema air-less su una superficie asciutta ed esente da sostanze estranee (oli, grassi, ecc..), ed opportunamente sabbiata mediante proiezione di graniglia metallica, fino ad ottenere un grado di finitura Sa 2 1/2.

Caratteristiche del rivestimento interno applicato (in resina epossidica) -

##### *Aspetto*

Il rivestimento applicato deve presentarsi all'esame visivo come una superficie levigata e speculare, priva di difetti di verniciatura (colature, spirali, gocce, ecc..) di colore uniforme, aspetto omogeneo, e senza alcun difetto di laminazione riguardo alla superficie metallica.

##### *Spessore*

Lo spessore minimo secco del rivestimento deve risultare pari a 250 micron (0,250 mm) e lo spessore massimo può risultare pari a 400 micron (0,400 mm).

##### *Finitura estremità*

Le estremità dei tubi devono essere prive di rivestimento per una larghezza di 20-30 mm e trattate con protettivo temporaneo (durata minima 1 anno).

##### *Prova di aderenza*

La prova di aderenza si effettua sui tubi dopo il periodo necessario alla completa essiccazione del rivestimento.

Essa consiste nell'incidere mediante una lama di coltello la superficie verniciata, con due incisioni a metallo incrociate, e quindi scalzare il rivestimento nelle zone incise. L'esito della prova è positivo se il rivestimento non viene rimosso sotto forma di grosse scaglie e non presenta stratificazioni.

Prove di collaudo relative al rivestimento interno e certificazione -

Tutti i tubi devono essere ispezionati per l'esame visivo dell'aspetto del rivestimento interno.

Nel caso in cui si riscontrino dei difetti, se questi si estendono per un'area superiore al 10% della superficie rivestita, il tubo in oggetto deve essere sottoposto ad un secondo ciclo di lavorazione (eliminazione del rivestimento realizzato e riesecuzione dello stesso).

##### *Prove non sistematiche*

Le seguenti prove devono essere effettuate con la frequenza di seguito specificata:

a) Misura dello spessore

Misura effettuata ad umido con spessimetro a pettine su uno o più tubi, in un numero di punti significativo, ad ogni inizio lavorazione o dopo interruzioni della produzione superiori a 2 h.

Misura effettuata a secco con spessimetri magnetici (errore max  $\pm 10\%$ ) in un numero significativo di punti, su un tubo per ogni turno di 8 h di lavorazione.

b) Prova di aderenza

Prova effettuata su un tubo ogni 200 tubi dell'ordinativo o una prova per ogni turno di produzione di 8 h.

Nel caso in cui i risultati delle prove di cui al punto due I° e II° comma non siano conformi a quanto richiesto, i tubi sui quali sono state effettuate le prove devono essere sottoposti ad un secondo ciclo di lavorazione. Inoltre la prova i cui risultati non siano conformi deve essere ripetuta su un numero doppio di tubi prodotti (scelti tra quelli prodotti subito prima e dopo i tubi sottoposti inizialmente alle prove). Nel caso in cui i risultati delle riprove siano positivi la produzione è dichiarata conforme, nel caso in cui i risultati non siano positivi il fornitore deve concordare con l'acquirente un piano di prove più dettagliato per definire l'accettazione o meno dei tubi rivestiti.

*Certificazione*

I risultati delle prove di collaudo devono essere registrati e forniti come certificazione nei confronti dell'acquirente. Tutte le materie prime utilizzate, relativamente ad ogni lotto, devono essere accompagnate all'atto della fornitura da un certificato di analisi (con le prove inerenti le caratteristiche fisico-chimiche principali). Tale certificazione deve essere trasmessa dal rivenditore all'acquirente.

*Riparazioni sul rivestimento interno*

Le riparazioni realizzate possono interessare al massimo il 10% della superficie interna dei tubi. Per le riparazioni deve essere utilizzata la stessa resina epossidica applicata per il rivestimento interno del tubo.

La riparazione si esegue nel seguente modo:

- si effettua sulla zona da riparare una leggera smerigliatura fino ad ottenere una superficie metallica completamente pulita;
- si rimuove la polvere ed ogni altro residuo dalla zona da riparare;
- si applicano sulla zona interessata a spruzzo o pennello una o più mani di resina epossidica, precedentemente preparata, fino ad ottenere lo spessore secco di 250 micron.

*Operazioni da effettuare al montaggio della condotta*

Dopo aver effettuato la saldatura dei tubi è necessario procedere al rivestimento della zona di giunzione per realizzare la continuità del rivestimento.

*Esecuzione del rivestimento interno sulla zona di saldatura*

Dopo aver effettuato la saldatura dei tubi è necessario procedere al rivestimento interno della zona di giunzione per realizzare la continuità del rivestimento interno.

Questa operazione deve essere realizzata per tubi di diametro superiore o uguale a 400 mm; per tubi di diametro inferiore l'operazione può anche non essere effettuata.

L'operazione deve avvenire secondo la procedura di seguito indicata:

- effettuare sulle estremità non rivestite interne dei tubi (20-30 mm) una leggera smerigliatura fino ad ottenere una superficie metallica completamente pulita.
- dopo aver realizzato la saldatura rimuovere ogni residuo dalla zona interna di giunzione mediante energica spazzolatura.
- applicare sulla zona interessata a pennello o spruzzo uno strato di resina epossidica, precedentemente preparata, sino ad ottenere lo spessore secco di circa 250 micron (durante l'operazione avere cura di non danneggiare il rivestimento interno preesistente).

62.1.10 Rivestimento interno delle tubazioni in malta cementizia centrifugata

Il rivestimento interno in malta cementizia centrifugata sarà eseguito in conformità alle norme DIN 2614

62.1.11 Posa in opera di tubazioni in acciaio tramite tecnica della trivellazione orizzontale controllata e teleguidata guidata (T.O.C.).

Nel presente paragrafo vengono forniti le prescrizioni ed i controlli, cui si deve attenere l'Appaltatore per l'esecuzione di tratti di condotta da realizzarsi con tubazioni in acciaio poste in opera mediante il metodo della Trivellazione Orizzontale Controllata e Teleguidata (T.O.C.).

La condotta da posarsi dovrà essere pre-allestita in opera e dovrà essere in realizzata mediante saldatura testa/testa di barre di lunghezza di circa 12 m, in acciaio L355 rivestito internamente ed esternamente.

Caratteristiche della condotta

Le tubazioni in acciaio L355 UNI 10224 senza saldatura dovranno essere prodotte secondo le norme UNI 10224. Esse dovranno avere estremità lisce atte alla saldatura di testa, con rivestimento esterno in polietilene ad alta densità triplo strato, secondo norme UNI 9099, ed interno con resina epossidica atossica con spessore minimo di 250 micron.

Esternamente le estremità lisce, a condotta costruita, verranno protette con manicotti termorestringenti adatti all'impiego con T.O.C., e fascia sacrificale lo sguaino verrà sormontato per almeno 50 mm per parte.

I giunti saldati dovranno essere controllati nella misura del 100% mediante ultrasuoni e con liquidi penetranti ad opera di ditta specializzata approvata dalla D.L..

La condotta deve essere precollaudata idraulicamente con pressione indicata dalla D.L.. Il precollaudo deve essere eseguito fuori opera prima del rivestimento dei giunti, analogo collaudo sarà fatto a condotta posata.

La condotta dovrà comprendere tutta la tubazione, i pezzi speciali e quant'altro risulti necessario. Sono solamente esclusi, all'estremità della tratta, le curve di raccordo per il collegamento alla tubazione di raccordo. Sono altresì compresi nel prezzo di appalto i vari oneri derivanti dalla ricerca, individuazione, scoprimento, puntellamento ripristino e riparazione di cavi interrati, tubazioni sottoservizi in genere, manufatti in cls, o acciaio, palancole o altro intercettati nella esecuzione dei lavori. E' altresì compreso inoltre la protezione ed il puntellamento e l'eventuale riparazione di fabbricati manufatti o costruzioni in genere interessati dai lavori.

L'appaltatore dovrà inoltre provvedere a risarcire qualsiasi danno provocato a cose, merci o persone dall'esecuzione dei lavori di sua competenza.

I lavori dovranno essere eseguiti come indicato negli elaborati grafici e descrittivi di progetto.

Prescrizioni e controlli

L'appaltatore prima dell'inizio dei lavori dovrà fornire quanto segue:

a) eseguire eventuali indagini geognostiche e geotecniche aggiuntive ed i rilievi topografici di dettaglio necessari per l'esecuzione del lavoro;

b) eseguire il rilievo di cavi interrati, tubazioni, sottoservizi in genere, manufatti in cls, o acciaio, palancole o altro intercettati nella esecuzione dei lavori e di fabbricati manufatti o costruzioni in genere interessati dai lavori;

c) verificare con i competenti uffici, per tutti gli impianti ed i sottoservizi esistenti, i programmi di realizzazione futuri al fine di evitare ostacoli e impedimenti a future realizzazioni;

d) presentare una relazione, da sottoporre ad approvazione da parte del D.L., che tratti almeno i seguenti punti:

1. tipo e caratteristiche di:

- sistema direzionale;
- attrezzature di superficie (macchina di perforazione, miscelatore, pompe, ecc.);
- aste di trivellazione del foro pilota;
- testa di trivellazione;
- alesatori ;

2. modalità di:

- preparazione del sito ed installazione dell'impianto di trivellazione;
- procedure relative alle modalità di esecuzione della trivellazione orizzontale controllata e teleguidata, alla trivellazione del foro pilota, al prealesaggio e metodo di varo;

3. programma generale per il calcolo e il controllo per le operazioni di varo della condotta riguardante:

- la determinazione preventiva di tutti i parametri limite necessari per le varie e successive operazioni;
- la progettazione del foro pilota, tenendo conto dei diversi vincoli progettuali, e in particolare del raggio di curvatura minimo a regime della condotta, del raggio di curvatura minimo in fase transitoria durante il varo della condotta, della lunghezza massima tubazione posata, dello scostamento planimetrico entro l'area disponibile indicata in progetto, della distanza minima tra la tubazione e le eventuali strutture di sottoservizio.
- la verifica del comportamento della colonna di varo durante le varie fasi operative (angolo di entrata del foro, carichi sulle gru, sollecitazioni sul tubo ecc.);
- la descrizione il sistema di controllo direzionale del foro pilota; in particolare il sistema direzionale dovrà fornire in automatico la posizione della punta di perforazione in ogni momento lo si richieda mediante la rilevazione in automatico dell'inclinazione sul piano verticale e dell'azimuth (angolo sul piano orizzontale rispetto al Nord magnetico) e mediante la misurazione della distanza dal punto di ingresso;
- le schede tecniche delle attrezzature utilizzate per l'esecuzione della trivellazione orizzontale e teleguidata;
- gli interventi previsti in caso di avaria di qualche organo principale durante l'esecuzione della T.O.C.;

L'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori dovrà:

- mettere in atto tutti gli accorgimenti onde evitare fuoriuscite in superficie del fango di perforazione;
- mantenere la perforazione entro le tolleranze previste dal progetto: raggio di curvatura minimo a regime della condotta, raggio di curvatura minimo in fase transitoria durante il varo della condotta, lunghezza massima tubazione posata, scostamento planimetrico entro l'area disponibile indicata in progetto, distanza minima tra la tubazione e le eventuali altre strutture di sottoservizio.
- verificare prima dell'esecuzione del tiro della condotta, i dati prodotti in automatico durante la realizzazione del foro pilota, relativi all'andamento altimetrico e planimetrico dello stesso; magnetico), e mediante la misurazione della distanza dal punto di ingresso.

I dati relative al foro pilota saranno evidenziati graficamente nella traiettoria di perforazione e sottoposti alla tempistica approvazione della D.L. prima dell'inizio delle fasi successive.

L'Appaltatore dovrà inoltre:

- controllare che gli eventuali quantitativi di acqua di zavorra introdotti nella condotta per il controllo del galleggiamento, siano conformi a quelli previsti in progetto;
- evitare che durante la fase di tiro-posa vengano impiegati sforzi di tiro superiori a quelli che implicino tensioni maggiori a quelle massime previste in progetto;
- verificare in continuo, nel corso di tutte le fasi, i parametri fisici (densità e viscosità) del fango di perforazione ed il contenuto dei solidi del fango di ricircolo, per tenere sotto controllo l'andamento della perforazione e la stabilità del foro;
- produrre per ciascuna fase operativa le registrazioni dei valori relativi alla pressione dei fanghi ed i dati relativi alla torsione e tiro esercitati dal rig per ogni asta.

#### Ripristini

Alla conclusione dei lavori l'Appaltatore dovrà, come prescritto nei documenti contrattuali, provvedere allo sgombero delle aree di lavoro ed alla loro sistemazione e ripristino.

L'Appaltatore dovrà inoltre eseguire tutte le opere di sistemazione e di ripristino delle zone danneggiate in conseguenza dell'eventuale fuoriuscita del fango di perforazione, per qualunque causa o per qualsiasi punto questa si sia verificata.

Sarà infine cura dell'Appaltatore smaltire tutti i materiali di risulta dei lavori eseguiti. In particolare ottenere tutti i permessi e collocare in discariche autorizzate i fanghi di perforazione impiegati in tutte le fasi di lavoro.

#### Elaborati come costruito (AS-BUILT)

A fine lavoro l'Appaltatore dovrà redigere un rapporto finale comprensivo di:

- a) disegno as-built dell'attraversamento comprendente:

- planimetria asse condotta, eseguito sulla base dei dati registrati in automatico durante l'esecuzione del foro pilota;
- profilo longitudinale asse condotta, eseguito sulla base dei dati registrati in automatico durante l'esecuzione del foro pilota.

In entrambi i casi dovrà essere riportato il profilo di progetto.

a) tabulati dei dati relativi agli andamenti delle variazioni azimutali e di inclinazione registrati durante la fase di esecuzione del foro pilota;

b) tabulati dei dati relativi al fango di perforazione, annotati o registrati in ogni fase della trivellazione, riferiti a:

- entità dei solidi contenuti nel fango di ricircolo;
- quantitativo di bentonite impiegata;
- pressioni operative del fango registrate al rig.

c) schede tecniche relative a:

- caratteristiche del fango di perforazione e dei suoi componenti;
- caratteristiche degli additivi utilizzati.

d) tabulati dei dati relativi all'esecuzione del foro pilota, alesaggi e tiro-posa:

- velocità di avanzamento;
- sforzo di tiro;
- sforzo di torsione;
- portata del fango.

#### Modalità esecutive

Prima della messa in opera della condotta l'appaltatore chiederà alla D.L. di eseguire il controllo dei materiali in opera al fine di stabilire la loro rispondenza con quanto riportato nei disegni di progetto e nelle Specifiche contrattuali. In particolare dovrà controllare i diametri, gli spessori, il tipo di materiale, il tipo di saldatura, manicotti e quant'altro fornito in opera.

Le aree di lavoro e le eventuali strade di accesso alle stesse devono essere tenute in perfetto ordine e mantenute efficienti per tutta la durata dei lavori.

Nei tratti in parallelismo con un metanodotto e/o oleodotto o altri sottoservizi in esercizio si dovrà prestare particolare cura nelle operazioni di trivellazione, comunque l'impresa appaltatrice dovrà procedere nel pieno rispetto delle norme vigenti e delle indicazioni della D.L.

Dovranno essere pianificate tutte le precauzioni atte a garantire che i servizi attraversati ed interessati dai lavori non vengano danneggiati. L'impresa esecutrice risponderà in solido ad eventuali danni causati per impreciso o imprudenza nelle sopradescritte fasi di trivellazione e tiro-pesa della condotta.

#### Dettaglio dei lavori

I lavori dovranno essere eseguiti in conformità agli elaborati progettuali e nel rispetto delle norme del capitolato e dovranno comunque comprendere quanto segue:

1) trasporto, impianto, e spianto cantiere nei due lati degli attraversamenti di progetto da eseguirsi mediante trivellazione orizzontale controllata per mezzo di attrezzature e macchinari di perforazione con adeguata potenza di torsione e tiro. In tale lavorazione è compreso quanto di seguito specificato:

- il trasporto e nolo, per tutto il tempo necessario ai lavori, dei macchinari e delle attrezzature per l'esecuzione dei lavori di attraversamento mediante trivellazione orizzontale controllata quali slitta di trivellazione, unità di controllo e comando della trivellazione, aste di perforazione, vasca fanghi di perforazione, unità di ricircolo e miscelazione dei fanghi, pompa dei fanghi, bentonite, gruppo di generazione energia elettrica, container adibiti magazzino, ufficio e baracca di cantiere, buca di ingresso trivellazione e recupero fanghi di perforazione, bacino di decantazione fanghi, ecc.

- i permessi e licenze necessarie per l'accantieramento e per l'esecuzione dei lavori di attraversamento da ottenersi

presso gli enti competenti;

- attività di supporto alla Stazione Appaltante per il rilascio della concessione all'attraversamento da parte dagli enti titolari e/o gestori;

- la preparazione e il successivo ripristino delle piste d'accesso;

- lo scarico dei macchinari e delle attrezzature, il loro posizionamento ed ancoraggio;

- i collegamenti idraulici ed elettrici in posizione di lavoro

- la realizzazione della buca di ingresso ed uscita trivellazione e recupero fanghi di perforazione

- il nolo e la messa in opera delle tubazioni di ricircolo fanghi dal cantiere di inizio trivellazione al cantiere di fine trivellazione compreso eventuali oneri per l'ottenimento delle necessarie autorizzazioni all'attraversamento presso gli enti competenti;

- la successiva smobilitazione del cantiere a fine lavori e il carico dei macchinari;

- l'esecuzione dei rilievi topografici, il tracciamento dell'attraversamento;

- la predisposizione del sistema di guida della perforazione;

- le eventuali indagini per il riscontro delle previsioni geologiche sulla natura dei terreni attraversati;

- le opere necessarie per l'approvvigionamento di acqua in zona cantiere;

- taglio piante e cespugli di qualunque genere;

- eventuale sgombero del tracciato nell'attraversamento dei vigneti o culture similari a tendone sostenuti con strutture a fune ed il successivo ripristino;

- rimozione delle canalette di irrigazione, smontaggio di impianti di irrigazione a pioggia ad aspersione e simili e smontaggio di eventuali impianti di drenaggio interrati, nonché le relative opere provvisorie per assicurare la continuità di tutti i sistemi di irrigazione (ivi compresi i rotoloni mobili) e del drenaggio dei terreni;

- rimozione e successiva ricostruzione a regola d'arte e nel rispetto dello stato preesistente di qualsiasi manufatto, impianto o sottoservizio che possa risultare di ostacolo alla realizzazione dell'opera;

- esecuzione degli scavi necessari per la realizzazione delle opere;

- risarcimento di qualsiasi danno provocato a cose, merci o persone dall'esecuzione dei lavori di sua competenza;

- esecuzione di recinzioni per il contenimento degli impianti, comprese eventuali recinzioni provvisorie;

- movimenti di terra connessi con la sistemazione dei terreni in punti particolari;

- costruzione di strade di accesso ai punti di intercettazione ed agli impianti;

- costruzione di accessi ai luoghi dei lavori non raggiungibili con le piste di cantiere;

- prosciugamento degli scavi, anche con mezzi speciali tipo Well-Point o similari;

- posa in opera di dispositivi di segnalazione (cartelli, ecc.), nonché cassette su piantana, chiusini, ecc.

- l'impiego di un adeguato numero di escavatori e autogrù per tutto il tempo necessario per la preparazione del cantiere, la realizzazione delle buche di partenza e arrivo, il varo della tubazione, il suo sostegno lungo la catenaria di progetto;

- assistenza varia per tutto il tempo necessario alla completa realizzazione dell'opera;

- mezzi di trasporto necessari per il trasporto delle aste e accessori di alesatura;

2) fornitura, trasporto e assemblaggio su appositi rulli per il tiro entro perforazione ottenuta mediante trivellazione orizzontale controllata, di tubazioni in acciaio senza saldatura per acquedotti con caratteristiche specifiche secondo le norme UNI 10224 e muniti di certificazioni I.G.Q.. Le tubazioni dovranno avere lunghezza minima di 10 metri, con estremità cianfrinate per la saldatura, con rivestimento esterno in polietilene estruso a triplo strato rinforzato (norme UNI 9099) e rivestimento interno in resina epossidica di spessore minimo 250 micron per acqua potabile (circolare n. 102 Ministero della sanità e decreto Ministeriale 21 marzo 1973). In tale lavorazione è compreso quanto di seguito specificato:

- la preparazione e successivo ripristino della pista di varo e dei relativi accessi;

- lo stoccaggio, lo sfilamento ed l'allineamento delle tubazioni su apposite rulliere di varo (queste incluse);

- la realizzazione di qualunque altra struttura necessaria per il sostegno della tubazione durante il suo varo;
- la numerazione progressiva delle tubazioni da eseguirsi internamente ad esse a 50 cm dall'estremità del giunto con l'utilizzo di apposite pitture alimentari, le saldature delle tubazioni e la loro verifica mediante ultrasuoni;
- il rivestimento esterno dei giunti mediante appositi manicotti termorestringenti tipo "Raychem" o equivalenti con fascia sacrificale e con sormonto delle guaine di almeno 50 cm;
- il ripristino del rivestimento interno da eseguirsi in prossimità dei giunti mediante spruzzatura con apposito macchinario di resine epossidiche spessore minimo 250 micron;
- il collaudo idraulico delle condotte prima della posa in base alle pressioni di prova indicate dalla D.L.;
- l'assistenza al varo della condotta;
- lo svuotamento e la pulizia delle tubazioni posate,
- l'ispezione televisiva della condotta assemblata allo scopo di rilevare e certificare l'integrità dei rivestimenti interni e delle loro riprese in prossimità dei giunti. Essa dovrà essere realizzata con telecamera semovente a controllo elettronico ed azionamento elettrico a circuito chiuso, comprensiva della restituzione delle registrazioni del tracciato ispezionato sia su supporto magnetico che cartaceo, delle note dell'operatore e delle progressive metriche dei punti di numerazione e dei punti d'interesse ad insindacabile giudizio della DL;
- il collegamento alle camerette della tubazione di linea già predisposta;
- la fornitura ed installazione, da compensarsi a parte, di un adeguato impianto di protezione catodica in grado di assicurare, in ogni punto della struttura un valore minimo assoluto di protezione pari a 0,85 V verso terra, misurato rispetto all'elettrodo di riferimento standard Cu-CuSO<sub>4</sub>

3) esecuzione di trivellazione orizzontale controllata, per mezzo di attrezzature e macchinari di perforazione con adeguata potenza di torsione e tiro, per la posa in opera secondo la catenaria di progetto, di condotte in acciaio senza saldatura L355 secondo la UNI 10224 serie pesante con rivestimento esterno in polietilene estruso secondo norme UNI 9099, per qualunque tipo di terreno con resistenza alla compressione semplice non maggiore di 25 N/mm<sup>2</sup> e con gli eventuali oneri per l'attraversamento di trovanti di qualsiasi dimensione. La perforazione e la successiva posa della condotta dovrà avvenire secondo la catenaria di progetto i cui tratti di raccordo curvilineo dovranno avvenire con raggi di curvatura maggiori a quelli corrispondenti ad 1/3 della tensione ammissibile sull'acciaio per la fase a regime, e corrispondenti ad 1/2 della tensione ammissibile sull'acciaio per la fase transitoria durante il varo della condotta stessa.

In tale lavorazione è compreso quanto di seguito specificato:

- il programma esecutivo di realizzazione del lavoro di trivellazione e posa da sottoporre all'approvazione della D.L. prima dell'inizio dei lavori;
- il nolo per tutto il tempo necessario ai lavori di attraversamento dei macchinari necessari alla fase di varo sia nel cantiere lato ingresso perforazione (lato macchina) che in quello uscita perforazione (lato tubazione), compreso gli operatori specializzati;
- l'esecuzione della perforazione mediante l'inserimento di aste di perforazione una dopo l'altra dietro una punta di perforazione direzionale che contiene all'interno una sonda di rilevamento;
- gli oneri per l'attraversamento di eventuali trovanti di qualsiasi dimensione;
- la verifica della presenza, segnalazione, spostamento ed eventuale ricostruzione di strutture di sottoservizio o manufatti che dovessero essere interessati dallo svolgimento dei lavori;
- il sistema di rilevamento della sonda con controllo direzionale ad alta precisione del tipo che fornisca in automatico dati relativi all'inclinazione della sonda su un piano verticale e all'azimut opportunamente schermato per eliminare le interferenze con campi magnetici esterni;
- l'impiego di fanghi di perforazione miscelati con acqua dolce utili per il trasporto del materiale di risulta all'esterno del foro, per diminuire l'attrito della tubazione e per creare e mantenere il foro stesso;
- l'alesatura del foro pilota fino a raggiungere la dimensione del foro idonea al tiro della tubazione da varare;
- la posa della tubazione, precedentemente assemblata e posizionata su rulliere fisse, mediante il sollevamento in fase tiro per facilitare l'inserimento nella sede definitiva;
- l'eventuale utilizzo del sistema di perforazione "motore a fanghi" (turbina) in terreni marnosi;
- il collaudo delle condotte posate alle pressioni indicate dalla D.L.;

- l'ispezione televisiva della condotta assemblata allo scopo di rilevare e certificare l'integrità dei rivestimenti interni e delle loro riprese in prossimità dei giunti. Essa dovrà essere realizzata con telecamera semovente a controllo elettronico ed azionamento elettrico a circuito chiuso, comprensiva della restituzione delle registrazioni del tracciato ispezionato sia su supporto magnetico che cartaceo, delle note dell'operatore e delle progressive metriche dei punti di numerazione e dei punti d'interesse ad insindacabile giudizio della DL;
- il sollevamento sui mezzi e il trasporto in discariche autorizzate a qualsiasi distanza delle materie e dei fanghi di risulta;
- i disegni As-built a lavoro ultimato come risulta dagli elaborati prodotti con il sistema di controllo della direzione del foro pilota con georeferenziazione delle rappresentazioni grafiche;
- trasporti a discariche autorizzate della bentonite, dei detriti e dei materiali non recuperabili ed eccedenti;
- fornitura e trasporto della bentonite e dell'acqua, separazione dei fanghi bentonitici necessari e loro impiego, recupero e trasporto a discariche autorizzate compresi i diritti di discarica dei fanghi bentonitici eccedenti;
- rimborso al Committente dei costi derivantigli nel caso di abbandono di un tratto di condotta per la mancata riuscita dell'attraversamento.

#### 62.1.12 Posa in opera di tubazioni in acciaio tramite tecnica di spingitubo con presso-trivella, per attraversamenti interrati.

Gli attraversamenti interrati serviranno per sottopassare fiumi, torrenti, linee ferroviarie, strade ecc. e potranno intersecare sia ortogonalmente che obliquamente le opere esistenti.

L'esecuzione sarà eseguita da fossa di spinta debitamente predisposta, delle dimensioni e caratteristiche risultanti dai calcoli dimensionali e statici in funzione dei diametri dei tubi da spingere e della lunghezza di spinta da eseguire.

La formazione della livelletta per la posa delle tubazioni dovrà essere eseguita con attrezzatura di alta precisione a raggi laser e comunque saranno accettati scostamenti in più o in meno non maggiori dello 0,2%.

Dovranno comunque essere osservate tutte le norme e prescrizioni previste con D.M. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 04/04/2014 e altre disposizioni vigenti in materia.

Gli attraversamenti interrati sono da realizzarsi mediante l'infissione, anche inclinata, nel sottosuolo di tubi di protezione (tubi camicia) in acciaio con sistema oleodinamico spingitubo o trivellazione con attrezzatura scudata. Per tali attraversamenti si dovranno utilizzare tubi di protezione (tubi camicia) in acciaio API 5L X Tipo Gr. X42 appositamente realizzate per guaine spingitubo.

Tali tubi potranno essere grezzi o, dove richiesto dalle norme, adeguatamente rivestiti sulla superficie esterna.

Lo scavo all'interno delle tubazioni dovrà avvenire contemporaneamente all'operazione di spinta e/o successivamente alla stessa a scelta dell'impresa, e dovrà eseguirsi in terreni di qualsiasi natura e consistenza compresa l'eventuale demolizione di trovanti di qualsiasi dimensione, di terreno cementato, murature, c.a. o altro e asporto del materiale di risulta con trasporto in discarica autorizzata. Lo scavo sul fronte di avanzamento dovrà essere eseguito in modo da evitare cedimento o sifonamenti del piano ferroviario, del cassonetto stradale o dell'alveo da sottopassare.

La posa di tubazioni con la tecnica dello spingitubo dovrà essere eseguita da impresa specializzata o comunque in possesso della tecnologia e dell'esperienza necessarie a realizzare la lavorazione a perfetta regola d'arte, e saranno comunque a carico dell'Appaltatore i seguenti oneri:

- i permessi e licenze necessarie per l'accantieramento e per l'esecuzione dei lavori di attraversamento da ottenersi presso gli enti competenti;
- la verifica per accettazione dei calcoli statici di progetto forniti dalla Stazione Appaltante all'Appaltatore, il quale così facendo se ne assume la responsabilità;
- attività di supporto alla Stazione Appaltante per il rilascio della concessione all'attraversamento da parte dagli enti titolari e/o gestori;
- il trasporto, impianto, spianto e successiva sistemazione delle aree del cantiere di spinta e di arrivo, compreso ogni e qualsiasi spostamento, compresi sopralluoghi, viaggi A/R del personale, materiale di consumo, predisposizione delle attrezzature di spinta necessarie;
- l'esecuzione ed eventuale successiva demolizione di fossa di spinta di dimensioni idonee e del muro reggispinga debitamente armato, comprese sbadacchiature laterali, anche con l'impiego di palancole metalliche, segnaletica, protezioni antinfortunistiche, aggotamenti con pompe;

- la realizzazione di eventuali camere di spinta intermedie, con le stesse modalità ed oneri della camera iniziale;
- la realizzazione della camera di arrivo della tubazione, con le caratteristiche già citate per le camere di spinta, comprensiva della finitura del tubo in arrivo (taglio, regolarizzazione, ecc.);
- tutti gli scavi in materia di qualsiasi natura e consistenza per l'opera;
- l'estrazione del materiale dall'interno del tubo e il relativo trasporto a rifiuto in discarica autorizzata, il rinterro ad opera finita;
- gli aggettamenti d'acqua con qualsiasi mezzo e impianto, quale che sia la portata;
- le opere provvisorie per permettere la realizzazione dell'opera;
- ogni accorgimento per evitare danni alle sovrastrutture da attraversare o ad opere ed installazioni ivi esistenti con l'accollo degli eventuali oneri relativi;
- fornitura a piè d'opera delle tubazioni in acciaio saldato con estremità smussate con saldature di testa, catramate internamente ed esternamente, per guaine spingitubo con le dimensioni e gli spessori indicate negli elaborati progettuali;
- l'infissione degli elementi di tubo camicia in acciaio, mediante l'uso di adeguata attrezzatura in grado di eseguire l'opera con il rispetto delle pendenze di progetto;
- accostamento dei vari spezzoni di tubazione e loro accoppiamento mediante giuntura saldata di testa eseguita sull'intera circonferenza da saldatori qualificati muniti di patentino;
- il controllo dei giunti saldati nella misura del 100% mediante ultrasuoni e con liquidi penetranti ad opera di ditta specializzata approvata dalla D.L.;
- l'eventuale scavo per il recupero della testata, la perdita o l'eventuale danneggiamento della stessa;
- l'infilaggio della tubazione di acquedotto in acciaio munita di collari distanziatori realizzati in materiale plastico dielettrico (polietilene ad alta densità) e resistente nel tempo, posti ad interasse non superiore a m 2,00;
- la fornitura ed installazione di un adeguato impianto di protezione catodica, da compensarsi a parte, con le caratteristiche in grado di assicurare, in ogni punto della struttura un valore minimo assoluto di protezione pari a 0,85 V verso terra, misurato rispetto all'elettrodo di riferimento standard Cu-CuSO<sub>4</sub>;
- l'impiego di adeguata manodopera specializzata, di tutta l'attrezzatura necessaria per una buona e corretta esecuzione dei lavori, l'impiego di attrezzatura di precisione per la formazione delle livellette a raggio laser; l'errore sia altimetrico che planimetrico non potrà superare i 10 cm rispetto ai dati di progetto;
- la verifica della presenza, segnalazione, spostamento ed eventuale ricostruzione di strutture di sottoservizio o manufatti che dovessero essere interessati dallo svolgimento dei lavori;
- i disegni As-built a lavoro ultimato con georeferenziazione delle rappresentazioni grafiche.

## 62.2 Tubazioni in ghisa

Per il trasporto dei tubi di ghisa saranno realizzati appoggi accurati e stabili, collocando appositi intercalari in legno sia sul piano di carico che fra i vari strati di tubi.

Le operazioni di carico e scarico devono essere effettuate sollevando i tubi o dalla parte centrale per mezzo di "braghe" o "tenaglie" rivestite o dalle estremità per mezzo di ganci ricoperti in gomma, atti a non danneggiare il rivestimento cementizio interno. Saranno evitate manovre brusche ed urti che possano provocare deformazioni delle estremità lisce dei tubi e conseguenti distacchi dei rivestimenti interni.

I tubi di ghisa possono essere accatastati:

- o collocandoli sulla stessa verticale con orientamento unico; essi poggiano su due intercalari in legno situati ad un metro circa dalle due estremità;
- o collocandoli a "testa-coda"; essi sono disposti in "quinconce": quelli dello strato inferiore poggiano su una generatrice e quelli degli strati superiori su due generatrici; questa disposizione richiede che i tubi dello strato inferiore siano posati su un intercalare in legno di altezza tale che i bicchieri non tocchino terra.

Con l'uno o l'altro sistema verranno limitate le altezze delle pile e, quindi, il numero degli strati in funzione inversa del diametro dei tubi, allo scopo di non sovraccaricare i tubi degli strati inferiori.

Il numero massimo di strati per ciascun diametro è riportato nell'apposita tabella di cui all' art. 78 :

#### Taglio dei tubi

Quando, nel corso delle operazioni di posa delle tubazioni, sia necessario tagliare - fuori o dentro gli scavi - tubi di lunghezza standard per ricavarne tronchetti o spezzoni, vi si provvederà con tagliatubi speciali indicati dalle case fornitrici dei tubi stessi.

Per il taglio dei tubi saranno seguite le seguenti istruzioni.

- 1) Nel caso di taglio fuori scavo disporre il tubo da tagliare su appoggi abbastanza alti da consentire la libera e completa rotazione del tagliatubi; bloccare il tubo con una chiave a catena, in modo da impedirne la rotazione sotto l'azione del tagliatubi. In caso di taglio di tubi già posti nello scavo, praticare una nicchia sufficientemente ampia al disotto del punto da tagliare.
- 2) Accertarsi che le rotelle predisposte sul tagliatubi siano adatte al taglio del materiale tubolare (ghisa sferoidale o ghisa grigia); altrimenti sostituirle.
- 3) Dopo aver segnato sul tubo la sezione da tagliare, disporvi il tagliatubi serrando moderatamente il vitone con l'apposita leva a testa dentata.
- 4) Ruotare più volte, alternativamente, in senso orario e antiorario il tagliatubi, in modo che le rotelle si dispongano in un unico solco su un piano perfettamente perpendicolare all'asse del tubo. Evitare accuratamente che le rotelle si "avvitino" intorno al tubo in diverse spire.
- 5) Serrare fortemente il vitone del tagliatubi in modo che le rotelle aderiscano al tubo con una giusta pressione, tale da consentire l'incisione della parete, senza che la rotazione del tagliatubi sia resa eccessivamente difficile, da poter provocare la rottura delle rotelle: in linea di massima deve essere sufficiente, per i diametri più grandi, l'azione contemporanea di due operai.
- 6) Ruotare di un giro completo il tagliatubi (o alternativamente, più volte, nel caso in cui la forma del tagliatubi non consenta la rotazione completa) fino a fare ridurre sensibilmente la resistenza di attrito delle rotelle sul tubo.
- 7) Stringere nuovamente il vitone del tagliatubi con le modalità indicate al punto 5) e ripetere le operazioni fino ad ottenere il taglio del tubo.

Nei tubi in ghisa sferoidale con rivestimento interno cementizio il taglio con tagliatubi deve essere limitato al solo spessore della parete metallica: ciò al fine di non danneggiare le rotelle o gli utensili in acciaio speciale. Il taglio della parete interna cementizia potrà essere facilmente ottenuto percuotendo uno dei due monconi.

#### Le operazioni successive al taglio

A seguito del taglio si effettueranno in cantiere, sulle estremità risultanti dal taglio stesso, le operazioni di spazzolatura dell'eventuale strato di ossidazione esterno, di arrotondamento del bordo esterno dell'estremità liscia da montare, di controllo della circolarità della sezione tagliata e di rettifica della eventuale ovalizzazione, con le modalità seguenti.

##### a) Spazzolatura

Sarà eliminato l'eventuale strato di ossido (ruggine) interposto fra la parete metallica e la vernice esterna.

Può essere impiegata allo scopo una normale spazzola metallica manuale o una spazzola circolare rotativa azionata elettricamente o ad aria compressa.

La spazzolatura non deve assolutamente essere spinta in profondità ma deve interessare soltanto la sottile pellicola esterna di ossidazione senza intaccare la massa metallica della parete. La zona da spazzolare deve avere una larghezza pari alla profondità del bicchiere corrispondente.

Verrà poi, ripristinato, con vernice a base di catrame o bitume, lo strato di rivestimento esterno.

##### b) Arrotondamento

Solo nel caso di spezzoni da montare in bicchieri di tubi con giunto RAPIDO è necessario procedere all'arrotondamento del bordo esterno dell'estremità tagliata. Ciò in quanto l'introduzione forzata dell'estremità a spigolo vivo sarebbe più difficile e potrebbe comportare il danneggiamento della guarnizione di gomma. Per tutti gli altri tipi di giunlo l'operazione può essere limitata alla semplice eliminazione di eventuali "bave" di taglio.

L'arrotondamento può essere fatto con una normale lima manuale adatta al materiale o, più rapidamente, con una mola rotativa.

### c) Controllo della circolarità e rettifica della ovalizzazione

Servendosi di un compasso o di un comune metro millimetrato, verificare le dimensioni di alcuni diametri esterni della sezione risultante dal taglio, individuando e annotando, se vi sono differenze, il diametro esterno massimo e quello minimo. La differenza millimetrica fra i due diametri costituisce il "grado di ovalizzazione".

Sarà cura dell'appaltatore acquisire i gradi massimi di ovalizzazione, indicati dal fornitore per ciascun diametro, oltre i quali verrà effettuata la RETTIFICA in cantiere della sezione ovalizzata, secondo le istruzioni della Ditta fornitrice dei tubi.

#### La deviazione angolare

La deviazione angolare consentita, sia per i tubi con giunto automatico che meccanico, è di 5° per i tubi sino DN 150, 4° per DN 200÷300, 3° per DN 350÷600, 2° per DN 700÷800, 1,5° per DN 900÷1000.

#### Giunzione con giunto automatico

Si eseguiranno le seguenti operazioni se non diversamente specificato dalla ditta fornitrice ed approvato dalla direzione dei lavori:

##### 1. Lubrificazione della sede della guarnizione.

Pulito l'interno del bicchiere e l'anello di tenuta in gomma, si lubrifica, con l'apposita pasta fornita a corredo dei tubi, la parte interna del bicchiere destinata a sede della guarnizione, nella quantità strettamente necessaria a formare un leggero velo lubrificante come da tabella seguente.

In sostituzione della apposita pasta si può usare solo vasellina industriale, con esclusione di altri lubrificanti quali grassi e oli minerali, vernici, ecc.

##### 2. Inserimento e lubrificazione della guarnizione

Si introduce la guarnizione nel suo alloggiamento all'interno del bicchiere, con le "labbra" rivolte verso l'interno del tubo, curando in modo particolare che l'intradosso sia perfettamente circolare e non presenti rigonfiamenti o fuoriuscite.

Si lubrifica, con le stesse modalità del paragrafo 1, la superficie interna conica della guarnizione.

##### 3. Misura della penetrazione e lubrificazione dell'estremità liscia del tubo

Servendosi di un apposito calibro, si traccia sull'estradosso della canna del tubo una linea di fede ad una distanza dall'estremità liscia del tubo pari alla profondità d'imbocco del bicchiere corrispondente, diminuita di 5 ÷ 10 mm.

Si lubrifica con la pasta l'estremità liscia del tubo limitatamente al tratto da imboccare.

##### 4. Centramento e controllo della coassialità

Si imbecca l'estremità liscia del tubo e si controlla il centramento mediante un righello metallico calibrato da introdurre nello spazio anulare fra l'interno del bicchiere e l'esterno della canna, fino a toccare la guarnizione.

Si verifica la coassialità dei tubi contigui, correggendo eventuali irregolarità del fondo scavo; saranno ammesse deviazioni sino ad un massimo di 5° per consentire la formazione di curve a grande raggio.

##### 5. Disposizione dell'attrezzo di trazione e degli accessori

Per tubi da DN 60 a DN 125 può essere impiegata una leva semplice.

Per tubi da DN 150 a DN 600 viene normalmente impiegato un apparecchio da trazione tipo "TIRFORT" con relativi accessori o, in alternativa, macchine operatrici tipo escavatori, motopale, ecc.; in quest'ultimo caso, la successiva operazione di inserimento (ved. paragrafo 6.) sarà effettuata con la cura e gradualità necessarie a mantenere la distanza al fondo del bicchiere, come precisato al paragrafo 3.

##### 6. Messa in tiro e controllo penetrazione

Agendo sulla leva dell'apparecchio, si introduce il tubo fino a far coincidere la linea di fede di cui al punto 4. con il piano frontale del bicchiere.

All'atto della messa in tiro è normale che il tubo presenti una certa resistenza iniziale alla penetrazione;

questa limitata resistenza coincide con la prima penetrazione in corrispondenza della guarnizione ed è, in genere, crescente col diametro dei tubi. Se si dovessero verificare resistenze eccessive, esse devono considerarsi anomale e dipendenti da un difettoso assetto della guarnizione nella sua sede (ved. paragrafo 2.) o da una smussatura non appropriata dell'estremità liscia del tubo; in questo caso è necessario non insistere nella manovra; occorre invece estrarre il

tubo e controllare l'assetto della guarnizione o migliorare, mediante mola o lima, la geometria della smussatura.

#### Giunzione con giunto meccanico

Pulito l'interno del bicchiere e l'estremità liscia con una spazzola d'acciaio ed un pennello, per eliminare, oltre che ogni traccia di terra o altro materiale estraneo, eventuali grumi di vernice, si procede come appresso, se non diversamente specificato dalla ditta fornitrice ed approvato dalla direzione dei lavori:

##### 1. Sistemazione della controflangia e della guarnizione - Nicchie

Si inserisce la controflangia sull'estremità liscia del tubo rivolgendolo al bicchiere corrispondente la parte concava della controflangia stessa.

Si inserisce la guarnizione sull'estremità liscia del tubo tenendo lo smusso in direzione opposta rispetto alla controflangia.

Si scava al di sotto del giunto una nicchia sufficientemente ampia da consentire l'avvitamento dei bulloni nella parte inferiore del giunto.

##### 2. Introduzione del tubo, controllo coassialità e centramento - Controllo del grado di penetrazione

Si imbecca l'estremità liscia del tubo e si verifica la coassialità e il centramento dei tubi contigui correggendo eventuali irregolarità del fondo scavo.

Si verifica che la linea di fede tracciata sulla canna (v. paragrafo 3 Art. 1.06.03.01) coincida con il piano frontale del bicchiere; poiché, a giunzione effettuata, il segno di riferimento verrà a trovarsi coperto dalla controflangia, occorre che nel corso delle successive operazioni il tubo non subisca spostamenti longitudinali.

##### 3. Introduzione della guarnizione e sistemazione della controflangia

Si fa scorrere la guarnizione sulla canna, sistemandola nella sua sede all'interno del bicchiere (se l'estremità liscia del tubo è ben centrata e i due tubi sono coassiali, questa operazione è molto facile da realizzare) e curando che la superficie frontale della guarnizione risulti ben assestata su tutta la circonferenza, senza rigonfiamenti né fuoriuscite.

Si fa scorrere la controflangia sulla canna fino a farla aderire alla guarnizione su tutta la circonferenza.

##### 4. Sistemazione e serraggio bulloni

Si sistemano i bulloni ed avvitano i dadi a mano sino a portarli a contatto della controflangia e si verifica il corretto posizionamento di questa imprimendo due o tre piccoli spostamenti rotatori nei due sensi.

Si serrano progressivamente i dadi per passate successive e su punti diametralmente opposti, seguendo la progressione numerica dello schema seguente.

Per le chiavi da usare: anche per il controllo delle coppie di serraggio, si seguiranno le istruzioni della ditta fornitrice delle tubazioni.

#### Prova idraulica

Le condotte di ghisa saranno sottoposte nei singoli tronchi a prova di tenuta idraulica con pressione di prova indicata dalla D.L. nel rispetto delle norme tecniche vigenti di riferimento.

### 62.3 Tubazioni in PEad

Le tubazioni in argomento saranno realizzate, salvo diversa prescrizione, con tubi di polietilene rispondenti ai requisiti di cui all'art. 78 del presente Capitolato. La posa in opera avverrà nel rispetto delle prescrizioni di progetto e delle vigenti norme tecniche.

Nelle tubazioni interrato, la minima profondità di posa rispetto alla generatrice superiore dei tubi dovrà essere di 1,20 m, ed in ogni caso sarà da valutare in funzione dei carichi, del pericolo di gelo e del diametro.

Ove pertanto durante i lavori si verificassero condizioni più gravose di quelle previste di norma in progetto (per tronchi di limitata lunghezza), si dovrà procedere ad opere di protezione tali da ridurre le sollecitazioni sulle pareti dei tubi ai valori stabiliti per la classe di spessori prescelta.

Le tubazioni andranno poste in opera in conformità agli elaborati progettuali, su apposito letto di materiale permeabile arido (sabbia o pietrisco minuto) dell'altezza minima di cm 10. Con lo stesso materiale sarà eseguito il rinfiacco delle tubazioni ed il loro ricoprimento per una altezza non inferiore a cm 15 oltre la generatrice superiore.

Dato il sensibile allungamento dei tubi in polietilene con i salti termici, sarà opportuno eseguire la posa nelle ore serali o al mattino con temperature prossime a quelle riscontrabili nell'esercizio delle condotte. Occorre tenere presente questo fatto anche per il posizionamento di collegamenti flangiati, immissioni e, se esistono, punti fissi.

In corrispondenza dei giunti dovranno essere scavate delle nicchie onde evitare che la tubazione resti appoggiata sui giunti stessi. Le nicchie verranno costruite dopo ultimato lo scavo a fondo livellato e dovranno avere la profondità minima indispensabile per consentire l'operazione di montaggio e giunzione.

#### Giunzioni dei tubi in polietilene

Le giunzioni fra tubo e tubo oppure fra tubo e raccordo o apparecchiature, etc. dovranno rientrare, secondo i casi, nelle seguenti tipologie: saldatura testa a testa, saldatura a manicotto termico, a flangia libera con collarino di appoggio, o a flangia libera.

Per ognuno dei sistemi adottati l'appaltatore sottoporrà alla D.L. relazioni esplicative e disegni quotati dai cui si evincono chiaramente le caratteristiche fisiche e dimensionali degli elementi costituenti la giunzione.

#### Giunzione per saldatura

Esse dovranno essere eseguite sempre:

- da personale qualificato in possesso di licenza rilasciata da Ente abilitato ed in corso di validità;
- con idonee apparecchiature, tali da garantire le minime possibilità di errore nelle temperature, nelle pressioni e nei tempi;
- in ambiente atmosferico tranquillo (assenza di precipitazioni, di vento, di eccessiva polverosità).

#### Saldatura testa a testa

È usata nelle giunzioni fra tubo e tubo e tra tubo e raccordo in PEad quando quest'ultimo è predisposto in tal senso. Questo tipo di saldatura viene realizzata con termoelementi, costituiti in genere da piastre di acciaio inossidabile o di lega di alluminio, rivestite con tessuto di PTFE (politetrafluoroetilene) e fibra di vetro, o con uno strato di vernice antiaderente. Tali elementi saranno riscaldati con resistenze elettriche o a gas con regolazione automatica della temperatura.

##### a) Preparazione delle testate da saldare

Le testate dei manufatti dovranno essere preparate per la saldatura testa a testa creando la complanarità delle sezioni di taglio per mezzo di frese che possono essere manuali per i piccoli diametri ed elettriche per i diametri e gli spessori più alti; queste ultime devono avere velocità moderate per evitare il riscaldamento del materiale. Le testate così predisposte non devono essere toccate da mani o da altri corpi untuosi; nel caso ciò avvenisse dovranno essere accuratamente sgrassate con trielina od altri solventi clorurati.

##### b) Esecuzione della saldatura

I due pezzi da saldare verranno quindi posizionati e bloccati con due ganasce collegate con un sistema che ne permetta l'avvicinamento e che dia una pressione controllata sulla superficie di contatto.

Il termoelemento verrà inserito fra le testate che saranno premute contro la sua superficie. Il materiale passerà quindi allo stato plastico formando un leggero rigonfiamento.

Al tempo previsto il termoelemento verrà estratto e le due testate saranno premute l'una contro l'altra alla pressione sotto indicata sino a che il materiale non ritornerà allo stato solido. La saldatura non dovrà essere rimossa se non quando la zona saldata si sarà raffreddata spontaneamente alla temperatura di circa 60°C.

##### c) Determinazione dei parametri della saldatura testa a testa

La ditta fornitrice dei tubi, una volta determinato il materiale per la produzione dei tubi secondo le modalità descritte nel presente Capitolato, dovrà determinare per ogni spessore e diametro delle tubazioni i parametri da applicare durante l'operazione di saldatura testa a testa il cui ciclo è composto dalle seguenti fasi:

- 1) Regolarizzazione - Durante questa fase le estremità dei tubi sono pressate sul termoelemento per portare a fusione una parte del materiale che formerà un rigonfiamento sia verso la parte interna che verso la parte esterna dello spessore della tubazione
- 2) Riscaldamento - La pressione sarà notevolmente diminuita, e per una certa lunghezza il materiale della tubazione è portato a fusione.
- 3) Allontanamento del termoelemento - La pressione delle testate sul termoelemento viene annullata ed il termoele-

mento stesso viene allontanato il più rapidamente possibile

4) Saldatura e raffreddamento - Le testate dei tubi vengono riportati a contatto ad una certa pressione sino a quando abbassatasi la temperatura sotto un certo valore può considerarsi conclusa l'operazione di saldatura.

I parametri da stabilire per le quattro fasi sono:

- Temperatura del termoelemento;
- Pressione delle testate dei tubi sul termoelemento durante le fasi 1), 2), 4);
- Durata delle fasi 1) 2) 3) 4).

I parametri di saldatura dovranno essere tali che un tronchetto contenente una saldatura testa a testa condizionato secondo la ISO 291 venga ritenuto idoneo dai test previsti nel presente Capitolato.

Inoltre, la bontà del procedimento dovrà essere testata con prove di trazione secondo WIS 4-32-13.

I disegni, e le relazioni contenenti le specifiche e i parametri per l'esecuzione della saldatura testa a testa dovranno essere munite, per l'invio alla D.L., del visto del fornitore dei tubi.

d) Unità di controllo per l'esecuzione di una perfetta saldatura

Tutte le operazioni sopra descritte saranno eseguite e controllate automaticamente da una unità di controllo programmabile che determinerà i tempi di esecuzione di tutte le fasi della saldatura in funzione del diametro, dello spessore della tubazione e della temperatura esterna.

Tale unità di controllo dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Parametri programmabili:

- Temperatura del termoelemento
- Pressione di preriscaldamento
- Pressione di contatto
- Tempi di preriscaldamento
- Velocità di giunzione delle testate
- Tempi di raffreddamento
- Controllo della fresatrice e dello chassis di allineamento
- Interruzione della saldatura in caso di non conformità dei parametri
- Pilotaggio logico della saldatura per tutte le situazioni anomale
- Memorizzazione dei dati su supporto magnetico con la possibilità di uscita su stampante dei dati registrati per ogni singola saldatura
- Routine autodiagnostica

L'intervento manuale dell'operatore sarà quindi limitato nella pulizia delle testate della tubazione e nel loro serraggio nello chassis di allineamento, nell'inserimento da tastiera all'unità di controllo dei dati tipo di tubo e numero dell'operatore, e nel controllo ottico dello stato finale della saldatura.

e) Classificazione di saldatura ben eseguita

Una saldatura é ben eseguita quando:

- è priva di inclusioni
- é priva di fessurazioni
- vi è una completa coesione del materiale fuso alle estremità delle tubazioni

f) Controllo di una saldatura

Ogni saldatura ad un controllo visivo dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- ciascun rigonfiamento dovrà essere arrotondato su tutta la circonferenza della tubazione
- i due rigonfiamenti dovranno essere della medesima dimensione

- Le superfici dei rigonfiamenti dovranno essere lisce e dall'aspetto opaco
- Il " RETREINT " del tubo non dovrà oltrepassare il 10% dello spessore della tubazione

Inoltre sul 20% delle giunzioni (saldature) eseguite ogni giorno in opera la Direzione Lavori potrà disporre un controllo di tipo non distruttivo con apparecchiatura ad ultrasuoni.

L'eventuale presenza di difetti comporterà un raddoppio dei controlli. Se il numero dei giunti difettosi dovesse superare il 10% della produzione giornaliera l'intero tratto dovrà essere smontato e rifatto.

#### Saldatura della raccorderia per elettrofusione

La saldatura per elettrofusione si esegue riscaldando elettricamente la raccorderia (manicotti, collari di presa ecc..) entro la quale è incorporata una resistenza elettrica che produce il calore necessario per portare alla fusione il polietilene.

L'attrezzatura consiste principalmente in un trasformatore di corrente che riporta la tensione adatta per ogni diametro di manicotto e ne determina automaticamente i tempi di fusione.

#### a) Preparazione del tubo e della raccorderia da saldare

Per una buona riuscita della saldatura ci si dovrà accertare che le superfici interessate alla giunzione (interna del manicotto ed esterna dei tubi) siano assolutamente esenti da impurità di qualsiasi genere ed in particolare modo prive di umidità ed untuosità. Le parti che si innestano nel manicotto dovranno essere precedentemente raschiate con un coltello affilato onde togliere l'ossidazione superficiale del materiale. La raccorderia elettrosaldabile non può e non deve essere raschiata. La raccorderia dovrà essere immagazzinata entro i propri imballi, e comunque in luogo non esposto ai raggi solari.

#### b) Esecuzione della saldatura

La saldatura non dovrà essere forzata in alcun modo, la giunzione dovrà essere mantenuta bloccata nel posizionatore fino ad esaurimento del tempo di raffreddamento e cioè se non fino a quando la temperatura superficiale esterna del manicotto sia spontaneamente scesa sotto i 50°C.

Qualora, durante il processo di saldatura, si verificasse una interruzione, è possibile ripetere l'operazione, attendendo il completo raffreddamento prima di ricollegare il raccordo alla saldatrice o di reimpostare il tempo totale di saldatura.

È ammessa una sola ripetizione del processo di saldatura.

#### c) Determinazione dei parametri della saldatura per elettrofusione

La ditta fornitrice dei tubi, una volta determinato il materiale per la produzione dei tubi ed il tipo di raccorderia secondo le modalità descritte al punto 47.2 del presente Capitolato, dovrà determinare per ogni spessore e diametro delle tubazioni e tipo di raccordo i parametri da applicare durante l'operazione di saldatura che sono:

- Tempo di saldatura
- Tensione di alimentazione

Tali parametri di saldatura dovranno essere tali che un tronchetto contenente un raccordo elettrosaldato condizionato secondo la ISO 291 venga ritenuto idoneo dai test previsti nel presente Capitolato.

I disegni, e le relazioni contenenti le specifiche e i parametri per l'esecuzione di un raccordo elettrosaldato dovranno essere munite, per l'invio alla D.L., del visto del fornitore dei tubi.

#### d) Unità di controllo per l'esecuzione di una perfetta saldatura.

Tutte le operazioni per l'esecuzione di una perfetta saldatura, saranno eseguite da una saldatrice auto/manuale con funzione di controllo automatica svolta da un'unità programmabile che determinerà i tempi di esecuzione di tutte le fasi della saldatura in funzione del diametro, dello spessore della tubazione del tipo di raccorderia e della temperatura esterna.

Tale unità di controllo dovrà avere le caratteristiche di essere protetta dalle sovratensioni di alimentazione, di avere un controllo elettrico di frequenza, per compensare l'alta induttanza di alcuni generatori, di eliminare il picco di corrente iniziale.

Parametri programmabili:

- Tempo di saldatura
- Identificazione dell'operatore

Segnalazione errori:

- problema di alimentazione
- problema nel raccordo
- problema di tensione tra saldatrice e raccordi
- problema di corrente tra saldatrice e raccordi
- errore conteggio tempi

Memorizzazione dei dati su supporto magnetico con possibilità di uscita su stampante dei dati registrati per ogni singola saldatura.

L'intervento manuale dell'operatore sarà quindi limitato nella pulizia della testata della tubazione e della raccorderia e nel loro serraggio nello chassis di allineamento, nell'inserimento da tastiera all'unità di controllo dei dati, tipo di tubo e numero dell'operatore, e nel controllo ottico dello stato finale della saldatura.

#### Giunto con ancoraggio mediante anello ghiera di graffaggio

Tale tipo di giunzione dovrà essere realizzata secondo il seguente ordine di operazioni:

- a) tagliare il tubo nella lunghezza richiesta;
- b) separare le parti dal raccordo e montarle sul tubo: prima che la ghiera seguita dall'anello di serraggio conico, curando che questo sia disposto nella direzione esatta, cioè con la parte terminale maggiore verso il raccordo;
- c) infilare il tubo nel corpo del raccordo fino a che non oltrepassi la guarnizione elastomerica e tocchi la battuta interna del corpo del raccordo.
- d) accostare l'anello di serraggio conico al corpo del raccordo ed avvitare strettamente la ghiera al raccordo stesso.

#### Giunto a flangia libera con collare di appoggio

Tale tipo di giunzione potrà essere effettuato anche fra tubi di materiale diverso o per il collegamento a pezzi speciali. Si realizza con flange scorrevoli infilate su collari saldabili, prefabbricati per stampaggio dai fornitori dei tubi.

Le flange potranno essere di normale acciaio al carbonio o di altro materiale, purché accettato dalla Direzione Lavori.

La giunzione dovrà essere effettuata secondo il seguente ordine di operazioni:

- a) infilare la flangia libera nell'estremità del tubo;
- b) unire il collare d'appoggio al tubo procedendo come sopra descritto;
- c) disporre la guarnizione elastomerica nell'apposita scanalatura del collare;
- d) bullonare effettuando il serraggio a croce.

### **Art. 63 Prove a pressione di tubazioni in opera**

Le prove delle condotte in opera consisteranno nel sottoporre a pressione interna tratti di tubazione la cui lunghezza dovrà essere la massima possibile nel rispetto delle norme di riferimento, in relazione alla tipologia delle condotte da provare e con il maggior numero di pezzi speciali, apparecchiature, attraversamenti di manufatti o strade, ecc., già inseriti nella condotta stessa.

In casi particolari o su richiesta dell'impresa o su ordine della Direzione Lavori si eseguiranno le prove con le tubazioni completamente interrate.

L'impresa non avrà diritto in nessun caso a nessun compenso per la ricerca e la individuazione di eventuali perdite che risultassero dalla prova a pressione quando anche la Direzione Lavori avesse ordinato il reinterro delle tubazioni prima di effettuare le prove a pressione.

Le testate delle tratte di condotta di prova saranno chiuse mediante apposite apparecchiature fissate su ancoraggi dimensionati per le pressioni e diametri in gioco; dette apparecchiature avranno dimensioni e forme scelte dall'impresa che è responsabile della loro perfetta inamovibilità e tenuta. In tutte le prove una volta raggiunta nella tratta in prova, mediante pompaggio d'acqua, la pressione prescritta verrà disinnestata la pompa in maniera che non sia più possibile il

pompaggio e verrà chiuso a chiave il manometro scrivente (già messo a punto) controllato da un manometro campione precedentemente montato in parallelo.

Le spese per le prove sia in officina sia in opera saranno a totale carico dell'impresa, la quale dovrà eseguire tutti i lavori prescritti e quanti altri ne possano occorrere (chiusure di apparecchiature perdenti con flange cieche, scavi, ripristini, ecc.) e mettere a disposizione della Direzione Lavori qualsiasi mezzo, strumento od altro che fosse necessario al buon andamento ed alla riuscita delle prove stesse; verificandosi rottura di tubazioni o di altre parti delle condotte queste dovranno essere cambiate, restando a carico dell'impresa gli eventuali maggiori pezzi speciali e giunti che fosse necessario installare, nonché i movimenti di terra, gli aggettamenti, i ripristini ed ogni altra qualsiasi opera fino alla completa riuscita delle prove.

L'acqua di riempimento delle condotte dovrà essere limpida e contenere una fortissima percentuale di ipoclorito od altro prodotto di analoga azione disinfettante: il tutto a cura e scelta dell'impresa responsabile della riuscita finale delle prove e della disinfezione delle condotte.

Terminate le prove l'appaltatore dovrà esibire il certificato di potabilità rilasciato dall'Autorità Sanitaria competente.

Il manometro del tipo scrivente da usare per le prove, dovrà essere inserito nel punto delle tratte in prova avente la quota media del tratto in pressione.

Prima della prova con la condotta in leggera pressione verranno ripetutamente aperti i rubinetti opportunamente installati nelle cuspidi intermedie e terminali, fino alla totale eliminazione dell'aria o gas contenuti nella condotta e ciò sino a che vi fuoriesca solo acqua.

### 63.1 Tubazioni in acciaio

Saranno eseguite due prove: nella prima le tubazioni saranno provate in opera senza apparecchiature portando la pressione interna fino alla massima pressione idrostatica e aumentata del 30% .

La prima prova sarà ritenuta valida se nel periodo di 8 ore la detta pressione non sarà scesa di più del 3% (tre per cento) del valore iniziale.

Nella seconda prova, da eseguirsi a condotta interrata e completa di pezzi speciali e valvole, la pressione sarà di 3 atm superiore a quella idrostatica e sarà ritenuta valida se nel periodo di 4 ore non sarà scesa di più del 3% (tre per cento) del valore iniziale.

### 63.2 Tubazioni in PEad

La prova si intende riferita alle condotte con relativi giunti, curve, derivazioni, riduzioni, ecc., escluso qualsiasi altro accessorio idraulico (saracinesche, sfiati, scarichi di fondo, idranti, ecc.). Riempita la tratta da provare, la stessa verrà messa in pressione con gradiente di 1 bar al minuto fino a raggiungere la pressione di esercizio, pressione che verrà mantenuta per il tempo necessario a consentire l'assestamento dei giunti e l'eliminazione di eventuali perdite che non richiedano lo svuotamento della condotta. Quindi si effettuerà una prova preliminare (ad 1 ora) ed una definitiva (a 12 ore) con le seguenti modalità:

a) - Prova ad 1 ora: si porterà la tratta interessata alla pressione di prova (1,5 volte la pressione nominale a 20°C) e si isolerà il sistema della pompa di prova per il periodo di 1 ora; nel caso di calo di pressione si misurerà il quantitativo d'acqua occorrente per ripristinare la pressione di prova. Tale quantitativo non dovrà superare il valore di  $1,67 \times L \times PP \times Di / 1000$  con: L espresso in km, Pressione Prova in bar e Di in mm .

b) - Prova a 12 ore: si effettuerà subordinatamente all'esito positivo della precedente, lasciando la tratta alla pressione di prova per il tempo di 12 ore e, trascorso tale termine, nel caso di calo di pressione, misurando il quantitativo d'acqua necessario a ristabilirla che non dovrà superare il quantitativo stabilito con la precedente formula riferita a 1 ora.

### 63.3 Tubazioni in ghisa

La prova sarà realizzato di norma su tronchi aventi alle estremità nodi o punti caratteristici (incroci, diramazioni, sfiati, scarichi) ovvero, negli altri casi, ricorrendo alla chiusura provvisoria delle estremità con opportuni raccordi a flangia.

La flangia terminale del raccordo dovrà essere chiusa con un piatto munito di foro filettato. Dovrà impedirsi che le spinte generate da probabili deviazioni angolari dei tubi provochino spostamenti della condotta cavallottando ogni tubo, per circa 2/3 della lunghezza, con cumuli di terra.

Prima di procedere al riempimento della condotta, i raccordi corrispondenti alle estremità, alle curve planimetriche ed altimetriche, alle diramazioni ed alle variazioni di diametro, se non definitivamente contrastati, dovranno essere opportunamente puntellati sui valori delle spinte corrispondenti alle pressioni di collaudo e sulle caratteristiche del terre-

no. L'immissione dell'acqua potrà essere fatta ad una pressione di 5 + 6 bar, curando ed assicurando il totale spurgo dell'aria nel punto più alto e negli eventuali punti di colmo.

Dopo il riempimento e prima dell'applicazione della pressione di prova, la tratta di tubazione da approvare dovrà essere mantenuta alla pressione di esercizio per un tempo sufficiente alla stabilizzazione della condotta. Quando l'esame visivo si dimostri soddisfacente, si aumenterà regolarmente la pressione nel punto più basso della condotta fino a raggiungere quella di prova che sarà non inferiore a:

- per pressioni di esercizio minori od uguali a 10 bar: 1,5 la pressione di esercizio;
- per pressioni di esercizio maggiori di 10 bar: la pressione di esercizio più 5 bar;
- la pressione massima di esercizio.

In ogni caso la pressione di prova dovrà essere superiore alla pressione massima prescritta dalle norme per le prove dei tubi, dei raccordi delle flange, accessori, ecc. nonché alla pressione di calcolo dei dispositivi di ancoraggio (vincoli). La pressione di prova nel punto più alto della tratta in prova dovrà comunque essere minore della pressione di esercizio in questo punto.

Le prove potranno essere effettuate a pressione decrescente o a pressione costante o in entrambe le modalità. Per la prova a pressione costante la stessa,  $\pm 0,1$  bar, sarà mantenuta costante (se necessario a mezzo pompaggio) per una durata di almeno 1 h; di seguito la stessa pressione dovrà essere mantenuta costante ancora per i seguenti periodi: 1 h per  $DN \leq 600$ ; 3h per  $600 < DN \leq 1400$ ; 6h per  $DN > 1400$ .

Misurata (con precisione del  $\pm 5\%$ ) la quantità di acqua eventualmente impiegata per mantenere la pressione, questa, ai fini dell'accettabilità della tratta in prova, non dovrà essere maggiore della 0,001 litri/ora/kilometro di tubazione/millimetro di DN/ bar di pressione statica (pressione media sulla tratta in prova). In difetto le perdite dovranno essere localizzate e riparate. Una volta che le tratte in prova saranno state accettate e collegate tra loro, sarà effettuata una prova sulla tubazione completa.

Per tali prove vale quanto stabilito dalla norma UNI ISO 10802.

#### Art. 64 **Lavaggio e disinfezione delle condotte**

Ad avvenuta ultimazione di tronchi funzionali dell'acquedotto si farà luogo al lavaggio ed alla disinfezione delle tubazioni.

Si procederà ad un energico lavaggio preventivo con scarico libero alle estremità delle condotte: in punti intermedi successivamente verrà introdotto ipoclorito sodico, in congrua soluzione, nella condotta medesima che resterà piena senza prelievo alcuno d'acqua per la durata minima di 24 ore.

Si passerà infine ad un ulteriore accurato lavaggio con acqua e scarichi aperti. Dopo tale procedimento la condotta potrà essere messa in esercizio, salvo le eventuali ulteriori disposizioni da parte della Direzione Lavori, nonché il prelievo di campioni d'acqua da sottoporre ad analisi chimica e batteriologica, presso gli istituti previsti dalla Legge, per l'accertamento della potabilità dell'acqua stessa. Le spese per l'acqua di lavaggio, per la disinfezione e per le analisi saranno a carico dell'Impresa.

### § APPARECCHIATURE IDRAULICHE

Le apparecchiature saranno utilizzate per le reti idriche in pressione in cui l'acqua, con caratteristiche potabili, sia priva di corpi filiformi, microalghe e sostanze solide.

#### Art. 65 **Flange**

##### 65.1 *Caratteristiche funzionali e costruttive*

La costruzione sarà eseguita in acciaio forgiato o stampato secondo la tabella generale delle flange UNI2233. Per le flange di diametro o tipo non contemplato nella suddetta tabella, il concorrente allegnerà le specifiche e le normative a cui ha fatto riferimento o, in mancanza, i criteri seguiti evidenziando nei calcoli di dimensionamento, il coefficiente di sicurezza nonché la dettagliata descrizione delle caratteristiche dei materiali impiegati, spessori e relativi pesi.

##### 65.2 *Materiali*

La costruzione dovrà essere eseguita utilizzando acciaio tipo Fe 42B di cui alle norme UNI7070 e comunque secondo le norme UNI 1092.

#### Art. 66 **Valvole automatiche di sfiato**

Caratteristiche funzionali e costruttive

Le valvole dovranno consentire l'uscita e l'entrata dell'aria quando la condotta è in fase di riempimento o di scarico e spurgo dell'aria anche sotto pressione. Saranno inserite nei vertici altimetrici delle condotte ed a valle di organi di intercettazione delle stesse condotte.

Attacco dalla valvola di sfiato alla condotta

Non sono ammessi attacchi filettati ma solo a mezzo flange con caratteristiche di cui alle norme UNI 1092.

Intercettazione

L'intercettazione dovrà avvenire con saracinesca manuale esterna, comunque di tipo flangiato. L'organo di sezionamento del tipo a saracinesca con anello di tenuta elastometrico sull'otturatore, dovrà avere ampia luce libera di passaggio di area non inferiore al 40% del diametro nominale del raccordo di ingresso per assicurare il facile deflusso in controcorrente dell'aria e dell'acqua.

Diametro flangia attacco

Il diametro e classe della flangia di attacco sarà determinato secondo le norme UNI 1092.

Tipo

Sarà a camera singola o a doppio galleggiante inserito in corpi separati.

Saranno preferiti galleggianti di materiale resistente all'usura e poco soggetto a subire incrostazioni.

### 66.1 Classe di pressione

La pressione della valvola non sarà inferiore alla corrispondente pressione idrostatica della condotta maggiorata di 0.50 volte.

**Materiali**

- Corpo /cappelli in ghisa G20 o acciaio al carbonio;
- galleggianti in acciaio inox AISI 304;
- accessori in bronzo o acciaio inox AISI 304;
- Guarnizioni in elastomeri tipo BUNA/M o Neoprene;
- bulloni in acciaio classe 8.8 UNI3740 zincati o cadmiati.

**Collaudi**

I collaudi saranno effettuati secondo la normativa generale e dovranno essere finalizzati al fine di verificare:

- a) la funzionalità
- b) la pressione secondo le norme UNI.
- c)

#### Art. 67 **valvole di intercettazione**

L'apparecchiatura dovrà consentire l'interruzione della portata o la sua regolazione, per cui le parti mobili potranno assumere posizioni anche estreme (massima apertura/chiusura). L'apparecchiatura dovrà essere corredata da apposito diagramma in cui siano esplicitate, per tutto il campo delle portate ammissibili, i valori delle perdite di carico in relazione ai diversi gradi di apertura dell'organo.

Saracinesche manuali e motorizzate

Dimensioni, materiali, eventuale motorizzazione, modalità di collaudo, secondo le norme UNI7125-72.

Per i diametri superiori a quelli previsti nella suddetta normativa UNI, il costruttore, allegherà le specifiche e le normative a cui ha fatto riferimento per la determinazione dell'apparecchiatura o, in mancanza, i dati di calcolo di dimensionamento con specificazione del coefficiente di sicurezza nonché la dettagliata descrizione dei materiali impiegati, le caratteristiche tecniche, gli spessori, i pesi, i dati tecnici dei comandi manuali e/o motorizzati, le pressioni di esercizio e di prova. Dovrà, inoltre essere chiaramente specificato il massimo sforzo in N per aprire la valvola, il rapporto di riduzione previsto, il numero di giri del volante, il tempo di manovra, la esecuzione dei comandi eventualmente motorizzati, la lubrificazione ed il tipo di manovra.

## 67.1 Valvole a farfalla

Potranno essere del tipo interflangiate o flangiate, ma comunque con flange conformi alle norme UNI 1092. L'otturatore dovrà essere del tipo a rotazione eccentrica con tenuta continua realizzata da guarnizione elastica in elastomero posta sulla lente o sulla sede e comunque ricambiabile.

La valvola a farfalla dovrà avere la possibilità della sostituzione della guarnizione di tenuta senza lo smontaggio della valvola stessa dalla sua sede di esercizio. Il dispositivo di manovra sarà preferibilmente del tipo a "glifo", sono comunque esclusi azionamenti del tipo ad azione diretta a leva. Le valvole saranno tutte del tipo motorizzato con indicatore del grado di apertura e dispositivo per la trasmissione a distanza del grado di apertura stesso. Dovranno inoltre essere complete di dispositivo per l'azionamento manuale di emergenza con sforzo massimo sul volantino non superiore ai 12 Kg.

Il dispositivo di manovra dovrà essere del tipo irreversibile per assicurare indefinitamente nel tempo il mantenimento della posizione dell'otturatore.

In sede di offerta, il concorrente, dovrà tenere conto che le apparecchiature potranno essere alloggiare all'interno di pozzetti interrati poco ventilati e saturi di umidità.

Per tutte le componenti elettriche dovranno essere rispettate le vigneti normative con particolare riferimento alle norme CEI nei confronti delle quali l'Impresa Appaltatrice dovrà fornire, a completamento dei lavori e prima del collaudo definitivo, apposita certificazione di conformità, anche in materia delle previste prescrizioni antinfortunistiche di cui al D.P.R. n°547.

### Tempi di manovra

I tempi di manovra, apertura e chiusura, devono essere adeguati alle portate e pressioni onde evitare l'insorgere di sovrappressioni, depressioni o fenomeni di cavitazione.

La sovrappressione massima causata dalla manovra di apertura e chiusura della valvola, sarà definita e dichiarata in base ai dati di progetto e sulla scorta dei parametri di esercizio dovranno indicarsi:

- a) Pmax pressione massima prevista a cui la valvola a otturatore chiuso potrà essere sottoposta per carico idrostatico aumentata eventualmente delle sovrappressioni conseguenti ai transitori che derivino dalla manovra o dalle condizioni di esercizio;
- b) Qmax portata massima ammissibile;
- c) perdita di carico ammissibile;
- d) grandezza geometrica a monte della valvola.

Per diminuire il valore di sovrappressione, il tempo di manovra dovrà essere realizzato a velocità differenziate. Il 75% della corsa dell'otturatore che dalla posizione di "valvola tutta aperta" alla posizione di "valvola chiusa" dovrà essere percorsa in un tempo  $t_1$ ; il restante 25% che va dalla posizione di "valvola poco aperta" alla posizione di "valvola chiusa" dovrà essere percorso in un tempo  $t_2 = t_1$ , qualunque sia il tempo totale che si assegna per una manovra completa di chiusura o apertura.

### Diametro delle valvole

Il diametro interno della valvola a farfalla corrisponderà a quello della tubazione e comunque non sarà inferiore al 90% del diametro nominale della tubazione stessa. Nei casi di riduzione ammessa, si provvederà con opportuno raccordo flangiato tra la valvola e la tubazione.

### Pressione nominale

La pressione nominale è assunta non inferiore alla pressione massima idrostatica di esercizio, in situazione di valvola aperta o chiusa, aumentata del 50%.

### Tenuta idraulica

La tenuta idraulica tra otturatore e corpo valvola, dovrà essere perfetta e realizzata attraverso guarnizione resistente alle abrasioni ed all'inecchiamento. In particolare le guarnizioni dovranno essere in gomma naturale o elastomeri sintetici con proprietà antiolio ed insensibili ai comUNIsolventi. Dovranno essere elastiche con durezza di circa 85/90 Shore e difficilmente scalfibili. Il loro carico di rottura dovrà essere non inferiore a 180 Kg/cm<sup>2</sup> ed il corrispondente allungamento a rottura non inferiore al 350%.

### Dispositivi di montaggio

La valvola sarà collegata alle condotte mediante flange forate secondo le norme UNI ed in base alla classe di pressione. Il collegamento alla condotta avverrà mediante l'interposizione di eventuale giunto di smontaggio. Si dovrà inoltre evitare che il peso delle valvole gravi direttamente sulle tubazioni o sulle parti dell'impianto.

## Materiali

I materiali costituenti da adottarsi per la costruzione della valvola saranno:

- a) corpo valvola in ghisa G.25 UNI5007;
- b) lamiere e profilati in acciaio Fe 42B UNI7070 elettrosaldate;
- c) alberi in acciaio inox AISI 420;
- d) madreviti in bronzo B14 UNI7013;
- e) boccole e bronzine in bronzo B14 UNI7013 o PTFE;
- f) anello fermo guarnizioni: acciaio ASI 304, in ottone OT58, bronzo BSZN4;
- g) guarnizioni in elastomeri naturali o sintetici
- h) bulloneria interna in acciaio inox ASI 304
- i) bulloneria esterna classe 8.8 UNI3740 zincata o cadmiata.

## Collaudi

I collaudi saranno eseguiti secondo la normativa generale vigente o per particolari in essa non specificati, secondo le norme BS 5155-74 della British Standard.

## 67.2 Saracinesche flangiate

### Particolarità costruttive e materiali

Le saracinesche flangiate per condotte d'acqua dovranno essere prodotte in stabilimento europeo certificato a norma ISO 9001 - UNI EN 29001, Conformi alle norme UNI 10269/95 e ISO 7259/88; scartamento standard (corpo ovale), secondo ISO 5752 serie 15, per i DN da 40 a 300; scartamento corto (corpo piatto), secondo ISO 5752 serie 14, per i DN da 40 a 400.

Pressione di Funzionamento Ammissibile (PFA): 16 – 25 - 40 bar.

Corpo e coperchio in ghisa sferoidale GS 400-15 (UNI ISO 1083) interamente rivestita con polvere epossidica con spessore medio 250 micron, conforme alla Circolare 102 del 2/12/78 del Ministero della Sanità e al DM 174 del 06/04/2004 – Ministero della Salute e s.m.i.

Corpo a passaggio totale sul diametro nominale e privo di cavità.

Cuneo in ghisa sferoidale GS 400-15 (UNI ISO 1083) interamente forato per consentire il passaggio della vite ed evitare il ristagno dell'acqua. Il cuneo sarà completamente rivestito, compresa la sede della madrevite ed il foro di passaggio, in elastomero EPDM vulcanizzato atossico, conforme alla Circolare 102 del 2/12/78 del Ministero della Sanità e al DM 174 del 06/04/2004 – Ministero della Salute e s.m.i.

Lo scorrimento del cuneo dovrà avvenire senza guide laterali.

La connessione corpo-coperchio dovrà essere realizzata con sistema ad autoclave senza bulloni. La tenuta secondaria sarà ottenuta a mezzo di due O-Ring di gomma con supporto della vite in bronzo, smontabile con saracinesca sotto pressione.

Albero di manovra in acciaio inox al 13% di cromo, in unico pezzo forgiato a freddo e madrevite dell'albero in ottone libera dentro la sede del cuneo.

Flange di collegamento forate secondo ISO PN 16 -25 - 40.

Senso di chiusura orario.

Pressioni di collaudo: 1.1 PFA a cuneo chiuso, 1.5 PFA a cuneo aperto.

Identificazione della valvola a mezzo etichetta, o stampigliatura sul corpo, indicante: senso di chiusura, DN, foratura flange, anno e mese di produzione, numero di serie. Marcatura di DN, PN, tipo di ghisa sferoidale e marchio del produttore, ottenuta per fusione sul corpo della valvola.

La coppia di manovra dovrà essere conforme alla ISO 7259.

### Prove

Tutte le saracinesche dovranno essere sottoposte alle prove di pressione del corpo e di tenuta delle sedi. Le prove saranno effettuate con le modalità di cui al punto 8.2 della UNI 7125-72; la prima ad otturatore aperto, con una pressione mediamente superiore del 50% rispetto a quella nominale; la seconda ad otturatore chiuso, con una pressione uguale a quella nominale. Le prove avranno durata non inferiore a 10 minuti e comunque sufficiente per constatare la perfetta tenuta del corpo e delle sedi.

### Attestato di conformità

L'Appaltatore é tenuto a fornire alla Stazione appaltante un attestato di conformità, rilasciato dal fabbricante, con il quale verrà certificato che le saracinesche fornite sono conformi alla norma UNI richiamata ed a quant'altro é stato oggetto di specifica richiesta.

#### Art. 68 **idrovalvole**

Risultano classificate come valvole fornite di servomeccanismo di apertura e chiusura che utilizzano per il loro funzionamento il salto di pressione tra valle e monte nel fluido in movimento. Il loro impiego è previsto come organi di sezionamento periferico in corrispondenza dei nodi rete secondari.

Costruttivamente dovranno essere del tipo a flusso libero con corpo in materiale metallico e dimensionate per una pressione nominale di esercizio relativa alle caratteristiche delle condotte. La valvola senza fluido interno ed in assenza di pressione, dovrà resistere ad una temperatura di 70°C senza riportare anomalie alla ripresa delle normali condizioni di impiego.

Il costruttore dovrà specificatamente descrivere il tipo di protezione interna ed esterna utilizzate. Qualunque sia la tipologia e la forma, la valvola non dovrà creare turbolenze ed avere perdite di carico ridotte delle quali in costruttore dovrà fornire i relativi diagrammi in relazione al campo di portate di esercizio. Durante le fasi di chiusura ed apertura e, per le portate dichiarate dal costruttore, non dovrà dare luogo a vibrazioni di sorta che possano pregiudicare la vita della valvola.

La tenuta dovrà essere del tipo rigido di metallo ed elastomero (membrana) o del tipo elastomero-elastomero; è esclusa la tenuta di tipo metallico.

La valvola dovrà essere realizzata in modo da assicurare la facile manutenzione e sostituzione delle componenti deteriorate; di tale caratteristiche il costruttore dovrà fornire adeguata documentazione tecnica.

L'idrovalvola corredata di adatto dispositivo di manovra, dovrà operare una chiusura ed una apertura della luce di passaggio sufficientemente lenta e progressiva e comunque tale da prevenire pericolosi colpi di ariete.

Il circuito idraulico di comando dovrà essere protetto da filtro, con adeguata superficie filtrante, ispezionabile e di facile pulitura.

L'Idrovalvola in posizione di chiusura dovrà assicurare una tenuta ermetica con una pressione di condotta  $\leq$  a 0,6 bar, con comando in posizione di apertura l'idrovalvola dovrà aprirsi con una pressione in condotta non superiore e quella indicata dal costruttore.

I dispositivi di comando dovranno essere del tipo manuale, elettrico locale o a distanza, mediante piloti di pressione, livello, portata o con una combinazione degli stessi dispositivi. Indipendentemente dal tipo di comando sul circuito idraulico, l'idrovalvola dovrà essere predisposta per l'azionamento anche manuale in caso di emergenza.

Il comando elettrico dovrà essere del tipo a bassa potenza (2,5 W) per consentire cavi di sezione limitata potendo essere le idrovalvole elettroidrauliche montate a notevole distanza dal punto di alimentazione e comando. Saranno preferite soluzioni con elettrovalvole del tipo bi-stabile, adatte per comandi ad impulso tali da richiedere energia solamente nella fase di trasmissione del segnale di comando. Saranno tassativamente scartati sistemi di azionamento che provochino chiusure contemporanee delle valvole in caso di mancanza di tensione di alimentazione. Sono ammesse tensioni di alimentazione inferiori a 48V e le bobine di azionamento saranno del tipo separato dal fluido intercettato e sostituibili senza ricorrere alla rimozione della valvola pilota ed il fluido in pressione.

#### 68.1 *Raccordi*

L'idrovalvola dovrà essere facilmente inseribile o smontabile sulle condotte e sulle apparecchiature. Le guarnizioni saranno quindi a flangia secondo le norme UNI 1092 Pn 16 atm. Le stesse potranno essere del tipo filettato con filettature gas cilindrica G UNI338 solo se previsto particolare giunto di smontaggio.

#### Contrassegni

Ogni idrovalvola dovrà portare stampigliato sul corpo o su apposita targhetta metallica, i seguenti dati:

- a) marchio o nome della ditta costruttrice;
- b) diametro nominale DN in mm.;
- c) pressione nominale PN in bar;
- d) pressione minima Pmin di apertura in bar;

- e) numero di matricola;
- f) freccia indicante la direzione del flusso.

Ad installazione della valvola la ditta Appaltatrice dovrà provvedere ad etichettare la valvola in relazione alla numerazione e/o classificazione della stessa in seno al quadro generale di telecontrollo.

## 68.2 *Materiali*

Le idrovalvole dovranno essere realizzate con i seguenti materiali:

- a) corpo in ghisa G20, ghisa malleabile, bronzo, ottone;
- b) molla in acciaio galvanizzato o inox;
- c) guarnizioni e membrana in elastomero resistente all'usura e all'invecchiamento.

### Collaudi

I collaudi saranno effettuati in riferimento alla normativa generale, oltre ai punti precedenti del presente capitolato dovranno tenere conto anche delle seguenti condizioni:

- a tenuta con valvola aperta e chiusa con pressioni pari a 1,5 volte la pressione nominale;
- corretto funzionamento degli organi di manovra alla pressione nominale;
- di portata e relative perdite di carico.

### Art. 69 **valvole di regolazione**

Saranno preferibilmente del tipo a fuso. L'apparecchiatura dovrà consentire la regolazione della portata che attraversa la valvola secondo, un verso preassegnato, mediante opportune manovre della valvola stessa.

Gli organi di manovra dovranno consentire operazioni di apertura e chiusura continuamente comandate e risultanti da una successione di spostamenti unitari. La conformazione dell'otturatore e la legge del suo movimento devono garantire che, per qualsivoglia grado di apertura della valvola, non si determinino fenomeni di distacco o cavitazione della vena liquida.

Il dispositivo di regolazione della portata offerto, sarà definito nel tipo e nelle dimensioni in base al valore dei seguenti parametri di esercizio:

- a) pressione massima  $P_{max}$  a cui il dispositivo, ad otturatore chiuso, potrà essere sottoposto;
- b) pressione pari al carico idrostatico aumentato delle sovrappressioni conseguenti i transitori che ne derivino dalla manovra di apertura o da prevedibili condizioni di esercizio. In difetto di tali determinazioni, per le sovrappressioni, si assumeranno i valori massimi indicati nella tabella III allegata al D.M. LL.PP. del 12.12.85 "Normativa tecnica per le tubazioni";
- c) portata massima  $Q_{max}$  e portata minima  $Q_{min}$ ;
- d) perdite di carico ammissibili nel dispositivo;
- e) campo di funzionamento per evitare possibili fenomeni di cavitazioni;
- f) tempo minimo per la manovra completa di chiusura o apertura.

## 69.1 *Perdite di carico*

L'Impresa Appaltatrice dovrà specificare, mediante grafico, l'andamento delle perdite di carico della valvola in funzione al grado di apertura dell'otturatore e della portata di transito.

## 69.2 *Modalità di funzionamento*

Dovranno essere precisate, prima dell'installazione, le caratteristiche costruttive della valvola, il principio di funzionamento, i calcoli relativi al dimensionamento, anche ai fini della resistenza meccanica, tenuto conto che l'apparecchiatura dovrà consentire frequenti e ripetute manovre di regolazione.

## 69.3 *Materiali*

Le valvole dovranno essere realizzate con i seguenti materiali:

- corpo in ghisa G25 UNI5007, acciaio Fe 42B UNI7070 elettrosaldato, acciaio fuso Aq 45 UNI3158;
- a) otturatore come per il corpo valvola;
- b) sedi di tenuta sul corpo e sull'otturatore in acciaio inox AISI 304 o 316, ottone OT 58;
- c) madreviti e boccole in bronzo B 14 UNI7013;
- d) viteria interna in acciaio inox AISI 304.

#### 69.4 Collaudi

Oltre a quanto indicato nella normativa generale, di cui ai punti precedenti del presente capitolato, anche delle seguenti prove:

in stabilimento: funzionalità degli organi di manovra e comando sotto carico; resistenza alla pressione con riferimento alla pressione nominale statica ed alla pressione massima di esercizio, tenuto conto anche dei fenomeni transitori secondo le specifiche e le disposizioni cui la casa costruttrice ha fatto riferimento nella sede di progettazione della valvola;

in opera: ove possibile esecuzione di prove di portata e determinazione delle perdite di carico.

##### Art. 70 **giunti di smontaggio**

Verranno utilizzati allo scopo di consentire dilatazioni, compensare disassamenti e consentire agevoli smontaggi e rimontaggi degli organi elettroidraulici ed idraulici principali. Le caratteristiche principali saranno, per il modello a flange scorrevoli:

- a) di tipo telescopico a 3 flange, due per l'accoppiamento ed una intermedia per la pressatura e la registrazione della guarnizione;
- b) escursione massima 25 mm.;
- c) scorrimento su superfici lavorate a macchina e protette;
- d) tiranteria di regolazione escursione compressa.
- e) Per il modello a soffietto metallico, si avranno le seguenti caratteristiche:
- f) giunti in acciaio inox;
- g) biflangiato con o senza convogliatore;
- h) tiranteria di fermo in acciaio 8.8 cadmiata.
- i) Per il modello a soffietto elastico, si avranno le seguenti caratteristiche:
- j) elemento deformabile in elastomeri sintetici;
- k) armatura interna in nylon o acciaio;
- l) tiranteria di fermo in acciaio 8.8 cadmiato.

##### 70.1.1 Materiali

Le tipologie di materiali saranno:

- a) tubi Fe 42B UNI7070;
- b) flange in Fe 42B UNI7070;
- c) guarnizioni in elastomero sintetico o gomma naturale;
- d) tiranteria in acciaio trafilato ad alta resistenza;
- e) soffietti in acciaio inox AISI 304;
- f) soffietti in elastomeri sintetici con rinforzi metallici o fibre sintetiche.

##### Collaudo

Oltre a quanto indicato nella normativa generale, di cui ai punti precedenti del presente capitolato, anche delle seguenti prove:

- a) prova dimensionale;
- b) prova di resistenza ad una pressione pari a 1,5 volte la pressione massima di esercizio statica o dinamica.

##### Art. 71 **Valvole per serbatoi**

Sono apparecchiature atte a regolare l'afflusso delle portate dei serbatoi asservendole al livello idrico di questi.

#### 71.1 *Otturatori a disco*

Gli otturatori a disco ad asse verticale, del tipo sommerso o a sottocuffia, dovranno consentire l'alimentazione delle vasche mantenendo il livello costante prefissato. L'alimentazione avverrà dal basso con comando a galleggiante con dispositivo di regolazione del grado di apertura. Allegato alla documentazione da presentare preventivamente all'installazione, dovrà essere redatto il grafico di funzionamento delle perdite di carico in funzione del grado di apertura dell'otturatore per le diverse combinazioni del valore della portata in transito.

Costruttivamente l'apparecchiatura dovrà essere realizzata con le seguenti caratteristiche generali:

- a) ugelli riportati e ricambiabili al tubo di adduzione con speciale profilo idraulico;
- b) superfici di tenuta, su ugelli e piattelli, in materiale antiusura e minima scabrezza;
- c) sistemi di guida del piattello e protezione in grado di assicurare da possibili deficienze dell'autocentrature per passaggi di eventuali corpi estranei;

- d) limitazione della corsa di apertura regolabile senza dispositivi di arresto su leve o galleggianti;
- e) cuffia ampiamente dimensionata con particolare profilo deflettore smorzatore;
- f) snodi sferici sulle aste di collegamento del piattello e del galleggiante alla leva;
- g) cuscinetti di sostegno della leva previsti per carichi di fatica ed urto;
- h) galleggiante antiurto.

#### 71.2 *Dispositivo di manovra*

Le parti mobili ruotanti su assi saranno collegati ai supporti mediante cuscinetti a sfere del tipo chiuso pre-lubrificati.

#### 71.3 *Galleggiante*

Del tipo cilindrico con guide esterne.

#### 71.4 *Ugello*

Sarà collegato alla tubazione con flangia secondo le norme UNI con bulloni in acciaio zincato o cadmiato classe 8.8 UNI3740.

#### 71.5 *Otturatore*

Dovrà assicurare la perfetta tenuta sull'ugello al raggiungimento del livello prefissato. Per le portate intermedie l'apparecchio non dovrà oscillare né vibrare.

Materiali

I materiali costitutivi dell'apparecchiatura saranno:

- a) galleggiante in acciaio zincato;
- b) ugello in bronzo o acciaio inox;
- c) leve e supporti in acciaio zincato;
- d) parti fulcranti su cuscinetti protetti;
- e) otturatore in acciaio zincato;
- f) guarnizioni in gomma naturale o elastomeri antiusura ed anti invecchiamento con proprietà antiolio, insensibili ai solventi ed a composizione a base di neoprene con bassa carica di inerti. Elastiche con durezza in gradi Shore 85/90 e non scalfibili;
- g) bulloni in acciaio zincati o cadmiati classe 8.8 UNI3740.

#### 71.6 *Collaudo*

Oltre a quanto indicato nella normativa generale, di cui ai punti precedenti del presente capitolato, anche delle seguenti prove in officina o in opera con riferimento alle norme UNI6884-71 per quanto applicabili:

- a) prove di funzionalità degli organi di manovra;
- b) prove di tenuta alla pressione massima statica o dinamica di esercizio;
- c) prove di portata e perdite di carico nelle condizioni nominali di esercizio.

##### **Art. 72 Idrovalvole per serbatoi**

Le idrovalvole da montare a servizio del livello vasca dei serbatoi, saranno del tipo a membrana con otturatore a pistone. Il fornitore dovrà specificare, mediante grafici l'andamento delle perdite di carico della valvola in funzione del grado di apertura della stessa e della portata in transito.

Per tutte le caratteristiche relative ai Materiali, Funzionalità e Collaudi si rimanda alle prescrizioni di cui ai precedenti punti

##### **Art. 73 Valvole di sicurezza e scarico anticolo di ariete**

Le valvole saranno del tipo a molla, a scarico libero e chiusura stagna, in modo da scolare le sovrappressioni in fase di moto vario. La valvola sarà costituita essenzialmente da un ugello opportunamente sagomato, da un otturatore a piattello a grande alzata, in grado di autocentrarsi sul getto idrico senza necessità di guide e da una molla di contrasto ad azione diretta. La valvola sarà dotata di due attacchi per il manometro di controllo e per la pompa a mano di taratura. Nel montaggio la valvola dovrà essere preceduta da un opportuno organo di sezionamento a saracinesca con tenuta stagna. L'apparecchiatura sarà caratterizzata da:

- a) massima sensibilità con risposta immediata alle sovrappressioni;
- b) assenza di pendolazioni o battimenti a qualsiasi regime di deflusso;
- c) massima capacità di scarico con minimo incremento di pressione sopra il valore di taratura (chiusura);
- d) ampio campo di regolazione della pressione di taratura;
- e) tenuta assicurata tra superfici metalliche particolarmente resistenti all'ossidazione, all'usura ed alle caratteristiche dell'acqua.

Sull'organo dovranno essere chiaramente indicate su targhetta o sul corpo valvola le seguenti dicitura:

- a) nominativo del costruttore;
- b) pressione nominale;
- c) massima pressione ammissibile di taratura (chiusura);
- d) massima pressione ammissibile a valvola totalmente aperta;
- e) campo di regolazione della pressione di taratura;
- f) diametro nominale;
- g) numero di matricola.

Dovrà essere inoltre allegato diagramma indicante la portate scaricate in funzione delle sovrappressioni rispetto alla pressione di taratura.

#### 73.1 *Materiali*

La valvola sarà realizzata con i seguenti materiali:

- a) corpo in ghisa G20, ghisa malleabile o acciaio elettrosaldato;
- b) ugello interscambiabile in acciaio inox AISI 304, bronzo BZ 14 UNI7013;
- c) otturatore in acciaio inox AISI 304;
- d) sedi di tenuta con riporto a spessore di cromo rettificato e lappato;
- e) molla in acciaio armonico ad alta resistenza;
- f) bulloneria e tiranti in acciaio inox.

#### 73.2 *Collaudi*

Oltre a quanto indicato nella normativa generale, di cui ai punti precedenti del presente capitolato anche delle seguenti prove in officina:

- dimensionale, taratura pressione inizio scarico, portate scaricate alle diverse sovrappressioni.

### Art. 74 **Apparecchiature di misura idrauliche di portata e di livello serbatoi**

#### 74.1 *Misuratori di portata*

Saranno del tipo elettromagnetici induttivi magnetici con elettronica separata e come meglio specificato nelle relative voci di elenco prezzi.

#### 74.2 *Misuratori di livello*

- di tipo a galleggiante con funicella e ruotismi;
- ad ultrasuoni
- di tipo piezoresistivo

Per tutti i rilevatori di misura di tipo analogico si richiede un segnale in uscita normalizzato (0-20 mA; 4-20 mA; 1-10 V.c.c.) e per i modelli di tipo digitale un segnale ad impulsi compatibile con i computer ed i sistemi di acquisizione dati previsti in progetto.

#### 74.3 *Sensore misuratore di pressione:*

Sensore acquisizione e trasmettitore misura di pressione, per qualsiasi campo di pressione, del tipo con membrana a campo fisso non affacciata realizzato secondo tecnologia a due fili ed avente le seguenti caratteristiche:

- membrana in acciaio 316L con O-ring in NBR o Viton
- custodia in acciaio inox AISI 304
- alimentazione elettrica 7-35 Vcc con protezione contro le inversioni di polarità
- attacco al processo di tipo "maschio" da 1/2"
- protezione idraulica IP55 con connettore a 4 PIN secondo norme DIN 436500
- uscita analogica 4-20 mA con tecnica a due fili
- capo di temperatura di funzionamento da -25 °C a +125°C
- campo di compensazione in temperatura da -20°C a +80°C

- accuratezza 0,25% del fondo scala

Compreso:

- tronchetto di derivazione da 1/2" a saldare in acciaio dalla tubazione principale di qualsiasi materiale e diametro;
- n°3 valvole a sfera (intercettazione generale, valvola per riscontro valore di zero del misuratore con comunicazione in atmosfera, valvola di intercettazione misuratore di pressione) del Dn 1/2" complete di raccordi;
- cavi di alimentazione e trasmissione segnali, all'interno di cavidotti per qualsiasi tipologia di esecuzione (a parete, sottotraccia, interrata, ecc..), per qualsiasi distanza dalla periferica;
- materiale elettrico ed idraulico di consumo;
- cablaggi e moresetterie

#### 74.4 Collaudi

Secondo quanto indicato nella normativa generale, di cui ai punti precedenti del presente capitolato, sia in officina che in opera.

## § IMPIANTI ELETTRICI E DI ILLUMINAZIONE ESTERNA

### Art. 75 **Impianti elettrici**

#### 75.1 *Osservanza delle disposizioni e norme ufficiali - Norme CEI*

Nella progettazione e nella realizzazione degli impianti elettrici l'Appaltatore dovrà attenersi a tutte le disposizioni e norme emanate e vigenti all'atto dell'esecuzione, quali leggi, decreti regolamenti, circolari, ecc. In particolare dovranno essere osservate le disposizioni di cui alla Legge 1 marzo 1968, n. 186, alla Legge 18 ottobre 1977, n. 791 nonché le norme elaborate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), dal CENELEC con recepimento CEI (sotto la sigla CEI-EN) e le tabelle pubblicate dall'Ente di Unificazione Dimensionale Elettrica (UNEL).

Tutti gli impianti posti all'interno degli edifici e le relative pertinenze, con esclusione di quelli soggetti a normativa comunitaria o specifica, dovranno essere realizzati nel rispetto del D. Min. Sv. Ec. 22 gennaio 2008, n. 37 che adotta il "Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della Legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici" (modif. con legge 6 agosto 2008, n. 133).

Dovranno ancora essere rispettate tutte le disposizioni emanate dal Ministero dell'Interno in rapporto agli ambienti ed agli impianti soggetti a normativa di prevenzione incendi, le prescrizioni dell'INAIL in relazione alla legge 30 luglio 2010 n. 122 di conversione con modificazioni del D.L. 78/2010 e quelle, eventuali, degli Enti di distribuzione (Enel od altre Società od Aziende) per le rispettive competenze. Dovranno infine essere rispettate le disposizioni emanate con D.M. Sv. Ec. 22 gennaio 2008, n. 37 che adotta il "Regolamento concernente l'attuazione dell'art. 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) Legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici".

Saranno a carico dell'Appaltatore tutti gli adempimenti, gli oneri e le spese derivanti dai rapporti con detti Enti od Autorità (per l'espletamento di qualsiasi pratica, per la richiesta di autorizzazioni, ecc., nonché per le visite ed i controlli eventualmente disposti) come pure sarà a carico dello stesso l'assunzione di tutte le informazioni relative a detti adempimenti.

Di conseguenza nessuna variazione potrà essere apportata al prezzo dell'appalto qualora, in difetto, l'Appaltatore fosse costretto ad eseguire modifiche o maggiori lavori. Tale precisazione varrà comunque per le opere valutate a forfait, restando obbligato l'Appaltatore ad eseguire lavori, se prescritti, anche non espressamente previsti in contratto o diversamente previsti.

#### 75.2 *Materiali ed apparecchi - Marchio di Qualità - Marchio CE*

I materiali e gli apparecchi da impiegare negli impianti elettrici dovranno essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità, alle quali potranno essere esposti durante l'esercizio. Dovranno inoltre essere rispondenti alle relative norme CEI e Tabelle di unificazione CEI-UNEL ove queste, per detti materiali ed apparecchi, risultassero pubblicate e vigenti.

La rispondenza dei materiali e degli apparecchi alle prescrizioni di tali norme e tabelle dovrà essere attestata, per i materiali e per gli apparecchi per i quali è prevista la concessione del marchio, dalla presenza del contrassegno dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità. La presenza del marchio CE rappresenterà inoltre l'osservanza delle disposizioni del D.Lvo 16 giugno 2017, n.106. In particolare dovrà essere marcato CE il materiale elettrico soggetto alla direttiva bassa tensione 113/68/CEE recepita con D.Lgs.vo 25 novembre 1996, n. 626.

#### 75.3 *Campionatura*

Unitamente alla presentazione del progetto, l'Appaltatore sarà tenuto a produrre ed a depositare, negli appositi locali all'uopo designati, la campionatura completa dei materiali e degli apparecchi componenti l'impianto e da installare, compresi i relativi accessori, per la preventiva accettazione da parte della Direzione Lavori e per i controlli che dalla stessa saranno ritenuti opportuni.

Resta stabilito comunque che l'accettazione dei campioni non pregiudica in alcun modo i diritti che l'Amministrazione appaltante si riserva in sede di collaudo, restando obbligato in ogni caso l'Appaltatore a sostituire, anche integralmente, tutti i materiali e le apparecchiature che, ancorché in opera, risultassero difettosi o comunque non idonei o non corrispondenti ai campioni.

#### 75.4 *Verifica provvisoria e consegna degli impianti*

Dopo l'ultimazione dei lavori ed il rilascio del relativo certificato da parte dell'Amministrazione appaltante, questa avrà la facoltà di prendere in consegna gli impianti anche se il collaudo definitivo non avesse ancora avuto luogo. In tal caso però la presa in consegna degli impianti dovrà essere preceduta da una verifica provvisoria degli stessi, effettuata con esito favorevole, che verrà opportunamente verbalizzata.

L'Amministrazione appaltante, e per essa la Direzione Lavori, potrà in ogni caso procedere a verifiche provvisorie, prima e dopo l'ultimazione dei lavori, e ciò ancor quando non fosse richiesta la consegna anticipata. La verifica o le verifiche provvisorie accerteranno la corrispondenza dei materiali e degli apparecchi impiegati ai campioni regolarmente accettati e depositati, le condizioni di posa e di funzionamento, il rispetto delle vigenti norme di legge per la prevenzione infortuni.

#### 75.5 *Collaudo definitivo degli impianti*

Il collaudo definitivo dovrà accertare che gli impianti ed i lavori, per quanto riguarda i materiali impiegati, l'esecuzione e la funzionalità, siano in tutto corrispondenti alle condizioni del progetto approvato, alle specifiche del presente Capitolato ed alle disposizioni, anche in variante, eventualmente impartite dalla Direzione Lavori.

Nel collaudo definitivo dovranno ripetersi gli accertamenti di cui al precedente punto 99.0.4. ed inoltre dovrà procedersi alle seguenti verifiche (v. il punto 612 della norma CEI 64-8/6):

- verifica della sfilabilità dei cavi;
- verifica della continuità dei conduttori di protezione e di quelli equipotenziali;
- misura della resistenza di isolamento dell'impianto;
- verifica della corretta esecuzione dei circuiti di protezione contro le tensioni di contatto;
- prove di funzionamento e verifica delle cadute di tensione.

Per le prove di funzionamento e rendimento delle apparecchiature e degli impianti il collaudatore dovrà previamente verificare che le caratteristiche della corrente di alimentazione, disponibile al punto di consegna, (tensione, frequenza e potenza disponibile), siano conformi a quelle di previsione ed in base alle quali furono progettati ed eseguiti gli impianti. Qualora le dette caratteristiche della corrente di alimentazione (se non prodotta da centrale facente parte dell'appalto) all'atto delle verifiche o del collaudo non fossero conformi a quelle contrattualmente previste, le prove dovranno essere rinviate.

#### 75.6 *Garanzia degli impianti*

L'Appaltatore avrà l'obbligo di garantire gli impianti, sia per la qualità dei materiali, sia per il montaggio, sia ancora per il regolare funzionamento, fino a quando il Certificato di collaudo non avrà assunto valore definitivo.

Pertanto, fino alla scadenza di tale periodo, l'Appaltatore dovrà riparare, tempestivamente ed a proprie spese, tutti i guasti e le imperfezioni che dovessero verificarsi negli impianti per effetto della non buona qualità dei materiali o per difetto di montaggio o di funzionamento, esclusa solamente la riparazione dei danni attribuibili all'ordinario esercizio.

In difetto l'Amministrazione, anche in deroga all'art. 1218 c.c. e senza l'obbligo di costituzione in mora previsto dall'art. 1219 c.c., avrà facoltà di procedere alla eliminazione dei difetti e danni accertati, addebitando all'Appaltatore le relative spese.

La valutazione dei danni, in caso di disaccordo, verrà effettuata, da un perito nominato dal Presidente del Tribunale competente per giurisdizione.

## 75.7 *Progetto degli impianti elettrici*

### 75.8 *Obblighi generali di progettazione*

Nei termini di tempo prescritti dalla Direzione Lavori e comunque non oltre 60 gg. dalla consegna dei lavori e non meno di 30 gg. prima dell'esecuzione degli impianti, l'Appaltatore, se oggetto di specifica richiesta, dovrà produrre, a propria cura, il progetto esecutivo degli impianti elettrici, accompagnato dai relativi calcoli.

I calcoli ed i disegni dovranno essere di facile interpretazione e controllo e dovranno definire, in ogni possibile particolare, tutti gli elementi e le caratteristiche degli impianti da eseguire. Per la simbologia, i segni, gli schemi e le unità di misura sarà fatto riferimento alle norme CEI in vigore sull'argomento.

Il progetto sarà firmato da un ingegnere o da un perito industriale elettrotecnico (nei limiti di competenza), abilitati secondo le disposizioni in vigore e regolarmente iscritti ai rispettivi Albi professionali, e dovrà essere controfirmato dall'Appaltatore.

### 75.9 *Specificazioni per la presentazione del progetto*

L'Appaltatore, se appositamente richiesto, dovrà presentare il progetto degli impianti, nei termini prescritti al precedente punto 113.1.0., corredato dei seguenti elaborati:

- Relazione particolareggiata, illustrativa del tipo, della consistenza e delle caratteristiche degli impianti da eseguire.
- Calcoli elettrici di dimensionamento dei vari circuiti e, occorrendo, anche meccanici od elettromeccanici.
- Schemi elettrici dei vari circuiti (ordinari, di montaggio, topografici e funzionali, secondo i casi e le prescrizioni), con l'indicazione del tipo e delle sezioni dei conduttori adoperati e delle cadute di tensione a pieno carico per i vari tratti.
- Disegni, in scala appropriata, con una chiara rappresentazione grafica dei vari utilizzatori, dei comandi, dei quadri, ecc.
- Prospetti illustranti le caratteristiche costruttive e di funzionamento di tutti i macchinari, apparecchiature ed apparecchi, con tutti gli elementi atti ad individuarne la potenzialità e/o i dati caratteristici, i livelli di prestazione, le protezioni, ecc.
- Quant'altro previsto, in termini di elaborati, dalla norma CEI 0-2.

Resta comunque stabilito che ove il progetto allegato al contratto non fosse corredato di tutti gli allegati ed elaborati sopra richiesti, quand'anche non fosse da considerare semplicemente di massima, all'Appaltatore potrà essere affidato l'onere di provvedere alle necessarie integrazioni, acquisendo se del caso le necessarie informazioni, così da presentare il progetto degli impianti elettrici completo e particolareggiato in ogni sua parte, come da prescrizione e da norma. Fermo restando a carico dello stesso l'onere della verifica dei calcoli e degli esecutivi inseriti in contratto, in autotutela, dovendo esso rispondere della qualità, dell'efficienza e della sicurezza di detti impianti, a norma di quanto previsto dall'art. 6 del D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

L'Amministrazione appaltante, e per essa la Direzione Lavori avrà la facoltà di disporre, anche in variante, l'ubicazione di qualunque elemento degli impianti (quadri, comandi, punti luce, prese, ecc.) ferma restando, per le opere a corpo, la relativa consistenza.

## Art. 76 **Materiali ed apparecchi – requisiti**

### 76.1 *Conduttori rigidi di connessione*

Potranno essere di rame o di alluminio, secondo prescrizione.

I conduttori di rame saranno costituiti con rame elettrolitico purissimo, titolo minimo 99,9%, carico di rottura a trazione minimo di 220 N/mm<sup>2</sup> e resistività massima a 20 °C di 0,0178 Ohm mm<sup>2</sup>/m. I conduttori di alluminio saranno costituiti con alluminio di titolo minimo 99,5% (UNI EN 576), carico di rottura a trazione minimo di 70 N/mm<sup>2</sup> e resistività elettrica massima a 20 °C di 0,0285 Ohm mm<sup>2</sup>/m.

## 76.2 Cavi in gomma o materie termoplastiche – Cavi ad isolamento minerale

Saranno formati con fili o corde di rame elettrolitico ricotto, titolo 99,9% carico di rottura non inferiore a 220 N/mm<sup>2</sup> e dovranno rispondere, per requisiti e caratteristiche, alle norme del CT 20 del CEI.

I conduttori per cavi avranno la classe prevista per progetto secondo CEI EN 60228 (Classe 1: conduttori rigidi a filo unico; Classe 2: idem a corda; Classe 3: conduttori flessibili), sezioni unificate di: 1,5-2,5-4-6-10-16-25-35-50-70-95-120-150-185-240-300-400-500 mm<sup>2</sup>, fili di rame eventualmente stagnati, tipo di isolamento come da prescrizione, tensione nominale o grado di isolamento rapportato alle condizioni di impiego, guaine rapportate alle condizioni di posa. Le corde dovranno avere struttura uniforme e cilindrica, senza lacune o fili sporgenti, con superficie esterna regolare. Il rivestimento isolante dovrà essere continuo e compatto, senza bolle, grumi od altri difetti.

Nelle normali applicazioni, per la realizzazione dei circuiti di energia all'interno degli edifici od anche all'esterno (non interrato) potranno essere impiegati cavi del tipo: H07V-K; N07V-K; FROR 450/750 V. Allo stesso modo per posa all'interno o specialmente all'esterno (anche interrato): N1VV-K; FG7R 0,6/1 kV ; FG7OR 0,6/1 kV.

Per la realizzazione dei circuiti di comando e di segnalazione, oltre ai cavi idonei per i circuiti di energia, potranno essere impiegati cavi del tipo: H05V-K ; H05RN-F; FROR 300/500V . Se i circuiti sono di tipo ELV (Extra Low Voltage) ed i cavi sono installati separatamente dai cavi di energia, potranno venire impiegati anche cavi del tipo: H03VV-F e H03RN-F.

## 76.3 Limitazioni nell'uso dei conduttori

I materiali conduttori da usarsi negli impianti elettrici degli edifici civili dovranno essere di rame elettrolitico o di alluminio di prima fusione. I due metalli, se impiegati contemporaneamente in uno stesso impianto, non dovranno avere punti in contatto se non attraverso l'apposita morsetteria bimetallica.

Sarà escluso comunque l'impiego dell'alluminio come conduttore di terra.

## 76.4 Colorazione delle anime e delle guaine

Le anime dei cavi devono essere identificate mediante colori; la colorazione può essere realizzata sia nella massa, sia sulla superficie dell'isolante. Ciascuna anima di un cavo multipolare dovrà avere un solo colore, ad eccezione di un'anima che potrà essere caratterizzata dalla combinazione dei colori giallo-verde.

**TAB. 53 – Cavi di bassa tensione. Forme dei conduttori e simboli (CEI 20-27)**

Simbolo	Forma del conduttore
- F	Conduttore flessibile di un cavo flessibile (flessibilità: classe 5 - HD 383)
- H	Conduttore flessibilissimo di un cavo flessibile “ “
- K	Conduttore flessibile di un cavo per installazioni fisse (di norma flessibilità c.s.)
- R	Conduttore: rigido, rotondo, a corda
- U	Conduttore rigido, rotondo, a filo unico

Per i colori delle anime sarà fatto riferimento alla norma CEI UNEL 00722 (HD 308) che fornisce la sequenza dei colori (fino ad un massimo di 5) dei cavi multipolari flessibili e rigidi rispettivamente con e senza conduttore di protezione. Si applica indistintamente a cavi di tipo armonizzato (es. H07RN-F, H05 VV-F) ed a cavi di tipo nazionale (es. FG7OM 1, N1VV-K).

Per i cavi aventi un numero di anime superiore a 5 sarà utilizzato il sistema di marcatura delle singole anime mediante iscrizione numerica, in accordo alla Tabella CEI UNEL 00725 (CEI EN 50334). V. anche la norma CEI EN 60446 richiamata al punto 514.3.6 della CEI 64-8.

**TAB. 54 – Colorazione delle anime. Cavi con conduttore di protezione giallo/verde (GV)**

N° Anime	Norma CEI UNEL 00722				
	Protez.	Neutro	Fase	Fase	Fase
3	•GV	•Blu	•Marrone		
4	•GV	•Marrone		•Nero	•Grigio
5	•GV	•Blu	•Marrone	•Nero	•Grigio

**TAB. 55 – Idem. Cavi senza conduttore di protezione**

N° Anime	Norma CEI UNEL 00722				
	Neutro	Fase	Fase	Fase	Fase
2	•Blu	•Marrone			
3		•Marrone	•Nero	•Grigio	
4	•Blu	•Marrone	•Nero	•Grigio	
5	•Blu	•Marrone	•Nero	•Grigio	•Nero

Le guaine dei cavi per segnalazioni e per energia, in bassa tensione rispondenti a norme nazionali, faranno riferimento in termine di colorazione alla Tabella CEI UNEL 00721. I colori distintivi (applicabili a cavi unipolari e multipolari, flessibili e rigidi, con o senza conduttori di protezione, saranno 4 (per tensione nominale fino a 0,6/1 kV): nero, grigio, blu, verde. Il colore giallo potrà venire impiegato per qualunque tensione nominale.

## 76.5 Contrassegni, marcature e marchi

Per rispondere alle prescrizioni normative e di legge i cavi per energia di bassa tensione dovranno riportare oltre alla sigla di designazione di cui in precedenza, anche le seguenti indicazioni: contrassegno del fabbricante (nome o marchio di fabbrica) o filetto distintivo depositato inserito nel cavo; eventuale riferimento (se richiesto) a norme di comportamento al fuoco (es. CEI 20-22 II); marcatura CE (di norma sui cavi con diametro non inferiore a 12,5 mm e comunque sull'imballo o sulle istruzioni d'uso); contrassegno IEMMEQU; contrassegno HAR; anno di fabbricazione (facoltativo).

## 76.6 Cavi a doppio isolamento

Secondo la norma CEI 64-8, art. 413.2.8., i cavi e/o le condutture elettriche sono da considerarsi a doppio isolamento o a isolamento rinforzato (di classe II) quando la tensione nominale del sistema non supera i 690 V e la relativa costituzione sia nei tipi di cui alla Fig. 6.

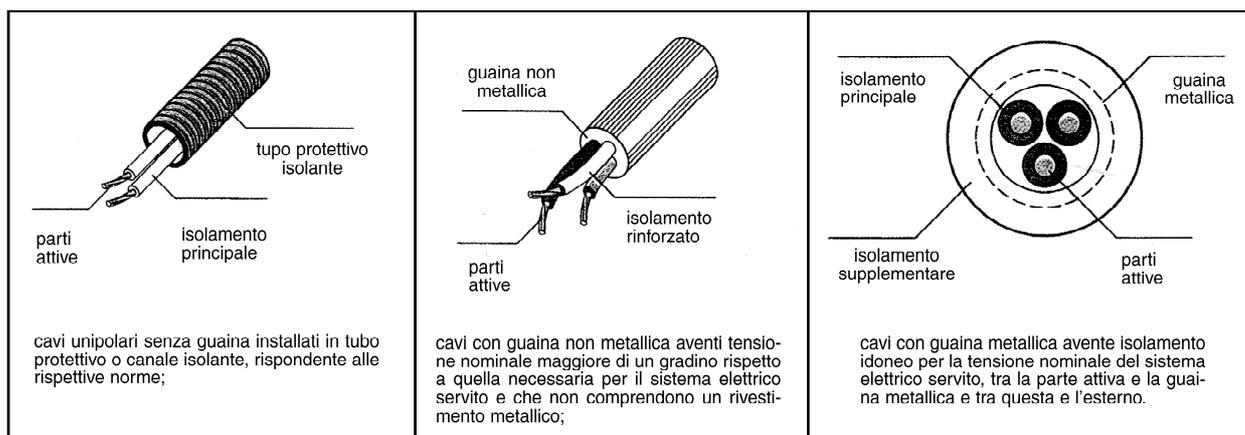


FIG. 6 - Cavi a doppio isolamento. Tipologie

## 76.7 Interruttori – Interruttori automatici – Salvamotori

Potranno essere di tipo modulare, caratterizzati dal valore della corrente nominale  $I_n \leq 125$  A e dalla standardizzazione dimensionale o di tipo scatolato, per correnti nominali superiori a 125 A, e di tipo aperto: questo in rapporto alle previsioni di progetto o alle prescrizioni della Direzione dei lavori. Per diversi tipi di interruttori, dovrà farsi comunque riferimento alla seguente normativa:

CEI EN 60898 - Interruttori automatici per la protezione delle sovracorrenti per impianti domestici e similari (CEI 23-3).

CEI EN 601134 - Interruttori automatici per apparecchiature.

Avranno materiale isolante e distanze di isolamento adeguati alla tensione di esercizio, conduttori di connessione e contatti proporzionati alla corrente nominale, supposta continuativa (tenendo presenti le possibilità di forti sovraccarichi istantanei e di lievi sovraccarichi prolungati) e dovranno presentare caratteristiche di robustezza e proporzionamento atto alla dispersione del calore, così da evitare sovrariscaldamenti, incollamenti, deformazioni, carbonizzazioni.

Dovranno rispondere inoltre alle prescrizioni delle norme elaborate dal C.T. CEI 17 per la grossa apparecchiatura e del C.T. CEI 23 per l'apparecchiatura a bassa tensione.

Con riguardo alle caratteristiche funzionali gli interruttori dovranno:

- poter raggiungere la posizione di aperto o chiuso con scatto rapido e senza possibilità di arresto in posizione intermedie;
- operare simultaneamente e contemporaneamente l'apertura di tutti i poli;
- interrompere la corrente massima per la quale sono stati previsti, senza dar luogo ad arco permanente, né a corto-circuito o messa a terra dell'impianto.

Gli interruttori automatici in aria per la protezione degli impianti e delle macchine elettriche dai sovraccarichi e dai corto-circuiti dovranno essere muniti di organi (relè) che al passaggio di correnti di valore superiore a quello previsto, od in caso di corto-circuiti a valle dell'interruttore, possano con sicurezza provocare a mezzo di opportuni sganciatori l'apertura dei contatti, interrompendo il circuito.

I relè saranno di norma di tipo magnetico di massima corrente o di minima tensione (per i corto-circuiti) e termici di massima corrente (per i sovraccarichi).

Nella fornitura degli interruttori automatici saranno specificati: la tensione, la corrente e la frequenza nominale; il potere di interruzione nominale; la caratteristica di intervento; la destinazione d'uso (corto-circuito, sovraccarico od entrambi).

Gli interruttori automatici per la manovra di inserzione e disinserzione dei motori e per la protezione degli stessi dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

- sopportare, all'avviamento del motore, una corrente da 4 a 6 volte quella nominale;
- aprire il circuito per mancanza di tensione (particolarmente per i motori forniti di reostato);
- aprire il circuito per mancanza di corrente anche su una fase;
- proteggere gli avvolgimenti da riscaldamenti eccessivi dovuti ad un anormale assorbimento di corrente per sovraccarico o per corto-circuito.

#### 76.8 *Valvole fusibili*

Per la protezione dei corto-circuiti e, entro determinati limiti dai sovraccarichi, quando non sia conveniente l'impiego di interruttori automatici, e comunque se ammesso o prescritto dalla Direzione Lavori, verranno usati apparecchi di protezione a fusibile, comunemente chiamati valvole fusibili o semplicemente fusibili.

Per quanto riguarda i fusibili, dovrà farsi riferimento alla seguente normativa:

CEI EN 60269-1 - Fusibili a tensione non superiore a 1000 V per corrente alternata ed a 1500 V per corrente continua. Parte 1: Prescrizioni generali (CEI 32-1)

Le valvole dovranno essere facilmente individuabili nei loro elementi e contrassegnate col marchio di fabbrica e con i valori di corrente e tensione nominale. Le parti isolanti contenenti i fusibili dovranno essere di materiale ceramico; le cartucce dovranno essere costruite in modo da realizzare la fusione chiusa e da essere sostituite senza pericolo. Il portacartuccia dovrà trattenere la cartuccia ben centrata e dovrà consentire la visibilità del dispositivo indicatore di fusione (con cartucce montate).

#### 76.9 *Morsetterie – Cassette – Scatole*

Le morsetterie dovranno avere i morsetti per i conduttori neutri e per i conduttori di terra chiaramente contraddistinti. I morsetti dovranno essere montati su elementi isolanti di materiale ceramico oppure di materiale con caratteristiche equivalenti al materiale ceramico.

Le cassette dovranno essere costruite in modo che nelle condizioni normali di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei; dovrà inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotto. Il coperchio delle cassette dovrà offrire buone garanzie di fissaggio, essere apribile solo con attrezzo e dovrà coprire il giunto cassetta-muratura. Le cassette avranno il lato con dimensione minima di 70 mm e non dovranno essere di legno.

Le scatole di contenimento dei comandi e delle prese di corrente dovranno essere di lamiera pesante o di robusto materiale isolante, escluso il legno, e presentare caratteristiche meccaniche tali da resistere alle sollecitazioni dell'uso normale. Dovranno inoltre essere adatte al fissaggio inamovibile dei frutti mediante viti od altri sistemi, escluso quello ad espansione di griffe (tollerato solo nel caso di comandi a bilanciere ed a pulsante).

#### 76.10 *Cavidotti*

Potranno essere costituiti da tubi o manufatti polifori, secondo previsione. I primi di materiale metallico (acciaio, ghisa), di materiale plastico (PVC, PEAD, ecc.) o di materiale composito (fibrocemento, vetroresina); i secondi generalmente in conglomerato cementizio prefabbricato, a sezione chiusa od anche con coperchio a tenuta.

Caratteristiche comuni saranno comunque la resistenza allo schiacciamento, agli agenti aggressivi (relativi al tipo di sistemazione), l'impermeabilità e l'assenza di ostacoli interni connessi al tipo di giunto.

## 76.11 Canali

Dovranno essere di tipo chiuso, in materiale isolante o metallico secondo prescrizione, privi di asperità e spigoli vivi e con un grado di protezione di almeno IP2X. Per l'accettazione dovranno rispondere alle norme CEI 23-19 (Canali in materiale plastico ad uso battiscopa), CEI 23-31 (Sistemi di canali metallici) e CEI 23-32 (Sistemi di canali di materiale plastico).

## 76.12 Tubi e accessori

Potranno essere in rapporto alle prescrizioni ed alle condizioni di posa, acciaio smaltato (a bordi ravvicinati o saldati) o di materiale termoplastico. I tubi di acciaio smaltato dovranno essere completamente rivestiti con smalto isolante, internamente ed esternamente, e curvabili a freddo. La superficie non dovrà presentare ammaccature, rigonfiamenti od anormalità di sorta. Potranno essere anche zincati a caldo, sherardizzati, ecc. e dovranno avere una resistenza di isolamento non inferiore a 100 MΩ.

I tubi termoplastici dovranno essere utilizzati con resine poliviniliche di massa volumica non inferiore a 1,4 g/m<sup>3</sup>, costante dielettrica 314, tensione di perforazione 30 kV/mm, punto di rammollimento 70 °C. I tubi potranno essere, in rapporto alle prescrizioni, di tipo leggero o pesante, quest'ultimo da impiegare sotto pavimento o laddove, per particolari condizioni di posa, fosse richiesta una più elevata resistenza meccanica.

I tubi presenteranno una resistenza all'urto classificabile in due tipi: "N" (normale) e "V" (leggera) e una resistenza allo schiacciamento classificabile in 5 classi (Tab. 56), tali valori rappresentando i newton minimi che provocano una deformazione verticale pari al 5% del diametro medio interno della tubazione in prova.

**TAB. 56 - Tubi per cavidotti. Diametri interni**

Diametro interno minimo mm	Tolleranza mm
18	+0,5
24	+0,6
30	+0,8
37	+1,0
47	+1,2
56	+1,4
67	+1,7
82	+2,0
94	+2,3
106	+2,6
120	+2,9
135	+3,3
150	+3,6
170	+4,1
188	+4,5

**TAB. 57 - Tubi portacavi. Classificazione in base alla resistenza a compressione**

CLASSE e Definizione	1 Molto leggeri	2 Leggeri	3 Medi	4 Pesanti	5 Molto pesanti
Resistenza N	125	320	750	1250	4000

Per quanto riguarda la normativa di riferimento, per i tubi dovrà essere rispettata la normativa della serie CEI EN 50086, in parte sostituita dalla normativa della serie CEI EN 61386 ecc. Si citano tra le altre:

- CEI EN 50086-1 - Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Prescrizioni generali.
- CEI EN 50086-2-4 - Idem. Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati.
- CEI EN 61386-1 - Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche. Parte I: Prescrizioni generali.
- CEI EN 61386-21 - Idem. Prescrizioni particolari per sistemi di tubi rigidi ed accessori.
- CEI EN 61386-22 - Idem. Prescrizioni particolari per tubi pieghevoli (sostituisce la 50086-22).
- CEI EN 61386-23 - Idem. Prescrizioni particolari per tubi flessibili (sostituisce la 50086-2-3).
- CEI EN 60423 - Idem. Diametri esterni dei tubi e filettature per tubi e accessori.

Per i tubi termoplastici in rapporto all'utilizzo e all'installazione ad alta temperatura, sono previste sette classi, da X1 a X7, rispettivamente per temperature di 60 °C, 90 °C, 120 °C, 150 °C, 250 °C e 400 °C.

I tubi metallici dovranno essere opportunamente protetti contro la corrosione (zincatura a caldo, sherardizzazione, smaltatura a forno, ecc.) e avere una resistenza di isolamento non inferiore a 100 MΩ.

I diametri esterni dei tubi saranno conformi ai valori della Tab. I della CEI EN 60423: 6 - 8 - 10 - 12 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63 - 75 e lo stesso dicasi per le relative tolleranze. Per quanto riguarda i colori, i materiali propaganti la fiamma dovranno essere di colore arancione; gli altri di qualunque colore tranne giallo, arancione o rosso.

I tubi dovranno essere marcati sull'intera lunghezza ad intervalli di 1 m e comunque non superiori a 3 m; il costruttore dovrà dichiarare nell'imballaggio il diametro interno minimo, il raggio di curvatura minimo e la classificazione per il sistema.

È esclusa l'applicazione di tubi molto leggeri e leggeri.

#### 76.13 Comandi e prese di corrente

Avranno le parti in tensione montate su materiali ceramici o materiali aventi analoghe caratteristiche dielettriche.

I comandi stagni dovranno essere del tipo normale in scatola metallica di fusione od in custodia di materiali plastici antiurto, con imbocco a pressacavo e contatti sempre su materiali ceramici o materiali aventi analoghe caratteristiche dielettriche. Le prese dovranno essere del tipo con contatto di terra e per fissaggio alle scatole a mezzo di viti od altri sistemi, escluso quello ad espansione di griffe. Per gli ambienti con pericolo di incendio o di esplosione le prese dovranno essere munite di interruttore di sicurezza interbloccato con le prese stesse, in modo che non sia possibile introdurre la spina se non ad interruttore aperto.

Dovranno comunque essere rispettate le norme del CT CEI 23 ed in particolare le CEI 23-9 (Apparecchi di comando non automatici – interruttori – per uso domestico e similare) e le CEI 23-12 (Prese a spina per uso industriale).

### Art. 77 **Prescrizioni tecniche generali**

#### 77.1 *Norme CEI*

Nell'esecuzione degli impianti elettrici previsti in contratto dovranno essere osservate le norme CEI di cui ai fascicoli sottoelencati o comunque riportati nel presente Capitolato, con relativi supplementi, varianti, correzioni ed appendici editi all'atto dell'esecuzione:

CEI 64-8 -	Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. ed a 1500 V in c.c. (parti da 1 a 7).
CEI 64-12 -	Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario.
CEI 64-14 -	Guida alla verifica degli impianti elettrici utilizzatori (con var. VI).
CEI 64-15 -	Impianti elettrici negli edifici pregevoli per rilevanza storica e/o artistica.
CEI 64-16 -	Protezione contro le interferenze elettromagnetiche (EMI) negli impianti elettrici.
CEI 64-50 -	Guida per l'esecuzione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione degli impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri generali.
CEI 64-51 -	Guida all'esecuzione degli impianti elettrici nei centri commerciali.
CEI 64-52 -	Guida all'esecuzione degli impianti elettrici negli edifici scolastici.
CEI 64-53 -	Edilizia residenziale. Guida per l'integrazione nell'edificio degli impianti elettrici utilizzatori e per la predisposizione di impianti ausiliari, telefonici e di trasmissione dati. Criteri particolari per edifici ad uso prevalentemente residenziale.
CEI 64-54 -	Idem. Criteri particolari per i locali di pubblico spettacolo.
CEI 64-55 -	Idem. Edilizia ad uso residenziale e terziario. Criteri particolari per le strutture alberghiere.
CEI 64-56 -	Idem. Criteri particolari per locali ad uso medico.

#### 77.2 *Tensione di alimentazione e tensione verso terra – Valori massimi*

La tensione di alimentazione delle lampade ad incandescenza e di tutti gli apparecchi utilizzatori monofasi non dovrà essere superiore a 230 V; lo stesso dicasi per la tensione nominale verso terra.

Negli ambienti bagnati, per le parti di impianto destinate ad alimentare apparecchi portatili, non dovrà aversi una tensione nominale verso terra superiore a 50 V, fatta eccezione per le parti di impianto alimentanti lampade portatili, per le quali non si dovrà usare una tensione nominale verso terra superiore a 25 V.

#### 77.3 *Caduta di tensione – Valori massimi*

La differenza fra la tensione a vuoto e la tensione riscontrabile in qualsiasi punto degli impianti, quando fossero inseriti tutti gli apparecchi utilizzatori suscettibili di funzionare simultaneamente non dovrà superare il 4% della tensione a vuoto. Nelle colonne montanti tale differenza dovrà essere contenuta entro l'1%.

#### 77.4 Resistenza di isolamento

Per tutte le parti di impianto poste tra due fusibili od interruttori successivi o poste a valle dell'ultimo fusibile od interruttore, la resistenza di isolamento verso terra e fra due conduttori appartenenti a fasi o polarità diverse non dovrà essere inferiore a (CEI 64-8/6):

- $\geq 500.000$  (Ohm) (0,5 M $\Omega$ ), (tensione di prova in c.c. 250V), per sistemi a tensione nominale verso terra inferiore o uguale a 50V (SELV e PELV);
- $\geq 1.000.000$  (Ohm) (1,0 M $\Omega$ ), (tensione di prova in c.c. 500V, compreso FELV), per sistemi a tensione nominale verso terra superiore a 50V e fino 500 V;
- $\geq 1.000.000$  (Ohm) (1,0 M $\Omega$ ), (tensione di prova in c.c. 1000V), per tensione nominale del circuito > di 500V.

#### 77.5 Isolamento e sezioni minime dei conduttori

Per tutti gli impianti alimentati direttamente con la piena tensione normale della rete a B.T. la sezione minima ammessa per i conduttori sarà di 1,5 mm<sup>2</sup> e l'isolamento, o più propriamente la tensione nominale, sarà al minimo di 450/750 V (ex grado 3). Fanno eccezione i conduttori dei circuiti di forza motrice e delle prese a spina per utilizzazioni elettrodomestiche e simili (16 A), per i quali la sezione minima ammessa sarà di 2,5 mm<sup>2</sup>.

Per gli impianti di segnalazioni comuni per usi civili all'interno dei fabbricati, alimentati a tensione ridotta (categoria ZERO), saranno ammessi conduttori con sezione minima di 0,5 mm<sup>2</sup> con tensione nominale di 300/500 V (ex grado 2) a condizione che siano separati dai conduttori di energia.

Alle sezioni minime sopra indicate faranno eccezione i conduttori di terra ed il conduttore neutro dichiaratamente a terra, se utilizzato per la messa a terra ai fini della protezione da tensioni di contatto, le cui sezioni dovranno essere tali da soddisfare le più restrittive condizioni delle norme CEI.

TAB. 61 - Corrente di impiego in rapporto al carico

POTENZA (kW)	CARICO MONOFASE (A)			CARICO TRIFASE (A)		
	cos $\phi$ =0,8	cos $\phi$ =0,9	cos $\phi$ =1	cos $\phi$ =0,8	cos $\phi$ =0,9	cos $\phi$ =1
0,5	2,8	2,5	2,3	1	0,85	0,76
1	5,7	5	4,5	1,9	1,7	1,5
1,5	8,5	7,6	6,8	2,9	2,5	2,3
2	11,4	10,1	9,1	3,8	3,4	3
2,5	14,2	12,6	11,4	4,8	4,2	3,8
3	17	15,2	13,6	5,7	5,1	4,6
4	22,7	20,2	18,2	7,6	6,8	6,1
5	28,4	25,3	22,7	9,5	8,5	7,6
6	34	30,3	27,3	11,4	10,1	9,1
7	39,8	35,4	31,8	13,3	11,8	10,6
8	45,5	40,4	36,4	15,2	13,5	12,2
9	51,1	45,5	40,1	17,1	15,2	13,7
10	56,8	50,5	45,5	19	16,9	15,2
15	-	-	-	28,5	25,4	22,8
20	-	-	-	38	33,8	30,4
30	-	-	-	57	50,7	45,6

#### 77.6 Corrente di impiego

In un circuito fase-neutro o fase-fase la corrente di impiego (IB) sarà determinata dal rapporto tra potenza P (w) e tensione (V) x cos  $\phi$ . In un circuito trifase la stessa corrente sarà determinata dal rapporto tra la potenza P ed il prodotto 1,73 x tensione concatenata x cos  $\phi$ .

#### 77.7 Portata dei cavi

Sarà funzione della sezione dei conduttori, del tipo di isolante, della temperatura ambiente e delle condizioni di posa. Per ogni cavo, la portata (Iz) dovrà essere superiore alla massima corrente nominale (In) dell'interruttore automatico preposto a proteggere il circuito contro il sovraccarico (v. Tab. 62 e 63 riferite ad interruttori conformi alla norma CEI 23-3).

#### 77.8 Densità massima di corrente (sezione dei cavi)

Indipendentemente dalle sezioni conseguenti alle massime cadute di tensione di cui al precedente punto 99.3.4., per i conduttori di tutti gli impianti alimentati a piena tensione normale della rete a B.T., la massima densità di corrente ammessa non dovrà superare il 90% di quella ricavabile dalle tabelle UNEL o CENELEC in vigore. In ogni caso la densità di corrente dovrà essere limitata a valori tali che la tempera-

tura raggiunta dai conduttori, quando la temperatura ambiente fosse quella massima prevista, non comprometta l'isolamento delle parti stesse e non danneggi gli oggetti posti nelle vicinanze.

**TAB. 62 - Portata I<sub>n</sub> dei cavi (unipolari o multipolari) in rame isolati in pvc (1<sup>a</sup> tab.) od in gomma G5 o G7 (2<sup>a</sup> tab.) posati in tubo o canale e massima corrente nominale I<sub>n</sub> dell'interruttore di protezione contro il sovraccarico (IEC 364-5-523; CENELEC R 64.001)**

NUMERO DEI CONDUTTORI (*)		SEZIONE DEL CAVO (mm <sup>2</sup> )							
		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
2	I <sub>z</sub>	16,5 A	23 A	30 A	38 A	52 A	69 A	90 A	111 A
	I <sub>n</sub>	16 A	20 A	25 A	32 A	50 A	63 A	80 A	100 A
3	I <sub>z</sub>	15 A	20 A	27 A	34 A	46 A	62 A	80 A	99 A
	I <sub>n</sub>	10 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	80 A	80 A
4	I <sub>z</sub>	13 A	18 A	24 A	30 A	41,6 A	55 A	72 A	89 A
	I <sub>n</sub>	10 A	16 A	20 A	25 A	40 A	50 A	63 A	80 A
6	I <sub>z</sub>	12 A	16 A	21 A	27 A	36 A	49 A	63 A	78 A
	I <sub>n</sub>	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	63 A	63 A
8	I <sub>z</sub>	11 A	15 A	19,5 A	25 A	34 A	45 A	58,5 A	72 A
	I <sub>n</sub>	10 A	10 A	16 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A
9	I <sub>z</sub>	10,5 A	14 A	19 A	24 A	32 A	43,5 A	56 A	69 A
	I <sub>n</sub>	10 A	10 A	16 A	20 A	32 A	40 A	50 A	63 A
12	I <sub>z</sub>	9,5 A	13 A	17 A	21 A	29 A	40 A	51,5 A	63,5 A
	I <sub>n</sub>	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	40 A	50 A	63 A
15	I <sub>z</sub>	9 A	12 A	16 A	20 A	28 A	37 A	48 A	59 A
	I <sub>n</sub>	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A
18	I <sub>z</sub>	8,5 A	11,5 A	15 A	19 A	26 A	35 A	45 A	56 A
	I <sub>n</sub>	6 A	10 A	10 A	16 A	25 A	32 A	40 A	50 A
21	I <sub>z</sub>	8 A	11 A	14,5 A	18 A	24,5 A	33,5 A	43 A	53,5 A
	I <sub>n</sub>	6 A	10 A	10 A	16 A	20 A	32 A	40 A	50 A
27	I <sub>z</sub>	7,5 A	10 A	13,5 A	17 A	23 A	31 A	40 A	49,5 A
	I <sub>n</sub>	6 A	10 A	10 A	16 A	20 A	25 A	40 A	40 A
32	I <sub>z</sub>	6,5 A	9,5 A	12 A	15,5 A	21 A	28 A	37 A	45,5 A
	I <sub>n</sub>	6 A	6 A	10 A	10 A	20 A	25 A	32 A	40 A

(\*) Numero dei conduttori (cavi unipolari o anime dei cavi multipolari) posati entro lo stesso tubo o canale. Non vanno considerati nel numero:  
 - il conduttore di protezione,  
 - il conduttore di neutro, dei circuiti quadripolari sostanzialmente equilibrati

NUMERO DEI CONDUTTORI (*)		SEZIONE DEL CAVO (mm <sup>2</sup> )							
		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
2	I <sub>z</sub>	22 A	30 A	40 A	51 A	69 A	91 A	119 A	146 A
	I <sub>n</sub>	20 A	25 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A
3	I <sub>z</sub>	19,5 A	26 A	35 A	44 A	60 A	80 A	105 A	128 A
	I <sub>n</sub>	16 A	25 A	32 A	40 A	50 A	80 A	100 A	125 A
4	I <sub>z</sub>	17,5 A	24 A	32 A	41 A	55 A	73 A	95 A	117 A
	I <sub>n</sub>	16 A	20 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A
6	I <sub>z</sub>	15,5 A	21 A	28 A	35,5 A	48 A	64 A	83,5 A	102 A
	I <sub>n</sub>	10 A	20 A	25 A	32 A	40 A	63 A	80 A	100 A
8	I <sub>z</sub>	14 A	19 A	26 A	33 A	45 A	59 A	77 A	95 A
	I <sub>n</sub>	10 A	16 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A
9	I <sub>z</sub>	13,6 A	18 A	24,5 A	31 A	42 A	56 A	73,5 A	90 A
	I <sub>n</sub>	10 A	16 A	20 A	25 A	40 A	50 A	63 A	80 A
12	I <sub>z</sub>	12,2 A	17 A	22 A	29 A	39 A	52 A	68 A	83 A
	I <sub>n</sub>	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	50 A	63 A	80 A
15	I <sub>z</sub>	11,7 A	16 A	21 A	26 A	36 A	48 A	63 A	77 A
	I <sub>n</sub>	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	63 A	63 A
18	I <sub>z</sub>	11 A	15 A	20 A	25 A	34 A	45,5 A	59,5 A	73 A
	I <sub>n</sub>	10 A	10 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A
21	I <sub>z</sub>	10,5 A	14 A	19 A	23,5 A	32 A	43 A	56 A	69 A
	I <sub>n</sub>	10 A	10 A	16 A	20 A	32 A	40 A	50 A	63 A
27	I <sub>z</sub>	9,5 A	13 A	17,5 A	22 A	30 A	40 A	52,5 A	64 A
	I <sub>n</sub>	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	40 A	50 A	63 A
32	I <sub>z</sub>	9 A	12 A	16 A	21 A	28 A	37 A	48,5 A	59 A
	I <sub>n</sub>	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A

(\*) Numero dei conduttori (cavi unipolari o anime dei cavi multipolari) posati entro lo stesso tubo o canale. Non vanno considerati nel numero:  
 - il conduttore di protezione,  
 - il conduttore di neutro, dei circuiti quadripolari sostanzialmente equilibrati

**TAB. 63 - Coefficienti di correzione della portata dei cavi per varie temperature ambiente**

TEMPERATURA AMBIENTE °C	35	40	45	50
Isolante	1,12	1,00	0,87	0,70
Isolante G <sub>1</sub> o R <sub>1</sub>	1,08	1,00	0,91	0,81

La densità di corrente in ciascuna parte dei circuiti dovrà essere valutata in base alla corrente assorbita da tutti gli apparecchi utilizzatori alimentati dai circuiti stessi e suscettibili di funzionare contemporaneamente o, in mancanza di precise indicazioni, con riferimento al carico convenzionale. Per quanto riguarda il fattore di potenza dei carichi

induttivi esso, in mancanza di diversa specificazione, verrà assunto al valore convenzionale di 0,8. Dovrà sempre essere verificata la seguente relazione:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Per le portate dei cavi elettrici in regime permanente si farà riferimento alle norme CEI ed alle tabelle di unificazione CEI - UNEL e CENELEC.

La temperatura massima permanente dei conduttori non dovrà superare: 60 °C per la gomma di qualità G e per il materiale termoplastico di qualità R; 70 °C per la gomma di qualità G1 e per il materiale termoplastico di qualità R1; 90 °C per le mescole di gomme etilenpropileniche di qualità G5 e G7.

Pertanto, qualora la temperatura ambiente fosse diversa da 40 °C le portate indicate nella precedente Tab. 62 e comunque nelle tabelle UNEL dovranno essere corrette applicando i coefficienti di cui alla Tab. 63.

## 77.9 Protezioni

### 77.9.1 Interruttore generale

All'inizio di ogni unità d'impianto dovrà essere installato un interruttore generale onnipolare (con l'interruzione anche del conduttore neutro).

### 77.9.2 Protezione contro i corto-circuiti ed i sovraccarichi

All'inizio di ogni unità d'impianto dovranno essere previsti adeguati dispositivi di protezione contro i corto-circuiti ed i sovraccarichi (interruttori di massima corrente, ai quali potrà essere affidato anche il compito di interruttore generale, o fusibili, che dovranno venire installati immediatamente a valle dell'interruttore generale) nel rispetto delle norme di cui ai Capp. 43 e 53, sez. 533 della CEI 64-8.

Il dispositivo adottato dovrà essere in grado di interrompere la massima corrente di corto-circuito che potrà verificarsi nel punto di installazione. Tale potere di interruzione non dovrà essere inferiore a:

- 4.500 A, nel caso di circuiti alimentati in monofase;
- 6.000 A, nel caso di circuiti alimentati in trifase.

La protezione dovrà essere estesa a tutti i poli del circuito, salvo il neutro. Dovranno essere comunque singolarmente protetti contro i sovraccarichi:

- le derivazioni all'esterno;
- le derivazioni installate negli "ambienti speciali" (con eccezione per gli ambienti umidi);
- i motori di potenza superiore a 0,5 kW.

Di norma saranno utilizzati interruttori automatici CEI 23-3 con caratteristica di tipo C. Per gli interruttori installati in quadri secondari il potere di interruzione potrà essere ridotto rispettivamente a 3.000 e 4.500 A in reazione alla lunghezza della linea di collegamento al quadro generale ed alla sezione dei cavi, come da Tab. 64.

Per la protezione delle condutture contro i sovraccarichi gli interruttori dovranno avere caratteristiche di funzionamento tali che la corrente nominale sia non inferiore alla corrente di impiego e non superiore alla portata del circuito protetto; inoltre che la corrente di intervento  $I_f$  ( ) sia inferiore od uguale alla portata del cavo. In formule:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \qquad I_f \leq 1,45 I_z$$

### 77.9.3 Selettività tra interruttori automatici

Gli interruttori automatici posti in serie dovranno avere caratteristiche selettive. Questo sarà ottenuto oltre che con la differenziazione della corrente nominale anche con la differenziazione della caratteristica di intervento.

### 77.9.4 Sezione minima dei conduttori

Nei conduttori in rame, la sezione minima degli stessi sarà di 1,5 mm<sup>2</sup> per i circuiti di potenza e di 0,5 mm<sup>2</sup> per i circuiti di segnalazione e per i circuiti ausiliari di comando.

### 77.9.5 Sezione minima dei conduttori neutri

L'eventuale conduttore di neutro dovrà avere la stessa sezione dei conduttori di fase nei seguenti circuiti:

TAB. 64 - Lunghezza minima di linea ai fini della riduzione del potere di interruzione

Sezione cavo mm <sup>2</sup>	Linea monofase m	Linea trifase m
2,5	2,0	2,2
4	3,2	3,5
6	4,7	5,2
10	8,0	8,6
16	12,5	13,5
25	19,0	21,0
35	26,0	28,5

- Circuiti monofase a due fili, qualunque sia la sezione dei conduttori;
- Circuiti polifase (o monofase a tre fili) quando la dimensione dei conduttori di fase sia inferiore od uguale a 16 mm<sup>2</sup>.

Nei circuiti polifase i cui conduttori di fase che abbiano una sezione superiore a 16 mm<sup>2</sup>, il conduttore di neutro potrà avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase, con un minimo di 16 mm<sup>2</sup>, qualora la corrente massima che si prevede possa percorrerlo non sia superiore alla corrente ammissibile corrispondente alla sezione ridotta del conduttore di neutro (CEI 64-8, Sez. 524.3).

#### 77.9.6 Divieto di interruzione dei conduttori di terra e dei conduttori neutri

Salvo quanto specificato per l'interruttore generale, al precedente punto 99.4.1., sarà tassativamente vietato inserire interruttori o fusibili sia sui conduttori di terra, che sui neutri, salvo, per questi ultimi, che gli interruttori non siano inseriti in testa al circuito principale o derivato e provochino l'interruzione unitamente ai conduttori di fase.

#### 77.9.7 Protezione contro le tensioni di contatto

##### a) Contatti diretti

Sarà ottenuta mediante adeguato isolamento delle parti attive o mediante la collocazione di queste entro involucri o dietro barriere tali da assicurare almeno il grado di protezione IPXXP (CEI 64-8, Sez. 412.2).

##### b) Contatti indiretti

Tutte le parti metalliche comunque accessibili dell'impianto elettrico, delle macchine e degli apparecchi utilizzatori alimentati da sistemi di 1a categoria, ordinariamente non in tensione ma che per difetto di isolamento o per altre cause accidentali potrebbero trovarsi in tensione, dovranno essere protette contro le tensioni di contatto. Tale protezione potrà essere realizzata:

- mediante messa a terra delle parti metalliche da proteggere e coordinamento con dispositivi atti ad interrompere l'alimentazione in caso di guasto pericoloso;
- mediante l'uso di macchine, apparecchi e materiali con isolamento speciale (classificati di classe II nelle rispettive Norme).

Per attuare il primo tipo di protezione ogni impianto elettrico utilizzatore od aggruppamento di impianti contenuti nello stesso edificio o nelle sue dipendenze dovrà avere un proprio impianto di terra come disposto al punto 99.4.9. A tale impianto dovranno essere collegati tutti i sistemi di tubazioni metalliche accessibili destinati ad adduzioni, distribuzione e scarico delle acque, nonché tutte le masse metalliche comunque accessibili di notevole estensione esistenti nell'area dell'impianto elettrico utilizzatore.

Le protezioni coordinate con l'impianto di terra saranno di norma costituite da dispositivi di massima corrente o più efficacemente da interruttori con relè differenziale soddisfacenti la condizione:

$$R_t \leq 50/I \quad \text{ovvero} \quad R_t \leq 50/I_{dn} \quad \text{dove:}$$

- $R_t$  è la resistenza, in ohm, dell'impianto di terra nelle condizioni più sfavorevoli;
- $I$  è il valore, in ampère, della corrente di intervento, in tempo non superiore a 5 secondi, del dispositivo (interruttore) di protezione;
- $I_{dn}$  è la più elevata tra le correnti differenziali nominali d'intervento (soglia) degli interruttori differenziali installati (in ampère).

Con riguardo ai dispositivi termici, la tabella fornisce i valori massimi della resistenza di terra in rapporto alle correnti di taratura.

##### c) Contatti diretti e indiretti

La protezione combinata contro i contatti diretti ed indiretti sarà considerata assicurata quando:

- la tensione nominale non è superiore a 50 V, valore efficace in c.a., e 120 V in c.c. non ondulata;
- l'alimentazione proviene da sorgenti SELV o PELV soddisfacenti le condizioni di cui al punto 411.1.2 della CEI 64-8.

### 77.9.8 Interruttori differenziali

Nei sistemi TT si dovranno utilizzare dispositivi di protezione a corrente differenziale. Questi, in rapporto alle prescrizioni potranno essere di tipo generale o di tipo selettivo (S). Per ottenere selettività con dispositivi di protezione a corrente differenziale nei circuiti di distribuzione è ammesso un tempo di interruzione non superiore a 1 s (CEI 64-8, Sez. 413, p. 1.4.2).

Per assicurare la selettività tra due dispositivi differenziali disposti in serie, questi dovranno soddisfare simultaneamente le seguenti due condizioni (CEI 64-8, Sez. 536.3):

- a) la caratteristica di non funzionamento tempo-corrente del dispositivo posto a monte si dovrà trovare al di sopra della caratteristica di interruzione tempo-corrente del dispositivo posto a valle;
- b) la corrente differenziale nominale del dispositivo posto a monte dovrà essere adeguatamente superiore a quella del dispositivo posto a valle.

La selettività tra due dispositivi differenziali in serie, l'uno di tipo "S" e l'altro di tipo "generale" potrà essere considerata ottenuta quando il rapporto tra le rispettive correnti differenziali nominali sia di almeno 3.

### 77.9.9 Protezione con impianto di terra

Ogni edificio contenente impianti elettrici dovrà avere un proprio impianto di terra realizzato a mezzo di appositi conduttori. L'impianto dovrà soddisfare le seguenti norme e prescrizioni:

CEI 64-8/4 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua - prescrizioni per la sicurezza.

CEI 64-8/5 - Scelta ed installazione dei componenti elettrici. Cap. 54: messa a terra e conduttori di protezione.

CEI 64-12 - Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario.

L'impianto sarà realizzato a mezzo di dispersori, di conduttori di terra, di collettori di terra e, a monte, di conduttori di protezione (PE) ed equipotenziali.

I dispersori potranno essere costituiti da piastre, nastri, corde, picchetti, ecc. secondo prescrizione. Il conduttore di terra dovrà avere sezione almeno uguale a quella del conduttore di fase di sezione più elevata, con un minimo di 16 mm<sup>2</sup> (se posato senza tubo protettivo).

Il collettore di terra sarà costituito da una piastra di rame od acciaio zincato di sezione non inferiore a 3 x 30 mm e di lunghezza adeguata. I conduttori equipotenziali principali dovranno avere sezione non inferiore alla metà del conduttore di protezione di sezione più elevato dell'impianto, con un minimo di 6 mm<sup>2</sup>.

I conduttori di protezione (PE) dovranno essere distinti da ogni altro conduttore dell'impianto; la loro sezione dovrà essere non inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori di fase di sezione maggiore di 16 mm<sup>2</sup> la sezione dei conduttori di protezione potrà essere ridotta fino alla metà dei conduttori di fase, con il minimo di 16 mm<sup>2</sup>. In ogni caso la sezione dei conduttori di protezione non dovrà essere inferiore a:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, per conduttori installati in tubi protettivi o comunque meccanicamente protetti;
- 4 mm<sup>2</sup>, per conduttori non protetti meccanicamente.

TAB. 65 - Dispersori di terra - Caratteristiche

TIPO DI POSA	TIPO DI ELETTRODO	DIMENSIONI	ACCIAIO ZINCATO A CALDO (NORMA CEI 7-6)	RAME
Per posa nel terreno	A) Piastra	Spessore	3 mm	3 mm
	B) Nastro	Spessore Sezione	3 mm 100 mm <sup>2</sup>	3 mm 50 mm <sup>2</sup>
	C) Tondino o conduttore massiccio	Sezione	50 mm <sup>2</sup>	35 mm <sup>2</sup>
	D) Conduttore cordato	Ø ciascun filo Sezione corda	1,8 mm 50 mm <sup>2</sup>	1,8 mm 35 mm <sup>2</sup>
Per infissione nel terreno	E) Picchetto a tubo	Ø esterno Spessore	40 mm 2 mm	30 mm 3 mm
	F) Picchetto massiccio	Ø	20 mm	15 mm
	G) Picchetto in profilato	Spessore o dimensione trasversale	5 mm 50 mm	5 mm 50 mm

#### 77.9.10 Protezione dei motori

I motori di potenza superiore a 0,5 kW dovranno essere protetti contro i sovraccarichi e contro i cortocircuiti; quest'ultima protezione potrà essere effettuata mediante fusibili.

I motori per i quali possa essere pericoloso o dannoso il riavvio, dovranno inoltre essere muniti di protezione di minima tensione, eventualmente anche ritardata.

#### Art. 78 Modalità d'installazione

##### 78.1 Posa in opera delle condutture

Le condutture, anche se di terra, dovranno essere messe in opera in modo che sia possibile il controllo del loro isolamento e la localizzazione di eventuali guasti. In particolare sarà vietato annegarle direttamente sotto intonaco o nella muratura.

TAB. 66 - Valori massimi della resistenza di terra in rapporto alle correnti di taratura dei dispositivi termici di interruzione

Correnti di taratura I (ampère)	Resistenza di terra R <sub>t</sub> (Ohm)
5	10,00
10	5,00
15	3,33
20	2,50
25	2,00
30	1,66
35	1,43
40	1,25
45	1,11
50	1,00
100	0,50
200	0,25

##### 78.2 Circuiti appartenenti a sistemi diversi

Cavi appartenenti a sistemi diversi dovranno essere installati in modo da risultare chiaramente distinguibili. In particolare essi non dovranno essere collocati negli stessi tubi, né far capo alle stesse cassette, a meno che fossero isolati per la tensione nominale del sistema a tensione più elevata e che le singole cassette fossero internamente munite di diaframmi inamovibili fra i morsetti destinati a serrare conduttori a diversa tensione.

##### 78.3 Coesistenza di condutture elettriche e altre canalizzazioni

Le condutture installate in cunicoli comuni ad altre canalizzazioni dovranno essere disposte in modo da non essere soggette ad influenze dannose per surriscaldamento, sgocciolamenti, condensa. Nel vano degli ascensori e dei montacarichi non sarà consentita la messa in opera di condutture o tubature di qualsiasi genere che non appartengano all'impianto dell'ascensore o del montacarichi stesso. Sarà inoltre vietato collocare negli stessi incassi, montanti e colonne telefoniche e radio-televisive.

##### 78.4 Identificazione dei cavi – Raggio di curvatura - giunzioni

I cavi per essere individuati dovranno essere chiaramente contraddistinti con opportuni contrassegni. Il raggio di curvatura dei cavi rigidi e semirigidi non dovrà essere inferiore a 12 volte il loro diametro esterno.

Le giunzioni dei conduttori dovranno essere effettuate, negli impianti per edifici civili, mediante morsettiere contenute entro cassette, senza con questo alterare la conducibilità, l'isolamento e la sicurezza dell'impianto. Si potrà derogare da tale norma, se ammesso, qualora le giunzioni siano realizzate con morsetti muniti di rivestimento isolante.

Le connessioni dovranno essere accessibili per ispezioni e prove e, ove possibile ubicate nelle cassette; non saranno ammesse entro i tubi ed entro le scatole porta frutto. Potranno essere ammesse nei canali, a condizione che abbiano resistenza meccaniche ed isolamento equivalente a quello dei cavi e grado di protezione almeno IPXXB. Le giunzioni dovranno unire cavi delle stesse caratteristiche e colore delle anime.

Sarà ammessa la ripresa (entra-esci) sui morsetti per le derivazioni, a condizione che i morsetti siano di tipo doppio o siano dimensionati per la sezione totale dei conduttori.

#### 78.5 *Sollecitazioni meccaniche*

I conduttori non dovranno essere sottoposti a sollecitazioni meccaniche oltre quelle dovute al peso proprio, nè dovranno trasmetterne ai morsetti delle cassette, delle scatole, delle prese, dei comandi e degli apparecchi utilizzatori.

#### 78.6 *Attraversamenti*

Negli attraversamenti di pavimenti, pareti, stipiti di finestre o porte, le condutture dovranno essere protette mediante tubo, anche se trattasi di impianti in vista. In quest'ultimo caso i tubi dovranno essere protetti con adatte bocchette isolanti e trovarsi a non meno di 15 cm dal piano del pavimento.

#### 78.7 *Condutture in vista*

L'installazione di condutture in vista, qualora prevista od ammessa, potrà essere effettuata solo quando non vi fosse pericolo di lesioni o deterioramenti meccanici per le condutture stesse. L'installazione su parete sarà effettuata mediante apposite gaffette inossidabili che non danneggino i cavi, curando di non fissare più di un cavo con le stesse gaffette (salvo l'impiego di gaffette multiple).

#### 78.8 *Condutture in tubo protettivo*

I cavi infilati in tubi protettivi dovranno essere sfilabili con facilità e senza danneggiamenti. Il diametro interno dei tubi protettivi dovrà essere pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi in essi contenuto (1,5 volte quando i cavi fossero sotto guaina metallica). In ogni caso non sarà inferiore a Ø 16 mm (diametro interno Ø 10,7 per i tubi in pvc flessibili, leggeri o pesanti, e 13,3 o 13 per i tubi in pvc rigidi, leggeri o pesanti).

I tubi in vista dovranno essere installati in modo da permettere lo scarico di eventuale condensa, salvo che per gli impianti stagni; l'eliminazione della condensa si otterrà attraverso fori delle cassette di giunzione.

Sia per gli impianti in vista che per quelli incassati, il tracciato dei tubi protettivi dovrà essere scelto in modo che i singoli tratti abbiano un andamento rettilineo orizzontale o verticale. I cambiamenti di direzione dovranno essere effettuati o con pezzi speciali, o mediante piegature tali da non danneggiare i tubi e da non pregiudicare la sfilabilità dei cavi.

#### 78.9 *Canali*

Nei canali la sezione occupata dai cavi di energia, tenuto conto del volume occupato dalle connessioni, non dovrà superare il 50% della sezione utile del canale stesso. Inoltre ove il canale fosse occupato in contemporanea da cavi di energia e cavi di segnale, dovrà essere munito di setto o setti di separazione; in alternativa i cavi di segnale dovranno essere protetti da ulteriore tubo passante nel canale ovvero isolati per la tensione nominale dei cavi di energia.

Nel caso di canali o tubi metallici, tutti i cavi del medesimo circuito dovranno essere installati nello stesso tubo o canale onde evitare riscaldamenti per correnti indotte.

#### 78.10 *Cassette e scatole*

Nell'installazione delle cassette e delle scatole si dovranno rispettare le condizioni di impiego per le quali sono state costruite, tenendo conto delle superfici al finito degli intonachi o dei rivestimenti e provvedendo che in ogni caso ne risulti agevole l'ispezione. Qualora le scatole fossero in materiale metallico, dovranno essere protette dalla corrosione e messe a terra con apposito collegamento al conduttore di protezione.

I coperchi delle cassette dovranno essere fissabili a vite. All'interno, il volume occupato dai cavi e dalle giunzioni non dovrà superare il 50%.

#### 78.11 *Prese a spina*

Potranno essere mono o trifasi ed in ogni caso dovranno essere munite di polo di terra. In ambienti soggetti a spruzzi d'acqua avranno grado di protezione di almeno IP44 (IP55 nel caso di ambienti soggetti a getti di acqua).

Per condizioni operative gravose o nel caso di corrente nominale superiore a 16 A od ancora nei circuiti trifase, le prese saranno del tipo 23-12 CEI (prese CEE). Nel caso di corrente nominale superiore a 16 A le prese saranno abbinata ad un interruttore interbloccato con le stesse; tale soluzione sarà opportuna anche quando la corrente di cortocircuito, al livello della presa, superi 5 kA, indipendentemente dalla corrente nominale della presa a spina.

La corrente nominale dell'interruttore automatico posto a protezione del circuito prese non dovrà superare la corrente nominale delle prese alimentate; per le prese bipasso tale corrente sarà del pari di 16 A .

#### 78.12 *Limitatori di tensione*

Ove ricorrano particolari condizioni e comunque se prescritto, sui quadri, all'ingresso degli impianti, dovranno venire installati appositi limitatori per proteggere gli stessi dalle sovratensioni indotte da fulmine. Tale installazione non sarà necessaria per gli edifici dotati di impianto di protezione contro i fulmini (LPS).

#### 78.13 *Quadri*

I quadri dovranno essere installati in luoghi facilmente accessibili. Sarà vietata la loro installazione in ambienti con pericolo d'incendio o di esplosione. I quadri dovranno essere conformi alle norme CEI 17-13/1 e 17-13/3 e dotati di targa di individuazione e di istruzioni di montaggio (per le parti assemblabili in cantiere). Per gli ambienti bagnati sarà ammessa solo l'installazione di quadri completamente chiusi e senza parti metalliche accessibili.

I quadri in lamiera dovranno essere composti da cassette complete di profilati normalizzati DIN per il fissaggio a scatto delle apparecchiature elettriche. Detti profilati dovranno essere rialzati dalla base per consentire il passaggio dei conduttori di cablaggio.

Gli apparecchi installati all'interno dei quadri dovranno essere protetti da pannelli di chiusura preventiva lavorati per far sporgere l'organo di manovra delle apparecchiature e dovranno essere completi di porta cartellini indicatori della funzione svolta dagli

Apparecchi stessi. All'interno dei quadri dovrà essere possibile l'installazione di interruttori automatici e differenziali da 1 a 250 A.

I quadri di grandi dimensioni e gli armadi di distribuzione dovranno essere del tipo ad elementi componibili che consentano di realizzare armadi di larghezza minima 800 mm e profondità fino a 600 mm. In particolare dovranno permettere la componibilità orizzontale per realizzare armadi a più sezioni, garantendo una perfetta comunicabilità tra le varie sezioni senza taglio di pareti laterali.

Sugli armadi dovrà essere possibile montare porte trasparenti o cieche con serratura a chiave fino a 1.95 m di altezza anche dopo l'installazione dell'armadio. Sia la struttura che le porte dovranno essere realizzate in modo da permettere il montaggio delle porte stesse con l'apertura destra o sinistra.

Si precisa che la realizzazione di tutti i quadri elettrici previsti nel progetto definitivo posto a base di gara dovrà avvenire nel rispetto di quanto indicato nei documenti allegati al contratto di appalto con particolare riferimento a quanto contenuto nell'Elenco dei Prezzi Unitari.

#### 78.14 *Ubicazione delle apparecchiature*

Per l'ubicazione delle apparecchiature dovrà farsi riferimento alle CEI 64-8/5 e 64-50; in particolare:

- le prese a spina dovranno essere poste ad un'altezza non inferiore a 17,5 cm dal pavimento (7 cm se da canalizzazioni o zoccoli);
- i comandi luce ad altezza di 90 cm.

## Art. 79 **Impianti di illuminazione esterna generalità**

### 79.1 *Materiali e prescrizione di qualità dei materiali elettrici*

Dovranno essere rispondenti alle norme CEI, UNIE alle tabelle di unificazione unel vigenti in materia, ove queste, per detti materiali e apparecchi, risultassero pubblicate e corrispondessero alle specifiche prescrizioni progettuali.

La rispondenza dei materiali e degli apparecchi dovrà essere attestata, ove previsto, dalla presenza del contrassegno dell'Istituto italiano del marchio di qualità (**imq**) o di contrassegno equipollente (**enec-03**).

Norme impianti elettrici

**CEI 64-7** – *Impianti elettrici di illuminazione pubblica.*

**CEI 64-8** – *Impianti elettrici utilizzatori. Norme generali;*

**CEI 23-17** – *Tubi protettivi pieghevoli autorinvenenti di materiale termoplastico autoestinguente;*

**CEI 17-13/1** – *Quadri elettrici;*

**CEI 20-15** – *Cavi isolati con gomma GI con grado d'isolamento non superiore a 4 (per sistemi elettrici con tensione nominale sino a 1kV);*

**CEI 20-19** – *Cavi isolati con gomma con tensione nominale Uo/U non superiore a 450/750V, fasc. 662;*

**CEI 20-22** – *Prova dei cavi non propaganti l'incendio;*

**CEI 20-35** – *Prove sui cavi elettrici sottoposti al fuoco. Parte 1: prova di non propagazione della fiamma sul singolo cavo verticale;*

**CEI 20-37** – *Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici;*

**CEI 20-38** – *Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte 1: tensione nominale Uo/U non superiore a 0,6/1 kV;*

**CEI 23-8** – *Tubi protettivi rigidi in polivinilcloruro e accessori, fasc. 335;*

**CEI 23-51** – *Quadri di uso domestico e similari;*

**CEI 64-9** – *Impianti elettrici utilizzatori negli edifici a destinazione residenziale e similare, fasc. 1020;*

**CEI 34-2** – *Apparecchi d'illuminazione, fasc. 1348.*

### 79.2 *Oneri specifici per l'appaltatore*

L'appaltatore ha l'obbligo di fornire depliant e, ove possibile, campioni di almeno tre marche di ogni componente dell'impianto, per consentire la scelta al direttore dei lavori.

Per i corpi illuminanti, l'appaltatore dovrà fornire appositi campioni, da conservare in appositi locali. I materiali non accettati dovranno essere sostituiti e allontanati dal cantiere.

Eventuali difformità degli impianti rispetto alle prescrizioni progettuali dovranno essere segnalate al direttore dei lavori.

### 79.3 *Modalità di esecuzione degli impianti*

Gli impianti elettrici dovranno essere realizzati secondo le prescrizioni contrattuali.

In generale, l'appaltatore dovrà seguire le indicazioni del direttore dei lavori in caso di problemi di interpretazione degli elaborati progettuali.

Al termine dell'esecuzione degli impianti, l'appaltatore dovrà rilasciare l'apposito certificato di conformità come previsto dal **D.M. n. 37/2008**.

## Art. 80 **Impianti di illuminazione esterna Cavidotti**

### 80.1 *Esecuzione di cavidotti*

I cavi interrati, secondo la norma **CEI 11-17, art. 2.3.11**, possono essere collocati nei seguenti modi:

- direttamente nel terreno;- entro tubi;- in condotti o cunicoli.

In tutti i casi i cavi dovranno essere muniti di guaina.

## 80.2 *Posa direttamente nel terreno*

I cavi posati direttamente nel terreno dovranno essere collocati ad almeno 50 cm di profondità ed essere dotati di protezione supplementare per evidenziarne la presenza. Tale protezione non è richiesta per i cavi realizzati con armatura metallica costituita da fili di spessore di almeno 0,8 mm.

I cavi dovranno essere posti su letto di sabbia o terra vagliata per evitare danneggiamenti al cavo durante la posa in opera e il successivo riempimento.

## 80.3 *Posa entro tubazione interrata*

I cavi posati direttamente nel terreno dovranno essere collocati ad almeno 50 cm di profondità ed essere dotati di protezione supplementare per evidenziarne la presenza.

Con riferimento alla norma **CEI 23-46**, in caso di impiego di tubazioni resistenti ad azioni meccaniche da normali attrezzi da scavo, non è richiesta una profondità minima di collocazione.

## 80.4 *Posa in condotti o cunicoli interrati*

In caso di condotti o cunicoli interrati, non è richiesta alcuna profondità minima di collocazione.

## 80.5 *Distanze di rispetto dei cavi interrati*

Le distanze di rispetto dei cavi interrati da altri cavi, tubazioni e strutture metalliche di altri servizi devono rispettare particolari distanze minime.

### 80.5.1 Distanza da cavi di telecomunicazione

In presenza di intersezione con cavi di telecomunicazione direttamente interrati, secondo la norma **CEI 11-17**, dovrà essere rispettata una distanza minima di almeno 30 cm. Inoltre, il cavo superiore dovrà essere protetto per almeno 100 cm. La protezione, realizzata in tubo o canaletta in acciaio inossidabile o zincato, dovrà avere uno spessore di almeno 2 mm. Per distanze inferiori a 30 cm dovrà essere realizzata la protezione anche per il tubo inferiore. Nel caso di cavi paralleli, dovrà essere rispettata la distanza minima di 30 cm.

### 80.5.2 Distanza da tubazioni metalliche

In presenza di intersezione con cavi di tubazioni metalliche direttamente interrati, secondo la norma **CEI 11-17**, dovrà essere rispettata una distanza minima di almeno 50 cm. Tale distanza potrà essere ridotta a 30 cm qualora il cavo venga interposto con un elemento separatore non metallico o altro materiale isolante.

Deve essere rispettata la distanza minima di 100 cm delle connessioni dall'intersezione tra le due tubazioni.

Nel caso di cavi paralleli, dovrà essere rispettata la distanza minima di 30 cm. Il punto 4.3.02 b della norma **CEI 11-17**, adottando particolari accorgimenti, consente distanze inferiori.

### 80.5.3 Distanza da serbatoi contenenti fluidi infiammabili

In presenza di serbatoi interrati contenenti fluidi infiammabili, i cavi direttamente interrati devono distare almeno 10 cm dalle superfici esterne dei serbatoi.

### 80.5.4 Distanza da gasdotti

Per le distanze da gasdotti valgono le stesse considerazioni per le tubazioni metalliche.

## 80.6 *Esecuzione di cavidotti lungo strade esistenti*

L'esecuzione dei cavidotti lungo le strade esistenti dovrà essere eseguita con le seguenti modalità:

- il taglio del tappetino bituminoso e dell'eventuale sottofondo in conglomerato dovrà avvenire mediante l'impiego di un tagliasfalto munito di martello idraulico con vanghetta. Il taglio avrà una profondità minima di 25 cm e gli spazi del manto stradale non tagliato non dovranno superare in lunghezza il 50% del taglio effettuato con la vanghetta idraulica;
- esecuzione dello scavo in trincea, con le dimensioni indicate nei disegni progettuali;
- fornitura e posa, nel numero stabilito nel progetto, di tubazioni rigide in materiale plastico a sezione circolare, con diametro esterno di ..... mm, peso ..... g/m, per il passaggio dei cavi elettrici. Le giunzioni fra tubi e il collegamento dei tubi con pozzetti saranno eseguite mediante idonee sigillature;
- la posa delle tubazioni in plastica del diametro esterno di 100 mm verrà eseguita mediante l'impiego di selle di supporto in materiale plastico a uno o a due impronte per tubi del diametro di 110 mm. Detti elementi saranno posati a un'interdistanza massima di 1,50 m, al fine di garantire il sollevamento dei tubi dal fondo dello scavo e assicurare in tal modo il completo conglobamento della stessa nel cassonetto di calcestruzzo;
- formazione di cassonetto in calcestruzzo dosato a 250 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, a protezione delle tubazioni in plastica. Il calcestruzzo sarà superiormente lisciato in modo che venga impedito il ristagno d'acqua;

- il riempimento dello scavo dovrà effettuarsi con materiali di risulta o con ghiaia naturale vagliata, sulla base delle indicazioni fornite dalla direzione dei lavori. Particolare cura dovrà porsi nell'operazione di costipamento da effettuarsi con mezzi meccanici. L'operazione di riempimento dovrà avvenire dopo almeno sei ore dal termine del getto di calcestruzzo;

- le linee sotterranee in cavo dovranno essere poste almeno a 70 cm dalla superficie del terreno e difese dalle varie eventuali sollecitazioni con opere adatte. Le derivazioni dovranno essere eseguite all'interno di appositi pozzetti.

## Art. 81 Impianti di illuminazione esterna Pozzetti

### 81.1 Generalità

I pozzetti dovranno essere collocati in corrispondenza delle derivazioni, dei punti luminosi e dei cambi di direzione.

I chiusini dei pozzetti devono essere di tipo carrabile quando sono realizzati lungo strade o passi carrai.

### 81.2 Raggi di curvatura

Il raggio minimo di curvatura dei cavi privi di rivestimento metallico dovrà essere non inferiore a dodici volte il diametro esterno del cavo. Per i cavi con rivestimento metallico il raggio dovrà essere almeno quattordici volte il diametro.

### 81.3 Pozzetti con chiusino in ghisa

Nell'esecuzione dei pozzetti dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- formazione di platea in calcestruzzo dosata a 200 kg di cemento tipo 325 per metro cubo di impasto, con fori per il drenaggio dell'acqua;- formazione della muratura laterale di contenimento, in mattoni pieni e malta di cemento;- conglomeramento, nella muratura di mattoni, delle tubazioni in plastica interessate dal pozzetto; sigillature con malta di cemento degli spazi fra muratura e tubo;- formazione, all'interno dei pozzetti, di rinzafo in malta di cemento grossolanamente lisciata;- fornitura e posa, su letto di malta di cemento, di chiusino in ghisa, completo di telaio, per traffico incontrollato, luce netta 50 cm, peso 90 kg circa, con scritta "Illuminazione pubblica" sul coperchio;- riempimento del vano residuo con materiale di risulta o con ghiaia naturale costipati.

### 81.4 Pozzetto prefabbricato interrato

È previsto l'impiego di pozzetti prefabbricati e interrati, comprendenti un elemento a cassa, con due fori di drenaggio, e un coperchio rimovibile.

Detti manufatti, di calcestruzzo vibrato, avranno sulle pareti laterali la predisposizione per l'innesto dei tubi di plastica, costituita da zone circolari con parete a spessore ridotto.

## Art. 82 Impianti di illuminazione esterna linee per energia elettrica

L'appaltatore dovrà provvedere alla fornitura e alla posa in opera dei cavi relativi al circuito di alimentazione di energia. Sono previsti cavi per energia elettrica identificati dalle seguenti sigle di designazione:

FG16OR16 multipolari - FG16R16 unipolari: Classe Cca - s3, d1, a1, isolato in gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G16 con caratteristiche di reazione al fuoco secondo CPR (UE) n°305/11 - tensione nominale U0/U 0,6/1 kV - prodotti secondo le norme CEI 20-13 - CEI UNEL 35318- propagazione della fiamma secondo le CEI EN 60332-1-2.

FG16R16 unipolari: Classe Cca - s3, d1, a1, isolato in gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G16 con caratteristiche di reazione al fuoco secondo CPR (UE) n°305/11 - tensione nominale U0/U 0,6/1 kV - prodotti secondo le norme CEI 20-13 - CEI UNEL 35318- propagazione della fiamma secondo le CEI EN 60332-1-2.

Tutti i cavi saranno rispondenti alla norma **CEI 20-13** e varianti e dovranno disporre di certificazione prevista dal D.Lgs 16 giugno 2017 n.106 " Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE".

Nelle tavole allegate sono riportati schematicamente, ma nella reale disposizione planimetrica, il percorso, la sezione e il numero dei conduttori.

L'appaltatore dovrà attenersi scrupolosamente a quanto indicato negli elaborati progettuali, salvo eventuali diverse prescrizioni della direzione dei lavori.

I cavi multipolari avranno le guaine isolanti interne colorate in modo da individuare la fase relativa. Per i cavi unipolari la distinzione delle fasi e del neutro dovrà apparire esternamente sulla guaina protettiva. È consentita l'apposizione di fascette distintive ogni tre metri in nastro adesivo, colorate in modo diverso (marrone fase R, bianco fase S, verde fase T, blu chiaro per il neutro).

I cavi infilati entro pali o tubi metallici saranno ulteriormente protetti da guaina isolante.

#### Art. 83 **Impianti di illuminazione esterna cassette, giunzioni, derivazioni, guaine isolanti**

La derivazione agli apparecchi di illuminazione, in cavo bipolare della sezione di  $2,5 \text{ mm}^2$ , sarà effettuata con l'impiego di cassetta di connessione in classe II, tipo sgvp, collocata nell'alloggiamento e con transito nella medesima dei cavi unipolari di dorsale. La salita all'asola dei cavi unipolari sarà riservata unicamente alla fase interessata e al neutro, escludendo le restanti due fasi. Per tratti di dorsali rilevanti dovrà essere previsto, altresì, un sezionamento dell'intera linea, facendo transitare le tre fasi e il neutro in una cassetta di connessione collocata nell'asola di un palo, secondo indicazione del direttore dei lavori.

Per le giunzioni o derivazioni su cavo unipolare, con posa in cavidotto, è previsto l'impiego di muffole tipo ..... o similare. Dette muffole dovranno essere posate esclusivamente nei pozzetti in muratura o prefabbricati.

Come detto, tutti i conduttori infilati entro i pali e bracci metallici, saranno ulteriormente protetti, agli effetti del doppio isolamento, da una guaina isolante di diametro adeguato, che dovrà avere rigidità dielettrica  $\sim 10 \text{ kV/mm}$ . Il tipo di guaina isolante dovrà, comunque, essere approvato dal direttore dei lavori.

#### Art. 84 **Impianti di illuminazione esterna fornitura e posa degli apparecchi di illuminazione**

##### 84.1 *Grado di protezione*

Tutti gli apparecchi di illuminazione devono avere i seguenti gradi di protezione interna minima:

- apparecchi per illuminazione stradale aperti (senza coppa o rifrattore):- vano ottico = ip x 3;- vano ausiliari = ip 23.
- apparecchi per illuminazione stradale chiusi (con coppa o rifrattore):- vano ottico = ip 54;- vano ausiliari = ip 23.
- proiettori su torri faro o parete (verso il basso) = ip 65;- proiettori sommersi = ip 68.

Gli apparecchi dovranno, altresì, essere realizzati in classe II ed essere rispondenti all'insieme delle seguenti norme:

- **CEI 34-21** fascicolo n. 1034 e relative varianti;- **CEI 34-30** fascicolo n. 773 e relative varianti sui proiettori per illuminazione;
- **CEI 34-33** fascicolo n. 803 e relative varianti sugli apparecchi per illuminazione stradale.

In ottemperanza alla norma **CEI 34-21**, i componenti degli apparecchi di illuminazione dovranno essere cablati a cura del costruttore degli stessi e dovranno, pertanto, essere forniti e dotati di lampade e ausiliari elettrici rifasati. Detti componenti dovranno essere conformi alle norme CEI di riferimento.

Gli apparecchi di illuminazione destinati a contenere lampade a vapori di sodio ad alta pressione dovranno essere cablati con i componenti principali (lampade, alimentatori e accenditori) della stessa casa costruttrice, in modo da garantire la compatibilità tra i medesimi.

I riflettori per gli apparecchi di illuminazione destinati a contenere lampade a vapori di sodio ad alta pressione devono essere conformati in modo da evitare che le radiazioni riflesse si concentrino sul bruciatore della lampada in quantità tale da pregiudicarne la durata o il funzionamento.

##### 84.2 *Prove*

Tali apparecchi devono essere provati secondo le prescrizioni della norma **CEI 34-24** e si riterranno conformi quando la differenza tra le due tensioni di lampada (in aria libera e all'interno dell'apparecchio) è inferiore a:

- 12 V per le lampade da 400 W bulbo tubolare chiaro;
- 7 V per le lampade da 400 W bulbo ellissoidale diffondente;
- 10 V per le lampade da 250 W (entrambi i due tipi);
- 7 V per le lampade da 150 W e 100 W bulbo tubolare chiaro;
- 5 V per le lampade da 150 W e 100 W bulbo ellissoidale diffondente.

Sugli apparecchi di illuminazione dovranno essere indicati in modo chiaro e indelebile, in una posizione che li renda visibili durante la manutenzione, i dati previsti dalla sezione 3 (marcatura della norma **CEI 34-21**).

##### 84.3 *Requisiti per la prevenzione dell'inquinamento luminoso*

Gli apparecchi di illuminazione dovranno presentare caratteristiche per la prevenzione dell'inquinamento luminoso mediante l'uso di lampade full cut-off con vetro piano e trasparente.

In particolare, i corpi illuminanti posti in opera dovranno avere un'emissione nell'emisfero superiore (cioè con  $\square \square \square \geq \square \square 90^\circ$ ) non superiore allo 0% del flusso totale emesso.

Apparecchi di illuminazione con valori superiori di emissione verso l'alto sino al massimo del 3% del flusso luminoso totale emesso potranno essere installati, previa preventiva autorizzazione e a seguito di reali necessità impiantistiche.

#### 84.4 Documentazione tecnica

La documentazione tecnica dovrà comprendere la misurazione fotometrica dell'apparecchio, effettuata secondo le norme in vigore, sia in forma tabellare su supporto cartaceo sia sotto forma di file standard.

Tale documentazione dovrà specificare, tra l'altro:

- la temperatura ambiente durante la misurazione;- la tensione e la frequenza di alimentazione della lampada;- la norma di riferimento utilizzata per la misurazione;- l'identificazione del laboratorio di misura;- la specifica della lampada (sorgente luminosa) utilizzata per la prova;- il nome del responsabile tecnico di laboratorio;- la corretta posizione dell'apparecchio durante la misurazione;- il tipo di apparecchiatura utilizzata per la misura e la classe di precisione.

Questi dati devono essere accompagnati da una dichiarazione sottoscritta dal responsabile tecnico di laboratorio che attesti la veridicità della misura.

Gli apparecchi devono, inoltre, essere forniti della seguente ulteriore documentazione:

- angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale a cui deve essere montato l'apparecchio. In genere, l'inclinazione deve essere nulla (vetro di protezione parallelo al terreno);- diagramma di illuminamento orizzontale (curve isolux) riferite a 1000 lumen;- diagramma del fattore di utilizzazione;- classificazione dell'apparecchio agli effetti dell'abbagliamento con l'indicazione delle intensità luminose emesse rispettivamente a 90° e a 80° rispetto alla verticale e alla direzione dell'intensità luminosa massima (I max) sempre rispetto alla verticale.

Il tipo di apparecchio di illuminazione da installare, nell'ipotesi che non sia già stato definito nel disegno dei particolari, dovrà comunque essere approvato dal direttore dei lavori.

Gli apparecchi di illuminazione dovranno essere di classe II e, pertanto, si dovrà porre la massima cura nell'esecuzione dei collegamenti elettrici, affinché in essi sia mantenuto il doppio isolamento.

#### Art. 85 Impianti di illuminazione esterna impianto di terra. Dispensori

L'impianto non prevede la messa a terra degli apparecchi di illuminazione e delle altre parti metalliche, in quanto tutto il sistema sarà realizzato con doppio isolamento (classe II). Qualora, per particolari esigenze, venissero impiegati apparecchi di illuminazione sprovvisti di isolamento in classe II oppure sia necessario realizzare la protezione delle strutture contro i fulmini, occorre realizzare l'impianto di terra.

Gli apparecchi di illuminazione saranno collegati a una terra di sezione adeguata, comunque non inferiore ai 16 mm<sup>2</sup> e i conduttori di terra e di protezione avranno guaina di colore giallo-verde e saranno di tipo h07 v.

La linea dorsale sarà collegata al dispersore unico mediante conduttore isolato, della sezione minima di 16 mm<sup>2</sup> di tipo h07 v-r, protetto con tubazione nei tratti discendenti.

Tenendo conto che il dispersore sarà unico, sia per la protezione contro i fulmini sia per la protezione contro i contatti indiretti, esso dovrà rispondere alle prescrizioni delle norme **CEI 81-1**, **CEI 64-8** e **CEI 11-8**.

I dispersori saranno a puntazza componibile, posati entro appositi pozzetti di ispezione di tipo carreggiabile, in resina rinforzata, e dovranno tutti essere collegati fra di loro.

Sia i dispersori a puntazza sia i pozzetti di ispezione dovranno essere preventivamente approvati dalla direzione dei lavori.

#### Art. 86 Periferiche di automazione

Le periferiche di automazione dovranno consentire la gestione e la regolazione del sistema idrico oggetto dell'appalto, sia in termini di pressioni che in termini di portata.

Saranno composte da un armadio in carpenteria metallica con grado di protezione minimo IP55 e chiusura a chiave al cui interno saranno alloggiate le seguenti apparecchiature:

- Resistenze anticondensa;
- Griglie di areazione;
- Alimentatore interno 24V DC di potenza sufficiente all'alimentazione delle apparecchiature interne al quadro e dei sensori di campo;
- Display digitali per la visualizzazione dei valori di portata e di pressione in real-time e indicatori luminosi di colore rosso e verde, rispettivamente l'azionamento dei fine corsa chiuso ed aperto delle valvole;
- Relè normalmente aperto con capacità di interruzione 2A/250 V AC per ciascuna uscita digitale;
- PLC e relative schede di espansione per acquisizione e comando apparecchiature;

Il sistema di automazione verrà implementato all'interno del PLC e provvederà alla gestione completamente automatica dell'acquedotto, senza necessità di presidio. Il monitoraggio del sistema idrico e la regolazione sarà effettuata dallo SCADA aziendale di Siciliacque con il quale la periferica di automazione dovrà scambiare un flusso costante di dati.

La periferica di automazione sarà alimentata da una linea dedicata a 240 Vca supportata dall'unità UPS prevista in

progetto con funzione di soccorso e con autonomia di almeno 2 ore.

L'ingresso cavi potrà essere indifferentemente dall'alto o dal basso in funzione delle esigenze dell'impianto.

L'accesso degli armadi dovrà essere frontale. Gli armadi elettrici dovranno avere una segregazione tale da non consentire l'accesso agli animali a mezzo di utilizzo di appositi dispositivi di chiusura e passaggio cavi. Tali accorgimenti dovranno essere diffusi anche sui percorsi dei cavi sia interni che esterni al manufatto tale da inibire la possibilità che i cavidotti possano diventare veicolo di transito per roditori ed animali vari.

Al display del quadro saranno visibili le grandezze idrauliche di portata e pressione nonché i fine corsa delle valvole di sezionamento in modo da permettere all'operatore di comprendere quale sia la regolazione in atto al nodo idraulico in questione. Si riportano di seguito le caratteristiche delle singole componenti delle periferiche:

#### RESISTENZE ANTICONDENSA E GRIGLIE DI AERAZIONE

Resistenza anticondenza con cavo per alimentazione 110...250 V CA 50 Hz

- Potenza 20 W;
- Temperatura ambiente operativa -40 ... 70 °C;
- Grado di protezione IP 20.

Il comando della resistenza avviene dal collegamento al sistema di rilevamento della temperatura.

Ventilatore per estrazione aria da quadro elettrico, con filtro standard da 58 mc/h o superiore, con alimentazione elettrica 10...27,6 V con tensione 24 V DC. Composto da motore assiale, griglia di protezione, filtro, griglia di uscita e schema di taglio.

- Potenza 3,6 W;
- Livello di rumorosità – inferiore a 42 dB;
- Corrente nominale 0,18 A;
- Grado di protezione IP 54.

Il comando del sistema di ventilazione sarà dato dal superamento della temperatura critica all'interno del quadro.

#### ALIMENTATORE 24 V DC

Dipositivo di generazione della linea a 24 Vcc, con filtro per correnti armoniche a bassa frequenza, per l'alimentazione delle schede elettroniche, degli ingressi analogici e i relè di comando, nonché della tensione necessaria per l'alimentazione degli I/O digitali. Le specifiche tecniche sono di seguito indicate:

- Potenza 240 W;
- Corrente nominale 10 A;
- Tensione di uscita 24 V CC
- Corrente di spunto 30 A;
- Output 24...28,8 V regolabile;
- Rendimento 87%;
- Fattore di potenza filtro correttore conforme a IEC 61000-3;
- Relè di diagnostica;
- LED stato tensione e corrente in uscita.

#### RELÉ 250 V AC

Relè ad impulsi passo-passo, con le seguenti caratteristiche:

- 3 poli;
- Corrente nominale 9 A;
- Tipo di rete "CA";
- Tensione di comando 230 VCA 50 Hz - 110 VCC;
- Tensione nominale di impiego 250 V CA 50 Hz;
- Segnalazione locale indicazione ON/OFF;
- Modalità di montaggio fisso su supporto per montaggio guida DIN;
- Grado di protezione IP20 (all'apertura) conforme a IEC 60529 - IP40 (in quadro) conforme a IEC 60529.

#### DISPLAY DIGITALE

Per l'indicazione dei valori di portata e di pressione rilevati dal campo si prevede l'installazione di display digitale a 4 cifre a led verde, con le seguenti caratteristiche:

- LED a 7 segmenti;
- Corrente uscita digitale 0,5 A;
- Tensione uscita digitale 30 V CC;
- Luminosità fissa;
- Precisione + 0,15%;
- Grado di protezione IP20 (all'apertura) conforme a IEC 60529 - IP40 (in quadro) conforme a IEC 60529.

### PLC E RELATIVE SCHEDE DI ESPANSIONE

Al fine di consentire il monitoraggio dei parametri di impianto e regolare le apparecchiature presenti in impianto si prevede l'installazione di PLC appositamente programmati.

I requisiti minimi del PLC TIPO 1 (tipo Schneider Electric Modicon M221 o similare) sono le seguenti:

- Capacità processore 128 I/O digitali e 32 I/O analogici su rack singolo (numero massimo di espansioni 7);
- Tensione nominale di alimentazione 24 V DC;
- Numero 14 ingressi digitali;
- N. 4 ingresso digitale rapido conforme a IEC 61131-2 (100 kHz 32 bit);
- Uscite digitali 10 transistor e 2 rapide;
- Tensione uscita digitale 24 V CC;
- Corrente uscita digitale 0,5 A;
- Corrente di spunto 35 A;
- Potenza massima assorbita 13 W con numero massimo dei moduli di espansione;
- Potenza minima assorbita 4,1 W senza moduli di espansione;
- Risoluzione ingresso analogico 10 bit;
- Valore LSB 10 mV;
- Tempo di conversione 1 ms per channel + 1 controller cycle time ingresso analogico;
- Sovraccarico ammesso su ingresso + 30 V DC per 5 min (massimo) per ingresso analogico;
- Sovraccarico ammesso su ingresso + 13 V DC permanente per ingresso analogico;
- Stato tensione  $1 > 15$  V per ingresso;
- Stato tensione  $1 < 5$  V per ingresso;
- Corrente ingresso digitale 7 mA;
- Corrente ingresso rapido 5 mA;
- Impedenza per ingresso digitale 3,4 kOhm;
- Impedenza per ingresso analogico 100 kOhm;
- Impedenza per ingresso rapido 4,9 kOhm;
- Errore precisione assoluto + 1% fondo scala per ingresso analogico;
- Massimo corrente di dispersione 0,1 mA per uscita transistor;
- Tempo per attività evento 60 microsecondi;
- Massima dimensione aree oggetti 512 M memory bits e 8000 MW memory words;
- Supporto montaggio TH35-15 guida conforme a IEC 60715.
- CPU ed orologio real-time con batteria di backup;
- connessione integrata con collegamento seriale non isolato serial 1 con RJ45 connettore e RS485 e collegamento seriale non isolato serial 2 con RJ45 connettore e RS232/RS485;
- porta USB per programmazione e HMI;
- schede di rete Ethernet Modbus TCP/IP con connettore RJ45;
- moduli di espansione I/O digitali (24 V DC) dotate di led per ciascuno stato ingresso/uscita;
- moduli di espansione I/O analogiche con corrente 4...20 mA o 0...20 mA, tensione 0...10 V o -10...10 V configurabili;
- memoria flash integrata per il backup dati con capacità di almeno 256 kB ed equipaggiata con unità di memoria integrativa SD da almeno 2 GB per il backup dati;

Il numero la dimensione dei moduli sarà oggetto della progettazione esecutiva e dovranno essere sufficienti ai segnali previsti con una riserva del 20% per ciascuna tipologia.

Il programma dovrà consentire tutta la gestione non presidiata del sistema e in particolare la gestione automatica delle valvole di regolazione con sistema di regolazione PID.

I requisiti minimi del PLC TIPO 2 (tipo Schneider Electric Modicon M340 o similare) sono:

- Numero massimo di slot su singolo rack 11;
- Capacità processore 704 I/O digitali e 66 I/O analogici su rack singolo;
- Tensione nominale di alimentazione 24 V DC;
- Tensione uscita digitale 24 V CC;
- Corrente uscita digitale 0,5 A;
- Corrente di spunto 35 A;
- Risoluzione ingresso analogico 10 bit;
- RAM interna 4096;
- Sovraccarico ammesso su ingresso + 13 V DC permanente per ingresso analogico;
- Stato tensione  $1 > 15$  V per ingresso;
- Stato tensione  $1 < 5$  V per ingresso;
- Corrente ingresso digitale 7 mA;
- Impedenza per ingresso digitale 3,4 kOhm;
- Impedenza per ingresso analogico 100 kOhm;
- Errore precisione assoluto + 1% fondo scala per ingresso analogico;
- Numero di istruzioni al ms 6,4 Kistr/ms (66% Booleano + 35% aritmetica in virgola mobile);
- Massima dimensione aree oggetti 32634 %M memory bits;
- Supporto montaggio TH35-15 guida conforme a IEC 60715.
- CPU ed orologio real-time con batteria di backup;

- connessione integrata con collegamento seriale non isolato serial 1 con RJ45 connettore e RS485 e collegamento seriale non isolato serial 2 con RJ45 connettore e RS232/RS485;
- porta USB per programmazione e HMI;
- schede di rete Ethernet Modbus TCP/IP con connettore RJ45;
- moduli di espansione I/O digitali (24 V DC) dotate di led per ciascuno stato ingresso/uscita;
- moduli di espansione I/O analogiche con corrente 4...20 mA o 0...20 mA, tensione 0...10 V o -10...10 V configurabili;
- memoria flash integrata per il backup dati con capacità di almeno 256 kB ed equipaggiata con unità di memoria integrativa SD da almeno 2 GB per il backup dati;

Il numero la dimensione dei moduli sarà oggetto della progettazione esecutiva e dovranno essere sufficienti ai segnali previsti con una riserva del 20% per ciascuna tipologia.

Il PLC dovrà consentire la gestione del complesso di apparecchiature presenti al serbatoio e consentire la regolazione delle unità ivi presenti.

#### **Art. 87 Collaudo periferiche di automazione**

All'interno del progetto esecutivo dell'opera o in alternativa prima dell'accettazione dei materiali da parte del D.L. sarà onere dell'appaltatore di trasmettere il progetto multifilare della periferica di automazione firmato da un ingegnere o da un perito industriale elettrotecnico (nei limiti di competenza), abilitati secondo le disposizioni in vigore e regolarmente iscritti ai rispettivi Albi professionali.

La suddetta documentazione, se successiva alla redazione del progetto esecutivo, dovrà in ogni caso essere controfirmato dall'Appaltatore.

Il progetto multifilare dovrà contenere il dettaglio di tutte le apparecchiature componenti la periferica di automazione.

Ciascun collegamento dovrà essere denominato con la stessa etichetta presente in campo in modo da avere una esatta rispondenza tra gli elementi cablati e il campo. Allo stesso modo ciascun interruttore dovrà riportare una etichetta coerente con lo schema P&I. Il progetto multifilare dovrà essere completo dello sviluppo della morsettiera.

In seguito all'approvazione dei materiali e dopo la realizzazione della periferica di automazione, l'appaltatore dovrà realizzare dei Test di Accettazione in Fabbrica (F.A.T.) verificando che la periferica e tutti i suoi componenti siano correttamente assemblati.

Gli esiti di tali verifiche, concordate preventivamente con la Direzione dei Lavori, dovranno essere riportati in apposito report, da allegarsi alla documentazione As Built.

In seguito all'installazione in sito e al cablaggio delle apparecchiature presenti in campo dovranno eseguirsi i test di accettazione in sito (S.A.T.) al fine di verificare il corretto funzionamento del complesso periferica di automazione - apparecchiature.

L'appaltatore dovrà garantire la necessaria assistenza tecnica alla Stazione Appaltante fino al rilascio del certificato di collaudo.

**Per tutte le Norme Tecniche elencate e/o indicate nel presente capitolo, comprese quelle superate e/o ritirate e sostituite con altre, si dovrà sempre e comunque fare riferimento alle corrispondenti normative tecniche in vigore al momento dei lavori.**

### § PIANO QUALITÀ E CONTROLLO DELL'OPERA

#### Art. 88 Premesse generali piano di qualità e controllo dell'opera

L'impresa aggiudicataria dovrà presentare per la preventiva approvazione da parte della Stazione Appaltante:

- il **Piano Generale Controllo Qualità (PGCQ)** delle attività di progettazione prima della sottoscrizione del contratto di affidamento;
- il **Piano Generale Controllo Qualità (PGCQ)** delle attività per l'esecuzione dei lavori, che comprenda un piano per i controlli di cantiere nel corso delle varie fasi dei lavori al fine di una corretta realizzazione dell'opera e delle sue parti. entro 15 giorni consecutivi decorrenti dalla data di approvazione del progetto esecutivo e comunque prima della consegna dei lavori;

i suddetti "**Piano Generale Controllo Qualità (PGCQ)**" dovranno essere redatti adottando un modello di sistema di gestione per la qualità avente i requisiti fissati dalla UNI ISO 10005:2019 "Gestione per la qualità - Linee guida per i piani della qualità ". Il Piano dovrà essere validato da Ente Certificatore.

Il Piano Generale Controllo Qualità (PGCQ) delle attività per l'esecuzione dei lavori, dovrà essere redatto nel rispetto di quanto previsto dal comma 4, dell'art. 43 del DPR 207/2010, in particolare dovrà contenere il piano di qualità di costruzione e installazione che prevede, pianifica e programma le condizioni, sequenze, modalità, strumentazioni, mezzi d'opera e fasi delle attività di controllo da svolgersi durante la realizzazione dell'opera. Il piano dovrà definire altresì i criteri di valutazione e qualifica dei fornitori e dei materiali ed i criteri di valutazione e gestione delle non conformità.

Qualora l'appaltatore non presenti i PGCQ entro i termini fissati, la DL ne dà comunicazione al RUP, il quale fissa una nuova data e il termine per la consegna dei documenti. Qualora sia inutilmente trascorso il nuovo termine assegnato dal responsabile del procedimento, la stazione appaltante ha facoltà di risolvere il contratto e di incamerare la cauzione.

#### Art. 89 Procedura, stesura e gestione dei piani qualità e dei piani di controllo qualità

Nella redazione dei documenti di cui all'articolo precedente, l'impresa dovrà adottare i seguenti criteri, metodologie e prescrizioni procedurali, in materia di programmazione e reporting del controllo qualità di tutte le attività realizzate previste in contratto a carico dell'impresa.

In particolare dovrà porre in essere la metodologia e le azioni da svolgere con riferimento a:

- programmazione delle attività di controllo qualità;
- redazione delle schede di controllo qualità;
- redazione del quaderno qualità;
- modalità d'espletamento delle attività di controllo;
- tipologia dei documenti d'attestazione da produrre;
- costituzione e conservazione dei dati in archivio.

L'architettura del sistema dovrà soddisfare i seguenti requisiti:

- rispettare la suddivisione dell'opera in parti d'opera (secondo i capitoli del computo metrico e/o gli elementi contrattuali) e tratte operative;
- rispettare la suddivisione di ciascuna parte d'opera in lavorazioni elementari regolamentate dal Capitolato Speciale d'Appalto- norme tecniche;
- permettere un monitoraggio continuo del livello di conformità alle norme tecniche contrattuali, dei processi realizzativi, da parte dell'esecutore, del Direttore dei Lavori e del Responsabile Unico di Progetto RUP (Alta Sorveglianza);
- permettere il corretto e tempestivo flusso della documentazione sia in fase di pianificazione che in fase d'esecuzione delle attività;
- garantire l'individuazione tempestiva di non conformità e delle conseguenti azioni correttive sui processi realizzativi;
- garantire il controllo del rispetto del livello di qualità contrattuale nell'esecuzione delle opere costituenti l'oggetto dell'affidamento.

## 89.1 CAMPI DI APPLICAZIONE

La procedura dei piani di qualità e controlli dell'opera, si applica a tutte le attività oggetto di affidamento, necessarie per la realizzazione di tutte le opere relative ai lavori di cui al contratto.

Tali attività sono identificate sulla base della WBS (Work Breakdown Structure) ideata per la stesura del programma di dettaglio esecutivo per la realizzazione dei lavori che pianifica e controlla l'avanzamento fisico ed economico dei lavori eseguiti.

## 89.2 TERMINI E DEFINIZIONI

**Attestato di conformità:** documento che certifica che una parte d'impianto, opera/parte d'opera o servizio è conforme alle prescrizioni specificate;

**Benestare :** atto con cui un soggetto designato ed abilitato, attesta che il contenuto di un documento è conforme a specifiche prescrizioni;

**Certificato:** documento scritto, firmato per benestare, che riporti risultati di prove o di collaudi effettuati o dati ed informazioni sufficienti ad attestare che le operazioni di determinazione e verifica effettuate hanno dato risultati confrontabili con le prescrizioni specificate;

**collaudo:** verifica volta all'accertamento che materiali e parti d'impianto corrisponda a caratteristiche tecniche richieste dalle prescrizioni contrattuali di fornitura e costruzione

**Contratto:** Rapporto contrattuale intercorrente tra Ente Appaltante e Affidatario / Impresa Appaltatrice;

**Controllo qualità:** L'insieme di tutte le prescrizioni ed attività che permettono di rilevare e misurare le caratteristiche di un'opera /parte d'opera, di una parte d'impianto, di un processo produttivo, di un procedimento, di un servizio, verificandola a fronte di parametri tecnici e valori in precedenza specificati, che è necessario porre in essere per consentire il raggiungimento dei requisiti di qualità delle opere, richiesti dal Progettista, in accordo con le necessità del Committente e le leggi applicabili;

**Ente Certificatore :** Società di Certificazione riconosciuta dall'Ente Unico Nazionale di Accreditamento (Accredia). L'accREDITamento garantisce che i rapporti di prova e di ispezione e le certificazioni (di sistema, prodotto e personale) che riportano il marchio ACCREDIA siano rilasciate nel rispetto dei più stringenti requisiti internazionali in materia di valutazione della conformità, e dietro una costante e rigorosa azione di sorveglianza sul comportamento degli operatori responsabili (Laboratori e Organismi).

**Quaderno qualità :** Il documento di programmazione e raccolta di tutta la documentazione relativa a ciascuna opera;

**Fase vincolante :** Stadio delle attività di fabbricazione, costruzione, ispezione, prova, per il quale è imposta la presenza di un ispettore designato dall'Alta Sorveglianza, i lavori non possono proseguire senza il verificarsi degli eventi previsti nella presente procedura:

**Affidatario / Impresa Appaltatrice:** esecutore di tutte le prestazioni, forniture e lavori oggetto del Contratto;

**Responsabile Qualità dell'Impresa:** Ingegnere incaricato dall'impresa responsabile della qualità e di tutti gli aspetti relativi alla qualità, dalla redazione di tutti i documenti richiesti alla loro attuazione in campo; responsabile verso la funzione gerarchicamente superiore dei risultati e della qualità delle attività a lui demandate;

**Non Conformità:** Scostamento riscontrato nelle caratteristiche di una parte dell'opera o nelle sue modalità esecutive rispetto alle prescrizioni date;

**Piano Controllo Qualità (PCQ):** Il documento che esplicita, per le differenti tipologie di lavorazione in forma organica, ed eventualmente sequenziale, il tipo e l'estensione dei controlli e delle prove da eseguire con riferimento ai capitolati, prescrizioni di legge, elaborati progettuali ecc, i responsabili degli stessi e le fasi vincolanti;

**Prova:** Forma di verifica cui è soggetta una parte d'opera per determinare le sue capacità a soddisfare le prescrizioni specificate;

**Qualifica:** L'insieme dei requisiti tecnici professionali che devono essere posseduti per poter espletare un'attività o assolvere un compito preassegnato;

**Responsabile:** L'incaricato di una funzione o di un'unità operativa, responsabile verso la funzione gerarchicamente superiore dei risultati e della qualità delle attività a lui demandate;

**Rintracciabilità:** Possibilità di correlare una determinata parte d'opera con la relativa documentazione da cui risultino le sue caratteristiche, la sua storia realizzativa e la sua localizzazione;

**Specifiche di CQ:** Documento che identifica le prescrizioni di controllo qualità a cui devono ottemperare le parti costituenti, l'opera;

**Taratura :** Controllo o regolazione di un'apparecchiatura di misura e di prova a fronte di un'apparecchiatura campione d'adeguata precisione, o di parametri di riferimento prefissati, al fine di assicurare la richiesta precisione dei valori misurati.

### 89.3 Aspetti generali

Il Piano Generale Controllo Qualità dovrà riportare tutti gli elementi necessari per individuare l'organizzazione, le responsabilità, le modalità gestionali ed operative per la realizzazione delle attività affidate.

L'impresa aggiudicataria – affidataria è responsabile del conseguimento degli obiettivi prestazionali dell'opera definiti in contratto, e del puntuale adempimento a tutti gli obblighi contenuti nei documenti contrattuali.

La Direzione Lavori è responsabile del controllo per il raggiungimento di qualità contrattuale delle opere eseguite e della raccolta della documentazione certificativa.

Il controllo del livello qualitativo dei lavori sarà effettuato per confronto con quello definito nei **Quaderni di Qualità** e nei relativi Piani Controllo Qualità (P C Q) che si riferiscono agli standard consegnati nelle norme tecniche di capitolato contrattuale.

La documentazione che individua il livello di qualità contrattuale, è costituita da:

- Capitolato Speciale d'Appalto parte I - norme generali;
- tutta la documentazione di progetto definitivo e/o esecutivo (disegni, relazioni specialistiche e di calcolo) ed il Capitolato Speciale d'Appalto parte II - norme tecniche, che è stato posto dalla Stazione appaltante a base di gara;
- le prescrizioni eventualmente impartite dal Direttore dei Lavori e dal RUP;
- tutte le norme e regolamenti di legge applicabili ai lavori in oggetto, anche se non espressamente ed esaustivamente richiamate nella presente procedura;

La documentazione che definisce il livello di qualità dell'opera, è costituita da:

- le specifiche di controllo qualità, riportate nel capitolato speciale, nelle norme tecniche delle parti d'opera che costituiscono l'oggetto del contratto;
- i Piani di Controllo Qualità che saranno redatti dal responsabile della qualità dell'impresa per ogni singola attività o parte di essa ed approvati dal Direttore dei Lavori e dal RUP;
- i Quaderni di Qualità che saranno redatti dal responsabile della qualità dell'impresa per ogni opera o parte d'opera.

La documentazione che certifica il livello di qualità raggiunto, è costituita da:

- gli attestati di conformità relativi ai controlli eseguiti prima delle forniture di materiali ed attrezzature, a cura del RQI e sottoscritti dalla DL;
- i benestare rilasciati dal RQI sulla conformità di un documento alle prescrizioni di Capitolato, progettuale o di legge;
- i certificati dei produttori e fornitori di materiali ed attrezzature;
- i certificati delle indagini e prove eseguite prima e durante l'esecuzione delle parti d'opera costituenti il progetto;
- i certificati delle prove eseguite successivamente al completamento di ciascuna parte d'opera;
- i Piani Controllo Qualità completi in tutte le sezioni;
- i Quaderni di Qualità completi in tutte le sezioni.

Onde consentire la registrazione ordinata ed esaustiva delle prove e dei controlli che dovranno essere eseguiti nel corso dell'esecuzione dell'intervento in appalto, atti a certificare la qualità delle lavorazioni eseguite per ciascuna parte d'opera, il Responsabile della qualità dell'impresa dovrà redigere e presentare per l'approvazione:

- immediatamente dopo l'affidamento-contratto, idonei Quaderni di Qualità e piani di controllo qualità (PCQ) per ciascuna lavorazione specificata e definita nelle norme tecniche, riguardante ciascuna parte d'opera secondo le categorie di lavorazione dell'appalto contrattualmente definita.

Tali unità operative dovranno sovrintendere al controllo di qualità dei materiali acquistati, montati o costruiti e dei lavori eseguiti dall'impresa aggiudicataria.

Conseguentemente il personale preposto deve possedere i requisiti d'esperienza richiesti per la funzione da ricoprire.

Il Direttore dei Lavori ed il RUP valuteranno tali requisiti.

Tale personale dovrà essere affiancato da un Responsabile della Qualità dell'Impresa Aggiudicataria che abbia operato almeno 2 anni in posizione di Responsabile di Controlli qualità.

Operativamente dette unità dovranno, in attuazione alle specifiche previste nelle norme tecniche:

- individuare in modo univoco gli elaborati contrattuali pertinenti la parte d'opera da eseguire, approvati e validati dal RUP;
- produrre le procedure esecutive che s'intendono attuare, le attività da controllare, e rendere disponibile, la documentazione certificativa dei materiali ed attrezzature impiegate;

- produrre una procedura per la “valutazione dei fornitori” che dettagli modalità di prequalifica, qualifica e di sorveglianza dei fornitori sia di prodotti che di servizi che influiscono direttamente sulla qualità dell’opera. Tale procedura deve essere approvata dal Direttore dei Lavori e dal RUP. IL RUP o suo delegato si riserva facoltà di compiere visite ispettive programmate o ispezione (con costi e spese a carico dell’impresa) presso i fornitori qualificati dall’impresa Aggiudicataria;
- fornire alla DL tutti gli elementi necessari per approvare i Piani di Controllo Qualità per le singole attività;
- eseguire i controlli in corso d’opera di propria competenza previsti nei PCQ;
- presenziare ai controlli in corso d’opera svolti dalla Direzione dei Lavori per fornire tutta l’assistenza necessaria allo svolgimento degli stessi;
- rilevare le non conformità; ovvero evidenziare alla Direzione dei Lavori gli scostamenti nelle caratteristiche dei materiali o dell’opera, parti d’opera, singolo elemento/lavorazione rispetto alle prescrizioni di capitolato, norme tecniche, progetto, leggi o altri documenti da questi richiamati;
- proporre le eventuali ‘azioni correttive’ da porre in atto, in relazioni ad eventuali “non conformità” riscontrate dal DL e/o dal RUP;

Il Direttore Lavori, acquisito il programma temporale operativo dell’esecuzione dei lavori sviluppato dall’Impresa, dovrà impartire le direttive al Responsabile della qualità dell’impresa per sviluppare il Programma Qualità generale delle opere in appalto ed i Piani di Controllo Qualità (PCQ) delle singole lavorazioni.

Tenuto conto :

- della pianificazione degli approvvigionamenti materiali;
- del piano temporale di realizzazione delle singole parti d’opera costituenti il progetto da eseguire, ivi comprese le attività propedeutiche e successive alla realizzazione delle opere contenute nel Programma Operativo di dettaglio presentato dall’impresa ed approvato;

sulla base:

- delle previsioni delle quantità da eseguire per le principali tipologie di lavoro emesse su base mensile dall’impresa per ciascuna parte d’opera e per l’opera complessiva, in ottemperanza al Programma Operativo;
- delle frequenze delle prove stabilite nelle norme tecniche, per ciascuna tipologia di lavoro;

Il Direttore dei Lavori, attraverso il responsabile di qualità dell’impresa, dovrà quantificare e programmare su base mensile i controlli e le prove da eseguire nel corso dell’esecuzione del progetto.

La Direzione dei lavori dovrà, in attuazione alle specifiche previste nelle norme tecniche:

- effettuare i controlli in corso d’opera di propria competenza, ed eseguire tutte le prove prescritte avvalendosi del Laboratorio scelto dal RUP;
- segnalare tempestivamente al RUP tutte le “non conformità NC” ed anomalie riscontrate in fase di controllo;
- valutare caso per caso se interrompere le lavorazioni o consentire l’esecuzione di altre lavorazioni sulla stessa parte d’opera/impianto interessata dalla NC considerando in ogni caso che il proseguimento delle lavorazioni non deve pregiudicare le scelte delle modalità di risoluzione, né la possibilità d’attuazione della risoluzione proposta;
- valutare l’efficacia delle Azioni Correttive messe in atto a chiusura delle NC rilevate;
- presenziare le prove ed i collaudi effettuati da Enti ufficiali o dai sub- fornitori;
- eseguire direttamente ( o far eseguire da Ente di Certificazione accreditato) audit di parte seconda da programmare all’apertura del cantiere per accertare la corretta applicazione delle procedure di gestione e operative ;
- archiviare la documentazione di competenza;

All’archivio della documentazione prodotta per certificare il controllo sulla qualità e sul rispetto tempistica contrattuale, provvederà la Direzione Lavori che darà indicazioni al RQI circa la predisposizione di un quaderno qualità per ogni parte d’opera con i criteri nel seguito indicati.

#### **Art. 90 Programma qualità - criteri e modalità di redazione.**

Il Programma Qualità Generale dovrà essere esplicitato in modo tale da evidenziare i programmi di controllo per ciascuna tratta operativa (che dovrà essere presidiata da un Direttore Operativo) in cui l’Impresa aggiudicataria intende suddividere l’affidamento, ed i programmi di controlli e prove pertinenti le varie parti d’opera da realizzare.

Il Programma Qualità Generale dovrà essere correlato, anche sotto il profilo della codifica, con il programma temporale d’esecuzione contrattuale delle opere.

Il suddetto programma delle attività di controllo qualità, dovrà essere sviluppato per ciascuna parte d’opera- sulla base dell’applicazione delle norme tecniche contrattuali.

Sarà pianificato su scala temporale giornaliera con calendario solare.

Il programma Qualità di dettaglio dovrà chiaramente individuare le parti d'opera che lo costituiscono e per ciascuna parte d'opera dovrà evidenziare tipo ed estensione dei controlli da eseguire, propedeutici ed in corso d'opera, i responsabili degli stessi.

#### **Art. 91 Piani controllo qualità - criteri e modalità di redazione**

Per ciascuna parte d'opera, il Responsabile della qualità dell'impresa (RQI) dovrà sviluppare i Piani di Controllo Qualità (PCQ), inerenti alle singole lavorazioni che, dopo approvazione da parte della D.L. e RUP diverranno i PCQ contrattuali.

Per la gestione dei PCQ il RQI redigerà un'apposita procedura che definisce le modalità operative e le responsabilità nelle fasi redazione, compilazione, archiviazione degli stessi.

Tale procedura dovrà essere approvata dalla DL e dal RUP.

I PCQ dovranno essere redatti per ogni lavorazione specifica e dovranno rappresentare in forma organica e sequenziale tutti i controlli e le prove da eseguire, dovranno essere corredati di tutti i certificati e di tutte le schede di CQ pertinenti, ed essere in accordo con le prescrizioni contrattuali e di legge, in termini d'ispezioni, controlli e prove da eseguire.

Il PCQ dovrà essere redatto completo di tutti i controlli richiesti per l'accettazione anche per la fase d'approvvigionamento dei materiali che il Contraente Generale- impresa esecutrice dovrà acquistare. Dovranno essere oggetto di PCQ anche le attività propedeutiche all'esecuzione dei lavori quali, espropri e risoluzione delle interferenze ed ottenimento di eventuali permessi autorizzazioni .

Sulla base del programma settimanale la DL e RUP di campo indicherà al RQI in un'apposita riunione in cantiere, le proprie fasi vincolanti sulle lavorazioni in esecuzione; le stesse saranno riportate sui relativi PCQ.

Nel caso in cui RUP non si presenti, il rappresentante della Direzione Lavori, dopo aver contattato direttamente il RUP, ricevuta l'autorizzazione, potrà procedere ai controlli previsti e al proseguimento delle attività.

I Piani dei Controlli Qualità (PCQ) saranno costituiti da schede informatizzate che il responsabile qualità dell'impresa RQI dovrà elaborare e sottoporre all'approvazione della DL e RUP e che dovranno contenere almeno:

- codice identificativo strutturato secondo la procedura di codifica;
- codice categoria lavoro;
- identificazione della parte d'opera: denominazione, progressiva, quota, posizione;
- documenti di riferimento: progetto, capitolati, norme tecniche, specifiche tecniche, procedure operative, etc;
- descrizione delle fasi di controlli e prove;
- spazio per firme d'attestazione dei controlli per esecutore / DL / RUP;
- spazio per fasi vincolanti per RUP;
- spazio per eventuali note;
- firma d'approvazione del RUP;

#### **Art. 92 Quaderno qualità modalita' di redazione**

Per ciascuna parte d'opera, prima dell'avvio di qualsiasi attività realizzativa, di costruzione o montaggio, l'impresa, e per esso il Responsabile Qualità dell'impresa o Direttore di Cantiere designato, deve

- redigere, ad integrazione del programma temporale (crono programma) esecutivo di dettaglio dei lavori, da elaborare secondo la procedura di cui al CSA, il programma temporale delle attività di Controllo Qualità di dettaglio di propria competenza, ovviamente inquadrato nel programma temporale operativo delle opere e delle relative parti d'opera come risulta dal crono programma operativo contrattuale approvato e sue successive modifiche, approvate dal RUP.
- Impostare e redigere lo schema di quaderno qualità concernente le opere in oggetto.

Il quaderno di qualità dell'opera costituisce il documento di programmazione e di raccolta di tutta la documentazione relativa all'opera intesa come insieme di categorie- WBS.

Prima dell'inizio dell'attività relativa ad una data WBS il RQI redige il quaderno di qualità della stessa o della parte d'opera oggetto dei lavori che dovrà essere approvata dal DL e dal RUP.

Il quaderno di qualità dovrà riportare tutte le informazioni relative alla WBS ed almeno:

- Codifica del quaderno di qualità in relazione all'opera /parte d'opera cui si riferisce;
- Codice identificativo categoria- WBS;
- Progressive;

- Affidatario;
- Sub appaltatore,
- Verifica POS;
- Elaborati di riferimento;
- Controlli eventuali affidamenti in sub appalto,
- Controlli dell'avvenuta risoluzione delle interferenze;
- Controllo dell'avvenuta esecuzione della BOB;
- Elenco delle attività da eseguire con i relativi PCQ;
- Frequenza d'emissione PCQ per le singole attività;
- Responsabile dei controlli;
- Modalità d'esecuzione e/o riferimenti a procedure specifiche;
- Registrazione di PCQ emessi;
- Registrazione di non conformità emesse;

#### **Art. 93 Tipologia dei documenti di attestazione**

La documentazione che dovrà essere emessa durante le attività di controllo da parte del RQI :

- Piani di Controllo Qualità, che definiscono la sequenza qualitativa e temporale dei controlli cui deve essere soggetta ciascuna parte d'opera, le fasi vincolanti cui deve presenziare il rappresentante del RUP, oltre che il rappresentante della Direzione dei Lavori;
- verbali dei controlli di tipo visivo o effettuati con misurazioni effettuate in cantiere, a cura degli Ispettori di Cantiere della Direzione dei Lavori;
- certificati eventualmente emessi da laboratori dell'Impresa, ove previsti nel Piano di Controllo Qualità proposto dal RQI ed approvato dalla Direzione Lavori dal RUP;
- certificati di prove effettuati in laboratori ufficiali/autorizzati, scelti e/o di gradimento del RUP;

La suddetta documentazione - nella forma cartacea- dovrà essere raccolta dal RQI e trasmessa al Direttore Lavori in appositi quaderni qualità e sicurezza relativamente a ciascuna parte d'opera ed all'opera cui le parti d'opera si riferiscono.

La stessa documentazione dovrà essere trasferita dall'impresa su supporto informatico, secondo modalità che saranno concordate, e rese immediatamente fruibile alla DL e al RUP.

Tutta la documentazione di cui sopra dovrà possedere i seguenti requisiti:

- essere correlata in modo univoco alla parte d'opera della categoria-WBS cui si riferisce, individuando la documentazione progettuale (relazioni, disegni, norme generali e tecniche pertinenti) la localizzazione dei controlli e delle prove effettuate;
- essere redatta e firmata dal personale dell'Impresa responsabile dell'esecuzione e dal RQI, dal personale della Direzione dei lavori, individuato ed approvato dal D.L. in quanto in possesso dei requisiti di cui al Capitolato Speciale in funzione della specializzazione tecnica richiesta dalle prove, e dal RUP ciascuno per le proprie competenze.

#### **Art. 94 Gestione dei documenti di attestazione**

I documenti di cui all'articolo precedente costituiscono parte della documentazione tecnica necessaria per documentare il "come costruito" ("as built") e le attività di controllo qualità dell'impresa cui fa carico la produzione, gestione, controllo ed archivio.

A tal fine il responsabile qualità dell'impresa elaborerà ed emetterà, in seguito ad approvazione da parte della DL, una specifica procedura che identifichi e regoli la tipologia e la gestione della suddetta documentazione.

La procedura dovrà identificare almeno quanto segue:

- tipologia della documentazione permanente, patrimonio dell'impresa e la rispondenza della stessa agli obblighi assunti con il presente contratto;
- chi emette, approva, controlla e revisiona la suddetta documentazione nell'ambito dell'organizzazione dell'impresa;
- i rapporti di interfaccia tra le varie unità che utilizzano la suddetta documentazione;

- i rapporti di interfaccia con l'impresa;
- i rapporti d'interfaccia con D.L. e RUP;
- i criteri gestionali dei documenti contrattuali da archiviare, che dovranno rispondere a quanto stabilito in contratto e nelle presenti specifiche.

#### **Art. 95 Tempistica per l'aggiornamento dei Programmi Qualità e valutazione dei P.C.Q.**

Ai fini dell'esecuzione delle prove e dei controlli contrattuali, l'impresa dovrà fornire al Direttore dei Lavori, con riferimento al data base previsionale mensile, il programma d'esecuzione settimanale per le principali tipologie di lavoro (pali, movimenti di terra, calcestruzzi ecc) e il piano d'impegno dei mezzi principali distribuiti nel tempo congruente con lo svolgimento delle attività di realizzazione, suddivisi per lotto funzionale, per parti d'opera degli stessi e per lavorazioni relative a ciascuna parte d'opera. Tale programma dovrà essere costantemente aggiornato a livello settimanale o del caso giornaliero e trasmesso al Direttore dei Lavori al fine di consentire la programmazione dei controlli e delle prove di dettaglio, sulla base delle risultanze del/i giorno/i precedenti.

Sarà cura del Direttore Lavori inviare copia degli aggiornamenti proposti dall'impresa al RUP corredandoli a livello settimanale/mensile di una relazione che:

- metterà in relazione il programma d'avanzamento di dettaglio, con il Programma Operativo contrattuale, segnalando eventuali anomalie nel rispetto del crono programma contrattuale;
- metterà in relazione i risultati delle prove con gli standard qualitativi contrattuali, segnalando al RUP eventuali non conformità e le azioni correttive che l'impresa intende porre in atto.

In base alle informazioni ricevute dall'impresa entro le 18 di ciascun lunedì, in relazione al programma delle lavorazioni, per ciascuna parte d'opera di ciascuna categoria-WBS di tutte le tratte operative o di tutte le affidatarie il Direttore dei Lavori produrrà il programma dei controlli e delle prove.

Tale programma costituisce la base per la programmazione per il periodo successivo dei controlli da parte della struttura di Direzione Lavori e delle prove da parte del Laboratorio.

Ai fini dell'esecuzione dei controlli di tipo qualitativo il DL si avvarrà dell'ufficio di Direzione Lavori istituito dal RUP.

Ai fini dell'esecuzione delle prove - in situ ed in laboratorio - il DL si avvarrà d'apposito/i laboratorio/i ufficiale /i/autorizzati scelti dal RUP - Alta Sorveglianza, che emetterà/anno i relativi certificati in duplice copia per l'invio al RUP - Alta Sorveglianza ed al Direttore dei Lavori e su supporto informatico coerente con i requisiti che saranno comunicati dall'Ente Appaltante - Concedente.

Mensilmente sarà effettuato un contraddittorio tra Direttore dei lavori e Impresa, alla presenza del RUP, per confrontare lo standard qualitativo dei lavori eseguiti con lo standard qualitativo contrattuale. In tale occasione, ai fini del riscontro saranno evidenziate tutte le non conformità iscritte nel registro delle non conformità

Il riscontro di non conformità nella produzione rispetto agli standard qualitativi contrattuali, comporterà di considerare oggetto di procedura di non conformità tutte le opere realizzate con le stesse modalità nell'ambito del lotto funzionale o dell'intera opera. Sarà cura del Direttore Lavori determinare l'ambito del lotto funzionale o dell'opera da assoggettare al processo di non conformità.

Le non conformità dovranno essere classificate per tipologia. Dovranno inoltre essere analizzate le cause che determinano l'insorgere di non conformità della stessa tipologia e dovranno essere presi tutti gli accorgimenti, organicamente rappresentati in un piano d'azioni correttive, atte ad evitare il ripetersi delle stesse.

L'impresa è tenuto pertanto a presentare nel termine massimo di 15 gg., dalla data di verifica mensile, la nuova previsione con l'indicazione delle migliorie operative, d'attrezzature, mezzi d'opera e di tutte le azioni correttive ritenute necessarie per conseguire il recupero dello standard qualitativo, sia nelle opere già eseguite, sia in quelle da eseguire nel periodo successivo al fine di rispettare i requisiti qualitativi contrattuali.

## § VERICHE E CONTROLLI

Il Piano Verifiche e Controlli definisce il programma di tutte le verifiche necessarie ai fini di una corretta realizzazione dell'opera e delle sue parti.

Il Piano Verifiche e Controlli dovrà riguardare:

- La pianificazione dei lavori;
- L'indicazione dei subappaltatori;
- L'indicazione e la qualificazione dei principali fornitori;
- I controlli standard sulle lavorazioni;
- I controlli standard sui materiali in cantiere;
- I controlli speciali sui materiali e sui componenti;
- I controlli speciali sulle lavorazioni e sui materiali;
- I controlli delle certificazioni obbligatorie per materiali e macchine;
- I controlli speciali su opere e lavorazioni;
- I controlli sulle certificazioni richieste dal C.S.A.;
- Le non conformità.

Il Piano dovrà essere predisposto dall'Appaltatore e trasmesso al Direttore dei Lavori, unitamente al Programma di esecuzione dei lavori previsto dal Decreto 7 marzo 2018, n. 49, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori ed in ogni caso nel termine massimo di giorni cinque decorrenti dalla consegna degli stessi. La mancata presentazione dello stesso entro il suddetto termine comporterà l'applicazione di una penale, pari all'uno per mille dell'importo contrattuale, per ogni giorno di ritardo a partire dal giorno della consegna, da detrarre sul primo Stato di avanzamento dei lavori.

### Art. 96 **Controlli regolamentari sul conglomerato cementizio**

#### 96.1 *Resistenza caratteristica*

Agli effetti delle nuove norme tecniche emanate con **D.M. 17 gennaio 2018**, un calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione. Si definisce *resistenza caratteristica* la resistenza a compressione al di sotto della quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

#### 96.2 *Controlli di qualità del conglomerato*

Il controllo di qualità, così come descritto più avanti, consente di verificare nelle diverse fasi esecutive la produzione del conglomerato cementizio, garantendone, così, la conformità alle prescrizioni di progetto.

Il controllo deve articolarsi nelle seguenti fasi:- valutazione preliminare di qualificazione;- controllo di accettazione;- prove complementari.

Valutazione preliminare di qualificazione

Consiste nella verifica della qualità dei componenti il conglomerato cementizio (ovvero aggregati, cementi, acque e additivi) e si esplica attraverso il confezionamento di miscele sperimentali che permettono di accertare la possibilità di produrre conglomerati conformi alle prescrizioni di progetto (classe di resistenza e classe di consistenza conformi norma **UNI EN 206-1**).

Tutti i materiali forniti, se finalizzati all'esecuzione di elementi strutturali, devono essere forniti di un'attestazione di conformità di livello 2+. Tali controlli sono da considerarsi cogenti e inderogabili.

Controllo di accettazione

Si riferisce all'attività di controllo esercitata dalla direzione dei lavori durante l'esecuzione delle opere e si esplica attraverso la determinazione di parametri convenzionali, quali la misura della resistenza a compressione di provini cubici, la misura della lavorabilità mediante l'abbassamento al cono di Abrams del calcestruzzo fresco, ecc. Tali controlli sono da considerarsi cogenti e inderogabili.

Prove complementari

Comprendono tutta l'attività sperimentale che la direzione dei lavori può avviare in presenza di procedure particolari di produzione e/o ove necessario, a integrazione delle precedenti prove.

#### 96.3 *Valutazione preliminare della resistenza caratteristica*

L'appaltatore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve garantire, attraverso idonee prove preliminari, la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che verrà utilizzata per la costruzione dell'o-

pera. Tale garanzia si estende anche al calcestruzzo fornito da terzi.

L'appaltatore resta, comunque, responsabile della garanzia sulla qualità del conglomerato, che sarà controllata dal direttore dei lavori, secondo le procedure di cui al punto seguente.

#### 96.4 Controllo di accettazione

Il direttore dei lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera, per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si articola, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, nelle seguenti due tipologie:- controllo tipo A;- controllo tipo B.

Il controllo di accettazione è positivo e il quantitativo di calcestruzzo accettato, se risultano verificate le due disuguaglianze riportate nella tabella 124.1.

**Tabella 124.1. Controlli di accettazione**

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_I = R_{ck} - 3,5$	
$R_m = R_{ck} + 3,5$ (numero prelievi 3)	$R_m = R_{ck} + 1,4 s$ (numero prelievi = 15)
Dove: $R_m$ = resistenza media dei prelievi (N/mm <sup>2</sup> ); $R_i$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm <sup>2</sup> ); $s$ = scarto quadratico medio.	

Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

#### 96.5 Prelievo ed esecuzione della prova a compressione

##### 96.5.1 Prelievo di campioni

Il prelievo di campioni di calcestruzzo deve essere eseguito dalla direzione dei lavori, che deve provvedere a identificare i provini mediante sigle ed etichette e a custodirli in un locale idoneo prima della formatura e durante la stagionatura.

Un prelievo consiste nel prelevare da una carica di calcestruzzo, per ogni giorno di getto e per un massimo di 100 m<sup>3</sup> forniti, al momento della posa in opera nei casseri, la quantità di conglomerato necessaria per la confezione di un gruppo di due provini.

La campionatura minima per ciascun controllo di accettazione è di tre prelievi di due cubetti ciascuno.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la cosiddetta *resistenza di prelievo*, che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

È obbligo del direttore dei lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso.

##### 96.5.2 Dimensioni dei provini

La forma e le dimensioni dei provini di calcestruzzo per le prove di resistenza meccanica sono previste dalla norma **UNI EN 12390-3**. In generale, il lato dei cubetti deve essere proporzionato alla dimensione massima dell'inerte.

La norma **UNI EN 12390-1** indica, come dimensione del lato del provino, quella pari ad almeno tre volte la dimensione nominale dell'aggregato con cui è stato confezionato il calcestruzzo.

In generale, ora devono confezionarsi provini con le seguenti dimensioni nominali:

- cubetti di calcestruzzo: - lato  $b$  (cm) = 10-15-20-25 e 30;- tolleranza lunghezza lato:  $\pm 0,5\%$ .
- provini cilindrici:- diametro  $d$  (cm) = 10-11,30-15-20-25-30;- altezza pari a due volte il diametro;- tolleranza altezza cilindro:  $\pm 5\%$ ;- tolleranza perpendicolarità generatrice rispetto alla base del cilindro del provino:  $\pm 0,5$  mm.
- provini prismatici:- lato di base  $b$  (cm) = 10-15-20-25 e 30;- lunghezza maggiore o uguale a  $3,5 b$ ;- tolleranza lato di base:  $\pm 0,5\%$ ; - tolleranza perpendicolarità spigoli del provino:  $\pm 5$  mm.

La tolleranza sulla planarità dei provini è di  $\pm 0,000 \cdot 6 d (b)$ .

##### 96.5.3 Confezionamento dei provini

Il calcestruzzo entro le forme o cubiere deve essere opportunamente assestato e compattato per strati, secondo le prescrizioni della norma **UNI EN 12390-2**, utilizzando uno dei seguenti metodi:

- barra d'acciaio a sezione quadra (25 mm □ 25 mm) e lunghezza di almeno 38 cm;- barra di acciaio a sezione circolare con diametro 16 mm e lunghezza di almeno 60 cm;- tavola vibrante, con diametro in funzione della dimensione più piccola dell'inerte con cui è stato confezionato il calcestruzzo;- vibratore interno.

Il calcestruzzo, prima di essere collocato nelle casseforme, deve essere opportunamente rimiscelato in apposito recipiente. Il riempimento delle casseformi deve avvenire per strati. La norma **UNI EN 12390-2** indica almeno due strati con spessore non superiore a 10 cm.

Il calcestruzzo a consistenza umida o a basso tenore d'acqua, invece, dovrà essere vibrato nella cubiera mediante tavola vibrante o vibratore a immersione di dimensioni e caratteristiche rapportate alle dimensioni del provino.

Dopo la costipazione, la superficie di calcestruzzo nella parte superiore della casseforma deve essere rasata con righello metallico e lisciata con idonea cazzuola o con fratazzo. La superficie esterna del provino deve essere opportunamente protetta, dall'evaporazione fino alla sformatura.

La sformatura, che consiste nella rimozione delle casseforme, potrà essere eseguita dopo 24 ore dalla preparazione e in maniera da non danneggiare il provino.

#### 96.5.4 Caratteristiche delle casseformi calibrate per provini

Le casseformi calibrate per il confezionamento dei provini di calcestruzzo cubici, cilindrici e prismatici, secondo la norma **UNI EN 12390-1**, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

Preferibilmente devono impiegarsi casseforme in acciaio o in ghisa e le giunture devono essere trattate con specifici prodotti (oli, grasso, ecc.) per assicurare la perfetta tenuta stagna.

Sulle dimensioni (lati e diametro) è ammessa una tolleranza dello  $\pm 0,25\%$ . Le tolleranze sulla planarità delle facce laterali e della superficie della piastra di base variano a seconda che si tratti di casseforme nuove o usate. Per le casseforme per provini cubici o prismatici è ammessa una tolleranza sulla perpendicolarità tra gli spigoli di  $\pm 0,5$  mm. Le modalità di misurazione delle tolleranze geometriche (planarità, perpendicolarità e rettilineità) e dei provini di calcestruzzo e delle casseforme sono illustrate nell'appendice A e B della norma **UNI EN 12390-1**.

Le caratteristiche costruttive delle casseformi devono essere idonee a prevenire eventuali deformazioni durante il confezionamento dei provini. Le casseformi in commercio sono realizzate in:

- materiale composito (di tipo compatto o scomponibile nel fondo e nelle quattro pareti laterali);
- polistirolo espanso (la sformatura del provino da tali casseforme ne comporta la distruzione);
- acciaio (scomponibili e dotate di separatori a incastro nel caso di casseforme a più posti).

L'impiego di tali prodotti verrà autorizzato dal direttore dei lavori solo in presenza del certificato di qualità attestante che i requisiti prestazionali corrispondano a quelli previsti dalla norma **UNI EN 12390-1**.

#### 96.5.5 Marcatura dei provini

Il direttore dei lavori deve contrassegnare i provini di calcestruzzo mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. Tali dati devono essere annotati nel verbale di prelievo ai fini dell'individuazione dei campioni e per avere la conferma che essi siano effettivamente quelli prelevati in cantiere in contraddittorio con l'appaltatore.

Dopo la marcatura, i provini devono essere inviati per l'esecuzione delle prove ai laboratori ufficiali. Il certificato di prova dovrà contenere tutti i dati dichiarati dal direttore dei lavori, compreso il riferimento al verbale di prelievo.

#### 96.5.6 Verbale di prelievo di campioni di calcestruzzo in cantiere

Il verbale di prelievo dei cubetti di calcestruzzo, che deve essere eseguito in cantiere dal direttore dei lavori in contraddittorio con l'impresa per l'esecuzione di prove presso laboratori ufficiali, deve contenere le seguenti indicazioni:

- località e denominazione del cantiere;- requisiti di progetto del calcestruzzo;- modalità di posa in opera;- identificazione della betoniera;- data e ora del prelievamento;- posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo;- marcatura dei provini;- modalità di compattazione nelle casseforme (barra d'acciaio a sezione quadra o a sezione circolare e relativo numero dei colpi necessari per l'assestamento, tavola vibrante, vibratore interno);- modalità di conservazione dei provini prima della scasseratura;- modalità di conservazione dei provini dopo la scasseratura;- dichiarazione, del direttore dei lavori o dell'assistente, delle modalità di preparazione dei provini, in conformità alle prescrizioni della norma **UNI EN 12390-2**;- eventuali osservazioni sulla preparazione e sulla conservazione dei provini di calcestruzzo.

Il verbale di prelievo deve essere firmato dal direttore dei lavori e da un rappresentante qualificato dell'impresa esecutrice.

#### 96.5.7 Domanda di prova al laboratorio ufficiale

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal direttore dei lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

#### 96.5.8 Conservazione e maturazione

La conservazione e la maturazione dei provini di calcestruzzo devono avvenire presso il laboratorio ufficiale prescelto, a cui devono essere inviati i provini non prima di 24 ore dopo il confezionamento in cantiere.

Le diverse condizioni di stagionatura rispetto a quelle prescritte dalla norma **UNI EN 12390-2** devono essere opportunamente annotate sul verbale.

I provini di calcestruzzo devono essere prelevati dall'ambiente di stagionatura almeno 2 ore prima dell'inizio della prova. I provini durante il trasporto devono essere opportunamente protetti da danni o essiccamenti. In alcuni particolari casi come nelle prove a 3 e 7 giorni o minori, è necessario l'imballaggio dei provini in segatura o sabbia umida.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la *resistenza di prelievo*, che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

#### 96.5.9 Resoconto della prova di compressione

I certificati emessi dai laboratori ufficiali prove, come previsto dalle norme tecniche, devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;- un'identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;- l'identificazione del committente i lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova e il riferimento al verbale di prova;- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare; - la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;- le modalità di rottura dei campioni;- la massa volumica del campione;- i valori di resistenza misurati.

### Art. 97 Controlli sul calcestruzzo fresco

#### 97.1 Prove per la misura della consistenza

La consistenza, intesa come lavorabilità, non è suscettibile di definizione quantitativa, ma soltanto di valutazione relativa del comportamento dell'impasto di calcestruzzo fresco secondo specifiche modalità di prova.

I metodi sottoelencati non risultano pienamente convergenti, tanto che le proprietà del calcestruzzo risultano diverse al variare del metodo impiegato. In sostanza, il tipo di metodo andrà riferito al tipo di opera strutturale e alle condizioni di getto. Il metodo maggiormente impiegato nella pratica è quello della misura dell'abbassamento al cono.

Le prove che possono essere eseguite sul calcestruzzo fresco per la misura della consistenza sono:

- prova di abbassamento al cono (slump test);- misura dell'indice di compattabilità;- prova Vebè;- misura dello spandimento.

La norma **UNI EN 206-1** raccomanda di interpretare con cautela i risultati delle misure quando i valori misurati cadono al di fuori dei seguenti limiti:

- abbassamento al cono:  $\geq 10$  mm e  $\leq 210$  mm;- tempo Vebè:  $\leq 30$  secondi e  $> 5$  secondi;- indice di compattabilità:  $\geq 1,04$  e  $< 1,46$ ;- spandimento:  $> 340$  mm e  $\leq 620$  mm.

**Tabella 125.1. Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante la misura dell'abbassamento al cono (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996*)**

Classe di consistenza	Abbassamento (mm)	Denominazione corrente
S1	Da 10 a 40	Umida
S2	Da 50 a 90	Plastica
S3	Da 100 a 150	Semifluida
S4	Da 160 a 210	Fluida
S5	$> 210$	-

**Tabella 125.2. Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante il metodo Vebè (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996*)**

Classe di consistenza	Tempo Vebè (s)
V0	$\leq 31$
V1	Da 30 a 21

V2	Da 20 a 11
V3	Da 10 a 6
V4	Da 5 a 3

**Tabella 125.3. Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante la misura dello spandimento (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996*)**

Classe di consistenza	Spandimento (mm)
FB1	<= 340
FB2	Da 350 a 410
FB3	Da 420 a 480
FB4	Da 490 a 550
FB5	Da 560 a 620
FB6	>= 630

**Tabella 125.4. Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante dell'indice di compattabilità (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale, 1996*)**

Classe di consistenza	Indice di compattabilità
C0	□ 1,46
C1	Da 1,45 a 1,26
C2	Da 1,25 a 1,11
C3	Da 1,10 a 1,04

#### 97.2 Controllo della composizione del calcestruzzo fresco

La prova prevista dalla norma **UNI 6393** (ritirata senza sostituzione) è impiegata per la determinazione del dosaggio dell'acqua e del legante e per l'analisi granulometrica del residuo secco, al fine di controllare la composizione del calcestruzzo fresco rispetto alla composizione e alle caratteristiche contrattuali per le specifiche opere.

La prova potrà essere chiesta dal direttore dei lavori in caso di resistenza a compressione non soddisfacente o per verificare la composizione del calcestruzzo rispetto alle prescrizioni contrattuali.

Il metodo non è applicabile per i calcestruzzi nei quali la dimensione massima dell'aggregato superi 31,5 mm e per il calcestruzzo indurito prelevato da getti in opera.

Per l'esecuzione della prova dovranno essere prelevati tre campioni di quantità variabile da 3 a 10 kg di calcestruzzo fresco, in funzione della dimensione dell'inerte. Il prelevamento dei campioni da autobetoniera deve essere eseguito entro 30 minuti dall'introduzione dell'acqua. Il campionamento deve essere eseguito secondo le modalità prescritte da norma **UNI EN 12350-1**.

Al metodo di controllo della composizione del calcestruzzo fresco è attribuita una precisione di circa il 3%.

#### 97.3 Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (Bleeding)

La determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (**UNI 7122**) ha lo scopo di determinare nel tempo la percentuale d'acqua d'impasto presente nel campione (oppure come volume d'acqua essudata per unità di superficie:

$\text{cm}^3/\text{cm}^2$ ) che affiora progressivamente sulla superficie del getto di calcestruzzo subito dopo la sua compattazione.

La prova non è attendibile per calcestruzzo confezionato con aggregato con dimensione massima maggiore di 40 mm.

L'esecuzione di opere di finitura e lisciatura delle superfici di calcestruzzo devono essere eseguite dopo i risultati della determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.

### Art. 98 Controlli sul calcestruzzo in corso d'opera

#### 98.1 Le finalità

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni (**D.M. 17 gennaio 2018**) prevedono esplicitamente (paragrafo 11.2.5) l'effettuazione di un controllo di accettazione del calcestruzzo in relazione alla resistenza caratteristica a compressione prescritta. Qualora i valori di resistenza a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di

accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto o qualora sorgano dubbi sulla qualità del calcestruzzo, è facoltà del direttore dei lavori richiedere l'effettuazione di prove direttamente sulle strutture. In questi casi, si dovrà tenere nel debito conto gli effetti che sui prelievi in opera hanno avuto la posa in opera e la stagionatura del calcestruzzo. Per tale ragione, la verifica o il prelievo del calcestruzzo indurito non possono essere sostitutivi dei controlli d'accettazione da eseguirsi su provini prelevati e stagionati in conformità alle relative norme uni.

La conformità della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera. Analogamente, la non conformità della resistenza valutata in una posizione non implica la non conformità di tutto il calcestruzzo messo in opera.

La stima della resistenza *in situ* dalla struttura può essere richiesta anche ai fini della valutazione della sicurezza di edifici esistenti, per esempio quando ricorra uno dei seguenti casi:

- riduzione evidente della capacità resistente di elementi strutturali;
- azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura) che abbiano compromesso la capacità resistente della struttura;
- degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali (in relazione alla durabilità dei materiali stessi);
- verificarsi di azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) significative e di situazioni di funzionamento e uso anomalo;
- distorsioni significative imposte da deformazioni del terreno di fondazione;
- provati errori di progetto o esecuzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili;
- interventi non dichiaratamente strutturali (impiantistici, di redistribuzione degli spazi, ecc.) qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale.

Le modalità d'indagine, ovviamente, vanno diversificate a seconda che sia necessario:

- stimare la stabilità di un'intera struttura;- determinare la qualità di singoli elementi.

In ogni caso, il numero di campioni prelevati dipende:

- dal grado di fiducia che si intende affidare alla stima della resistenza;- dalla variabilità dei dati o risultati che si presume di ottenere.

#### 98.2 Pianificazione delle prove in opera

Le regioni di prova, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove sul calcestruzzo in opera, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine secondo i criteri previsti dalla **UNI EN 13791**.

Le aree e i punti di prova devono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi. La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati. La definizione e la divisione in regioni di prova di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente a una medesima popolazione di calcestruzzo.

Nella scelta delle aree di prova si deve tener conto che, in ogni elemento strutturale eseguito con getto continuo, la resistenza del calcestruzzo in opera diminuisce progressivamente dal basso verso l'alto. Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate dell'edificio. Nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, invece, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto. In quest'ultimo caso, per poter effettuare un confronto, è opportuno saggiare anche una zona non danneggiata.

#### 98.3 Predisposizione delle aree di prova

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme UNI e alle indicazioni del produttore dello strumento di prova.

In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive di evidenti difetti che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse (vespai, vuoti, occlusioni, ecc.), di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ecc.), nonché di polvere e impurità in genere.

L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova possono essere localizzati in modo puntuale, per valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

In quest'ultimo caso, il campionamento dovrebbe essere organizzato in modo da stimare tutta la popolazione del calcestruzzo costituente il lotto.

Dal numero di carote estratte o di misure non distruttive effettuate dipende la significatività della stima della resistenza.

La tabella 126.1 riporta, in maniera sintetica e a scopo esemplificativo, i vantaggi e gli svantaggi dei metodi d'indagine più comuni.

**Tabella 126.1. Vantaggi e svantaggi dei metodi di indagine più comuni**

Metodo di prova	Costo	Velocità di esecuzione	Danno apportato alla struttura	Rappresentatività dei dati ottenuti	Qualità della correlazione fra la grandezza misurata e la resistenza
Carotaggio	Elevato	Lenta	Moderato	Moderata	Ottima
Indice di rimbalzo	Molto basso	Veloce	Nessuno	Interessa solo la superficie <sup>1</sup>	Debole
Velocità di propagazione di ultrasuoni	Basso	Veloce	Nessuno	Buona (riguarda tutto lo spessore)	Moderata <sup>2</sup>
Estrazione di inserti	Moderato	Veloce	Limitato	Interessa solo la superficie	Buona
Resistenza alla penetrazione	Moderato	Veloce	Limitato	Interessa solo la superficie	Moderata

<sup>1</sup> La singola determinazione è influenzata anche dallo stato della superficie dell'area di prova (umidità, carbonatazione, etc.).  
<sup>2</sup> La misura si correla bene con il modulo elastico del materiale. La bontà della correlazione tra modulo elastico e resistenza meccanica può dipendere dalle caratteristiche del conglomerato.

I metodi più semplici e che arrecano il minor danno alle superfici delle strutture, quali l'indice di rimbalzo e la velocità di propagazione, richiedono, per la predizione della resistenza, calibrazioni complesse. L'indagine mediante carotaggio, invece, non richiede (quasi) correlazione per l'interpretazione dei dati ma, per contro, provoca un danno elevato e risulta lenta e costosa. Il carotaggio è, comunque, il metodo di riferimento per la calibrazione (taratura) di tutti i metodi non distruttivi o parzialmente distruttivi. Nella scelta della metodologia si deve tener conto delle specifiche capacità e caratteristiche.

L'indice di rimbalzo permette di valutare le caratteristiche anche dopo breve periodo di maturazione, ma il risultato riguarda solo la superficie esterna.

La velocità di propagazione, generalmente, operando per trasparenza, richiede l'accessibilità di due superfici opposte e fornisce indicazioni sulla qualità del conglomerato all'interno della struttura.

La misura della resistenza alla penetrazione e della forza di estrazione caratterizzano la superficie esterna (più in profondità dell'indice di rimbalzo). La prima è più idonea a saggiare elementi di grosse dimensioni, la seconda è più adatta anche per elementi di ridotte dimensioni. La numerosità dei punti di prova è un compromesso tra accuratezza desiderata, tempo d'esecuzione, costo e danno apportato alla struttura.

A titolo esemplificativo, la tabella 126.2 riporta alcune indicazioni circa i valori tipici di riferimento per la variabilità e i limiti di confidenza nella stima della resistenza ottenibili con diversi metodi di prova. La stessa tabella riporta un'indicazione di massima riguardante il numero minimo di prove da effettuare in una specifica area di prova.

**Tabella 126.2. Valori tipici di riferimento per la variabilità e i limiti di confidenza nella stima della resistenza ottenibili con diversi metodi di prova**

Metodo di prova	Coefficiente di variazione dei valori ottenuti su un elemento strutturale di buona qualità (%)	Limiti di confidenza ( $\pm$ %) al 95% nella stima della resistenza	Numero di prove o di campioni relativo ad un'area di prova
Carotaggio	10	10	3
Indice di rimbalzo	4	25	12
Velocità di propagazione	2,5	20	1

Resistenza alla penetrazione	4	20	3
Forza d'estrazione	15	15	9

#### 98.4 Elaborazione dei risultati

Un'indagine mirata alla stima della resistenza in opera comporta genericamente l'esame di risultati provenienti da prove di resistenza meccanica su carote e/o di dati ottenuti da metodi non distruttivi. Se la numerosità (complessiva) dei risultati relativi a un'area di prova è pari a tre, numero minimo accettabile, si può stimare solamente la resistenza media.

Si ribadisce che per stimare la resistenza caratteristica del calcestruzzo in opera bisogna fare riferimento al procedimento previsto dalla norma **UNI EN 13791**, paragrafi 7.3.2 e 7.3.3, nel caso di utilizzo di metodo diretto (carotaggio), o paragrafo 8.2.4, nel caso di utilizzo di metodo indiretto.

#### 98.5 Carotaggio

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo *in situ* può essere formulata sulla scorta dei risultati ottenuti in laboratorio da prove di compressione eseguite su campioni cilindrici (carote) prelevati dalle strutture in numero non inferiore a tre. L'ubicazione dei prelievi o carotaggi deve essere effettuata in maniera da non arrecare danno alla stabilità della struttura. I fori devono essere ripristinati con malte espansive e a ritiro compensato.

Il carotaggio può risultare improprio per verificare le caratteristiche di calcestruzzi di bassa resistenza ( $R_c = 20 \text{ N/mm}^2$ ) o alle brevi scadenze, poiché sia il carotaggio sia la lavorazione delle superfici possono sgretolare e compromettere l'integrità del conglomerato di resistenza ridotta.

Ai fini della determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo *in situ* è necessario applicare i necessari fattori di correzione poiché i risultati forniti dalla prova a compressione delle carote non corrispondono esattamente a quelli che si otterrebbero con le prove a compressione condotte su cubi confezionati durante il getto, a causa della diversità dell'ambiente di maturazione, della direzione del getto rispetto a quella di carotaggio, dei danni prodotti dall'estrazione, ecc. I fattori di influenza sono quelli descritti dall'allegato A alla norma **UNI EN 13791**.

##### 98.5.1 Linee generali

Si devono prendere in considerazione le seguenti avvertenze:

- il diametro delle carote deve essere almeno superiore a tre volte il diametro massimo degli aggregati (i diametri consigliati sono compresi tra 75 e 150 mm);
- le carote destinate alla valutazione della resistenza non dovrebbero contenere ferri d'armatura (si devono scartare i provini contenenti barre d'armatura inclinate o parallele all'asse);
- per ottenere la stima attendibile della resistenza di un'area di prova devono essere prelevate e provate almeno tre carote;
- il rapporto lunghezza/diametro delle carote deve essere uguale a 1 e diametro = 100 mm. Si deve evitare che i provini abbiano snellezza inferiore a uno o superiore a due;
- i campioni estratti (e i provini) devono essere protetti nelle fasi di lavorazione e di deposito rispetto all'essiccazione all'aria. Salvo diversa prescrizione, le prove di compressione devono essere eseguite su provini umidi;
- nel programmare l'estrazione dei campioni si deve tener conto che la resistenza del calcestruzzo dipende dalla posizione o giacitura del getto;
- è necessario verificare accuratamente, prima di sottoporre i campioni alla prova di compressione, la planarità e l'ortogonalità delle superfici d'appoggio. La lavorazione o la preparazione inadeguata dei provini porta, infatti, a risultati erronei. Il semplice taglio e la molatura delle superfici di prova possono non soddisfare i requisiti di parallelismo e planarità richiesti dalle norme.

##### 98.5.2 Area di prova o di prelievo

Le carote devono essere prelevate nell'individuata regione di prova e in particolare in corrispondenza degli elementi strutturali nei quali è stato posto in opera il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione o laddove il direttore dei lavori ritiene che ci sia un problema di scadente o inefficace compattazione e maturazione dei getti.

Nell'individuazione delle aree di carotaggio dovranno essere rispettati i seguenti accorgimenti e quelli indicati dalla **UNI EN 12504-1**:

- devono essere lontane dagli spigoli e dai giunti in cui è presente poca o nessuna armatura;
- devono riguardare zone a bassa densità d'armatura (prima di eseguire i carotaggi sarà opportuno stabilire l'esatta disposizione delle armature mediante apposite metodologie d'indagine non distruttive);
- devono essere lontane dalle parti sommitali dei getti;
- devono essere evitati i nodi strutturali.

L'estrazione dei provini di calcestruzzo indurito deve avvenire almeno dopo 28 giorni di stagionatura.

In occasione dell'estrazione dovranno essere scartati tutti quei provini danneggiati o che contengano corpi estranei e parti di armature che potrebbero pregiudicare il risultato finale.

#### 98.5.3 Norme di riferimento

Le procedure per l'estrazione, la lavorazione dei campioni estratti per ottenere i provini e le relative modalità di prova a compressione sono quelle descritte nelle norme:

**UNI EN 12504-1** – *Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture. Carote. Prelievo, esame e prova di compressione;*

**UNI EN 12390-1** – *Prova sul calcestruzzo indurito. Forma, dimensioni e altri requisiti per provini e per casseforme;*

**UNI EN 12390-2** – *Prova sul calcestruzzo indurito. Confezionamento e stagionatura dei provini per prove di resistenza;*

**UNI EN 12390-3** – *Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza alla compressione dei provini;*

**UNI EN 13791** - *Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo.*

#### 98.5.4 Verbale di prelevamento dei campioni di calcestruzzo indurito

Il verbale di prelievo dei campioni di calcestruzzo indurito, redatto secondo la **UNI EN 12504-1**, deve contenere almeno le seguenti indicazioni:

- località e denominazione del cantiere; - posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo; - forma e dimensione dei provini; - numero e sigla di ciascun campione; - data del getto; - data del prelievo delle carote; - modalità di estrazione e utensile impiegato.

### 98.6 Metodi indiretti per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera

Come metodi indiretti devono essere presi in considerazione i metodi più consolidati nella pratica dei controlli non distruttivi: indice di rimbalzo, pull-out e misura della velocità di propagazione.

I metodi indiretti (indice di rimbalzo, velocità di propagazione degli impulsi e forza di estrazione) dovranno rispettare le linee guida della stessa **UNI EN 13791** mediante la correlazione tra i risultati dei metodi di prova indiretti e la resistenza a compressione su carote prelevate dalla struttura in esame. Il carotaggio è il metodo di riferimento per la calibrazione (taratura) di tutti i metodi non distruttivi o parzialmente distruttivi.

La legge di correlazione deve essere determinata utilizzando un adeguato numero di campioni, ottenuti mediante carotaggio dalla struttura in esame e sottoposti a indagine non distruttiva prima della loro rottura.

Il direttore dei lavori deve condurre una preliminare campagna di analisi con metodi indiretti al fine di programmare le posizioni di prelievo delle carote, anche sulla base del grado di omogeneità del volume di calcestruzzo in esame ed eventualmente di suddividere l'area in esame in lotti entro i quali sia possibile definire statisticamente l'omogeneità del calcestruzzo.

I fattori di influenza dei risultati dei metodi indiretti sono quelli descritti dall'allegato B alla norma **UNI EN 13791**.

#### 98.6.1 Calibratura delle curve di correlazione tra risultati di prove non distruttive e la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera

La stima della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera, mediante metodi non distruttivi, si deve basare sull'impiego di correlazioni tra il parametro non distruttivo proprio del metodo impiegato e la resistenza a compressione del calcestruzzo in esame mediante prove su carote come prescritto dalla norma **UNI EN 13791**. I metodi indiretti, dopo la calibrazione mediante prove su carote, possono essere impiegati:

- singolarmente; - in combinazione con altri metodi indiretti; - in combinazione con altri metodi indiretti e diretti (carote).

Le curve di correlazione fornite a corredo delle apparecchiature di prova non risultano, nella generalità dei casi, del tutto adeguate, poiché il loro sviluppo è basato sull'uso di determinati tipi di calcestruzzo e su prefissate condizioni di prova. L'andamento della legge di correlazione può essere assunto predefinito per ciascun metodo di indagine, a meno di costanti che possono essere determinate utilizzando un campione di carote di adeguata numerosità, sottoposte a indagine non distruttiva prima della loro rottura. È, perciò, essenziale predisporre tavole di calibrazione per il tipo specifico di calcestruzzo da sottoporre a prova, utilizzando i risultati delle prove su carote portate a rottura dopo l'esecuzione sulle stesse di prove indirette oltre a quelle eseguite in opera nello stesso punto di estrazione della carota stessa.

È opportuno che le carote utilizzate per la calibrazione siano non meno di tre. I valori numerici delle costanti che precisano l'andamento delle leggi di correlazione possono essere ottenuti applicando tecniche di minimizzazione degli errori.

#### 98.6.2 Determinazione di altre proprietà del calcestruzzo in opera: dimensioni e posizione delle armature e stima dello spessore del copriferro

La misurazione dello spessore del copriferro delle armature e l'individuazione delle barre di armatura può essere effettuata utilizzando dispositivi denominati *misuratori di ricoprimento* o *pacometri*.

## 98.7 Stima della resistenza del calcestruzzo in opera

La resistenza dei provini estratti per carotaggio generalmente è inferiore a quella dei provini prelevati e preparati nel corso della messa in opera del calcestruzzo e stagionati in condizioni standard.

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni hanno quantificato l'entità di tale differenza, riconducibile alle caratteristiche del materiale, alle modalità di posa in opera, di stagionatura e di esposizione, ritenendo accettabile un calcestruzzo il cui valore medio di resistenza a compressione ( $R_{opera,m}$ ), determinato con tecniche opportune (carotaggi e/o controlli non distruttivi), sia almeno superiore all'85% del valore medio della resistenza di progetto  $R_{progetto,cm}$ :

$$R_{opera,m} \geq 0,85 R_{progetto,cm} \quad \text{N/mm}^2$$

Alla necessità di effettuare correttamente la stima delle condizioni al contorno, caratteristiche di ciascuna opera, e di garantire adeguatamente la normalizzazione delle procedure di prova, indispensabili per la riproducibilità e la ripetibilità dei risultati sperimentali, si aggiunge l'esigenza di definire correttamente il valore, indicato dalle Norme tecniche, da assumere per la resistenza media di progetto  $R_{progetto,cm}$ .

Il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera deve essere eseguito in conformità alla norma **UNI EN 13791**, che stabilisce il passaggio dalla resistenza caratteristica cubica di progetto  $R_{ck}$  alla resistenza caratteristica cilindrica di progetto  $f_{ck}$ , con la seguente relazione:

$$f_{ck} \geq 0,85 R_{ck} \quad \text{N/mm}^2$$

Al punto 6, tabella 1, della stessa norma, sono riportati per ciascuna classe di resistenza i valori caratteristici minimi accettabili. La  $R_{opera,ck}$  deve essere determinata secondo il punto 7 della stessa norma **UNI EN 13791** che prevede un controllo di tipo statistico nel caso che la numerosità dei prelievi sia maggiore di 15 (Approccio A, p. 7.3.2) e un controllo alternativo nel caso di una minore numerosità dei prelievi (Approccio B, p. 7.3.3.); in sintesi si dovrà confrontare:

$$R_{opera,ck} \geq 0,85 R_{progetto,ck} \quad \text{N/mm}^2$$

Il rapporto di valutazione della resistenza calcestruzzo in opera deve essere conforme al punto 10 della norma **UNI EN 13791**.

### 98.7.1 La non conformità dei controlli d'accettazione

Le indagini per la valutazione del calcestruzzo in opera, in caso di non conformità dei controlli d'accettazione dovranno rispettare i criteri previsti dal paragrafo 9 della norma **UNI EN 13791**:

1) In una regione di prova comprendente diversi lotti di calcestruzzo con 15 o più risultati di prove su carote, se:

$$f_{opera,m} \geq 0,85 (f_{progetto,ck} + 1,48 s)$$

e

$$f_{opera,min} \geq 0,85 (f_{progetto,ck} - 4)$$

dove

$f_{progetto,ck}$  = resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo prevista in progetto

$f_{opera,m}$  = valore medio delle resistenza a compressione delle carote

$f_{opera,min}$  = valore minimo di resistenza a compressione delle carote

$s$  = scarto quadratico medio dei risultati sperimentali. Se il valore di  $s$  è minore di  $2,00 \text{ N/mm}^2$  si assume pari a  $2,00 \text{ N/mm}^2$ .

Il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di resistenza sufficiente e conforme alla en 206-1.

2) In alternativa, previo accordo tra le parti, qualora fossero disponibili 15 o più risultati di prove indirette e i risultati di almeno 2 carote prelevate da elementi strutturali, per i quali i risultati sui campioni convenzionali avevano fornito valori di resistenza più bassi, se:

$$f_{opera,min} \geq 0,85 (f_{progetto,ck} - 4)$$

il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di adeguata resistenza.

3) In una piccola regione di prova contenente pochi lotti di calcestruzzo, al limite uno, il direttore dei lavori deve ricorrere all'esperienza per selezionare l'ubicazione dei 2 punti di prelievo delle carote e se:

$$f_{opera,min} \geq 0,85 (f_{progetto,ck} - 4)$$

il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di adeguata resistenza.

Se la regione di prova è ritenuta contenente calcestruzzo di resistenza adeguata, è conforme anche la popolazione calcestruzzo al quale è riferito il controllo.

## Art. 99 Consolidamenti di edifici in cemento armato

### 99.1 Incamiciatura in cemento armato

Le camicie in cemento armato possono essere applicate a pilastri o a pareti per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della capacità portante verticale;- aumento della resistenza a flessione e/o taglio;- aumento della capacità deformativa;- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.

Lo spessore delle camicie deve essere tale da consentire il posizionamento di armature longitudinali e trasversali con un copriferro adeguato.

Nel caso che la camicia non avvolga completamente l'elemento, è necessario mettere a nudo le armature nelle facce non incamiciate e collegare a queste ultime le armature delle facce incamiciate.

Se le camicie servono ad aumentare la resistenza flessionale, le barre longitudinali devono attraversare il solaio in apposite forature continue ed essere ancorate con adeguata staffatura alle estremità del pilastro inferiore e superiore.

Se le camicie servono solo per aumentare la resistenza a taglio e la deformabilità o anche a migliorare l'efficienza delle giunzioni, esse devono fermarsi a circa 10 mm dal solaio.

Ai fini della valutazione della resistenza e della deformabilità di elementi incamiciati, sono accettabili le seguenti ipotesi semplificative:

- l'elemento incamiciato si comporta monoliticamente, con piena aderenza tra il calcestruzzo vecchio e il nuovo;
- si trascura il fatto che il carico assiale è applicato alla sola porzione preesistente dell'elemento e si considera che esso agisca sull'intera sezione incamiciata;
- le proprietà meccaniche del calcestruzzo della camicia si considerano estese all'intera sezione.

### 99.2 Incamiciatura in acciaio

Le camicie in acciaio possono essere applicate principalmente a pilastri o a pareti per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della resistenza a taglio;- aumento della capacità deformativa;- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione;- aumento della capacità portante verticale (effetto del confinamento).

Le camicie in acciaio applicate a pilastri rettangolari sono generalmente costituite da quattro profili angolari sui quali vengono saldate piastre continue in acciaio o bande di dimensioni e interasse adeguati oppure vengono avvolti nastri in acciaio opportunamente dimensionati. I profili angolari possono essere fissati con resine epossidiche o semplicemente resi aderenti al calcestruzzo esistente. Le bande possono essere preriscaldate prima della saldatura e i nastri pre-sollecitati, in modo da fornire successivamente una pressione di confinamento.

#### 99.2.1 Miglioramento della giunzioni per aderenza

Le camicie in acciaio possono fornire un'efficace azione di serraggio nelle zone di giunzione per aderenza. Per ottenere questo risultato occorre che:

- la camicia si prolunghi per una lunghezza pari almeno al 50% della lunghezza della zona di sovrapposizione;
- nella zona di sovrapposizione la camicia è mantenuta aderente in pressione contro le facce dell'elemento mediante almeno due file di bulloni ad alta resistenza;
- nel caso in cui la sovrapposizione sia alla base del pilastro, le file di bulloni devono venire disposte una alla sommità della zona di sovrapposizione e l'altra a un terzo dell'altezza di tale zona misurata a partire dalla base.

### 99.3 Placcatura e fasciatura in materiali fibrorinforzati (frp)

L'uso del frp nel rinforzo sismico di elementi in cemento armato è finalizzato agli obiettivi seguenti:

- aumento della resistenza a taglio di pilastri e pareti mediante applicazione di fasce di frp con le fibre disposte secondo la direzione delle staffe;
- aumento della duttilità e/o della resistenza nelle parti terminali di travi e pilastri mediante fasciatura con frp con fibre continue disposte lungo il perimetro;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione, sempre mediante fasciatura con frp con fibre continue disposte lungo il perimetro.

Ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rafforzati con frp si possono adottare le istruzioni cnr-dt 200/04.

#### 99.4 *Iniezioni con miscele leganti*

Le iniezioni sotto pressione di materiali (miscele cementizie e di resine) di opportuno modulo elastico e con spiccate proprietà di aderenza al calcestruzzo e all'acciaio possono essere usate soltanto per la risarcitura di lesioni la cui apertura non superi i 3-4 mm.

L'impiego di resine migliora la resistenza sia a compressione sia a trazione. Il materiale si presta bene a essere usato per iniezioni, anche mescolato con inerti fini. In funzione di molti fattori, fra cui anche il tipo di inerti, si ottengono moduli elastici molto variabili (da 20.000 kg/cm<sup>2</sup> a valori simili a quelli del calcestruzzo ordinario).

Le caratteristiche finali delle miscele dipendono sensibilmente, tra l'altro, dalle condizioni ambientali (temperature e umidità) nelle quali avviene la loro maturazione. Pertanto, è raccomandabile che lo studio delle modalità di preparazione tenga conto delle effettive condizioni ambientali prevedibili e che si provveda, in sede di esecuzione, al controllo delle condizioni stesse, eventualmente con misurazioni della temperatura e dell'umidità.

Le risarciture di lesioni localizzate di piccola entità possono essere effettuate con miscele prevalentemente di resine con viscosità e pressioni dipendenti dalle ampiezze delle stesse. Si raccomanda di usare pressioni non troppo elevate per non indurre stati di coazione eccessivi nell'elemento iniettato. Si sconsigliano iniezioni di resina per lesioni rilevanti al fine di evitare eccessivi riscaldamenti prodotti dalla polimerizzazione della miscela.

Le operazioni da effettuare sono:

- pulizia della polvere o dalle altre impurità delle superfici danneggiate con l'eliminazione del materiale disgregato;
- pulizia in profondità con aria o acqua in pressione;
- sigillatura delle lesioni con stucco o intonaco e predisposizione di tubicini di ingresso della miscela, costituita generalmente da resina pura o debolmente caricata.

La tecnica descritta è, altresì, da evitare nel caso di lesioni molto piccole (per esempio attorno al decimo di millimetro), perché l'iniezione diventa difficoltosa e richiede pressioni elevate, con esito incerto e possibilità di effetti negativi difficilmente controllabili sulle parti di struttura lesionate. In questi casi, si raccomanda di non fare affidamento sul completo ripristino della continuità dell'elemento fessurato, ma soltanto su una percentuale cautelativa che tenga conto, appunto, della probabile presenza di lesioni e distacchi non iniettati.

#### 99.5 *Ripristino localizzato con conglomerati*

Nel caso di lesioni di apertura superiore ai 3-4 mm ovvero quando il calcestruzzo si presenta fortemente degradato o frantumato, si può ricorrere al ripristino dell'elemento danneggiato mediante il getto localizzato di conglomerato, che potrà essere, a seconda dei casi, di tipo ordinario, di tipo additivato con spiccata proprietà di aderenza al preesistente calcestruzzo e alle armature di tipo spruzzato (gunite, spritzbeton, ecc.), adoperabile soltanto su nuclei integri e per spessori non eccessivi, e del tipo composto da resine.

Qualsiasi intervento deve essere preceduto dalla scarificazione nel calcestruzzo con la rimozione di tutte le parti disgregate.

La riparazione con getto di calcestruzzo, ordinario o con additivi, è la più frequente nel caso in cui si presenti parziale disgregazione del materiale (eventualmente evidenziabile anche con debole percussione).

Eseguite le occorrenti puntellature o tirantature provvisorie, si deve procedere nella maniera seguente:

- eliminazione di tutte le parti disgregate o parzialmente espulse, ponendo attenzione a non danneggiare le armature presenti;
- eventuale iniezione della parte messa a nudo;
- pulizia della superficie con aria compressa e lavaggio. Se si rende necessario l'inserimento di nuove armature, dopo l'operazione indicata al primo punto, si prosegue con le operazioni appresso elencate;
- messa in opera di nuove armature mediante saldatura alle preesistenti e semplice legatura con spinotti o con barre infilate in fori trapanati nella parte di calcestruzzo indenne (successivamente iniettati). Quest'ultimo intervento è da effettuare quando non si ritenga sufficiente per il collegamento tra vecchio e nuovo, la sola aderenza del calcestruzzo o la resistenza dell'adesivo spalmato prima del getto;
- posizionamento dei casseri e loro eventuale contrasto;
- eventuale spalmatura di adesivo tra vecchio calcestruzzo e nuovo getto;
- esecuzione del getto di calcestruzzo e di malta, prima che l'eventuale adesivo abbia iniziato la polimerizzazione.

Un'analoga tecnica utilizzabile quando il danno si limita al copriferro o poco di più consiste nell'applicazione di un'intonacatura con malta cementizia a ritiro compensato, posta in opera mediante spruzzatura.

Questo tipo di applicazione deve essere eseguito per spessori non superiori a 3 cm ed è conveniente nella riparazione delle pareti di cemento armato. In questo caso, la riparazione si effettua applicando uno o più strati di rete elettrosaldata e collegando i due strati con barre, spinotti o gabbie staffate passanti attraverso la parete. I collegamenti sono completati iniettando i fori di attraversamento.

Il materiale per la ricostruzione dell'elemento può essere anche malta di resina, con il vantaggio di avere una resistenza e un'adesione elevate, ma con la possibilità di introdurre una zona con moduli elastici e resistenze generalmente diversi da quelli del calcestruzzo.

#### 99.6 *Ripristino e rinforzo dell'armatura metallica*

Ove necessario, le armature vanno integrate. Particolare cura va posta all'ancoraggio delle nuove armature e alla loro solidarizzazione all'elemento esistente.

Il rinforzo può essere realizzato localmente con l'aggiunta di nuove barre o interessare l'intera struttura, con l'inserimento di elementi aggiuntivi in cemento armato o in acciaio, resi collaboranti con quelli esistenti. In presenza di pilastri fortemente danneggiati alle estremità, la riparazione deve comportare anche il rinforzo delle armature longitudinali e trasversali.

Il getto di completamento può essere eseguito con malta o calcestruzzo a stabilità volumetrica oppure con malta o calcestruzzo ordinari, assicurando in ogni caso l'aderenza tra il nuovo e il vecchio calcestruzzo.

Il rinforzo dei nodi trave-pilastro deve assicurare il miglioramento dell'ancoraggio delle armature e una continuità meccanica sufficiente a trasmettere gli sforzi massimi sopportabili dalle sezioni di estremità interessate e contenere il conglomerato e le armature nei riguardi della espulsione trasversale, mediante opportuna staffatura.

Quando i nodi trave-pilastro sono tanto danneggiati da rendere tecnicamente difficile la loro riparazione, la funzione statica degli elementi strutturali convergenti nei nodi deve essere attribuita ad altri elementi portanti dell'ossatura.

Per ripristinare l'efficienza di barre ingobbate, occorre un provvedimento diretto di riparazione costituito, ad esempio, da saldatura di spezzoni di barre o di angolari a cavallo del tratto danneggiato e da inserimenti di armature trasversali per ridurre la lunghezza libera di inflessione.

Il caso di un insufficiente o mal disposto ancoraggio delle barre dei pilastri si può risolvere con armature saldate passanti entro fori praticati attraverso i nodi e successivamente ricoperti con malta cementizia a ritiro compensato o eposidica e/o con iniezioni di resina. Nuove barre possono essere saldate anche in elementi inflessi a cavallo delle sezioni danneggiate per difetto di armature longitudinali, con adeguato prolungamento per l'ancoraggio.

In elementi sottoposti a forze di taglio e nei nodi dei telai possono essere applicate staffe o collari per quanto possibile perpendicolari alla lesione. Le armature vanno, poi, protette da intonaco cementizio a ritiro compensato.

In ogni caso, gli ancoraggi delle barre e le loro giunzioni mediante saldatura sono migliorati dal confinamento realizzato da una fitta armatura trasversale che avvolga la zona trattata.

Per l'acciaio in barre, quando ne sia previsto il collegamento alle armature esistenti tramite saldature, si raccomanda di controllare la saldabilità sia di quelle esistenti sia di quelle aggiuntive o meglio la capacità di sopportare l'unione senza divenire fragili.

#### 99.7 *Provvedimenti per le strutture di fondazione*

Il consolidamento delle fondazioni può, in genere, conseguirsi con:

- la costruzione, ove possibile, di travi in cemento armato per il collegamento dei plinti nelle due direzioni in guisa da realizzare un reticolo orizzontale di base;
- la costruzione di setti in cemento armato al livello di primo interpiano, così da costruire nel suo complesso una struttura scatolare rigida;
- l'approfondimento delle strutture fondali mediante pali di piccolo o medio diametro, fortemente armati;
- l'allargamento della base d'appoggio mediante sottofondazione in cemento armato oppure mediante la costruzione di cordolature laterali in cemento armato;
- rinforzi localizzati delle strutture di fondazione (fasciature in acciaio o in cemento armato presollecitato, cerchiature, ecc.).

Nei casi in cui l'intervento consista nel ripristinare strutture cementizie per porzioni o tratti di entità considerevoli, può essere usato calcestruzzo ordinario che abbia resistenza e modulo elastico non troppo diversi da quelli del calcestruzzo esistente. L'aderenza del getto all'elemento da riparare può essere migliorata mediante l'applicazione di uno strato adesivo.

Per conciliare le esigenze di elevata resistenza e buona lavorabilità dei getti, può essere opportuno usare additivi fluidificanti (che in genere migliorano anche l'adesione al materiale preesistente).

Idoneo, in generale, è anche l'uso di calcestruzzi o malte con additivi che realizzano un'espansione volumetrica iniziale capace di compensare o addirittura di superare il ritiro.

Questo accorgimento permette di creare modesti stati di coazione, benefici per l'inserimento dei nuovi getti. È, peraltro, essenziale utilizzare casseri contrastanti.

#### 99.8 *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo*

L'idoneità di agenti adesivi strutturali per l'applicazione sulle superfici di calcestruzzo verticali o orizzontali oggetto di prove o danneggiate dovrà essere verificata con le seguenti prove:

- adesivi applicati a spatola: prova a scorrimento;
- adesivi strutturali iniettabili: prova di comprimibilità.

Norma di riferimento

**UNI EN 1799** – *Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo. Metodi di prova. Prove per misurare l'idoneità degli agenti adesivi strutturali per l'applicazione sulle superfici di calcestruzzo.*

## Art. 100 Prove di carico sui pali di fondazione

### 100.1 Prove di verifica in corso d'opera

Sui pali di fondazione devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per:

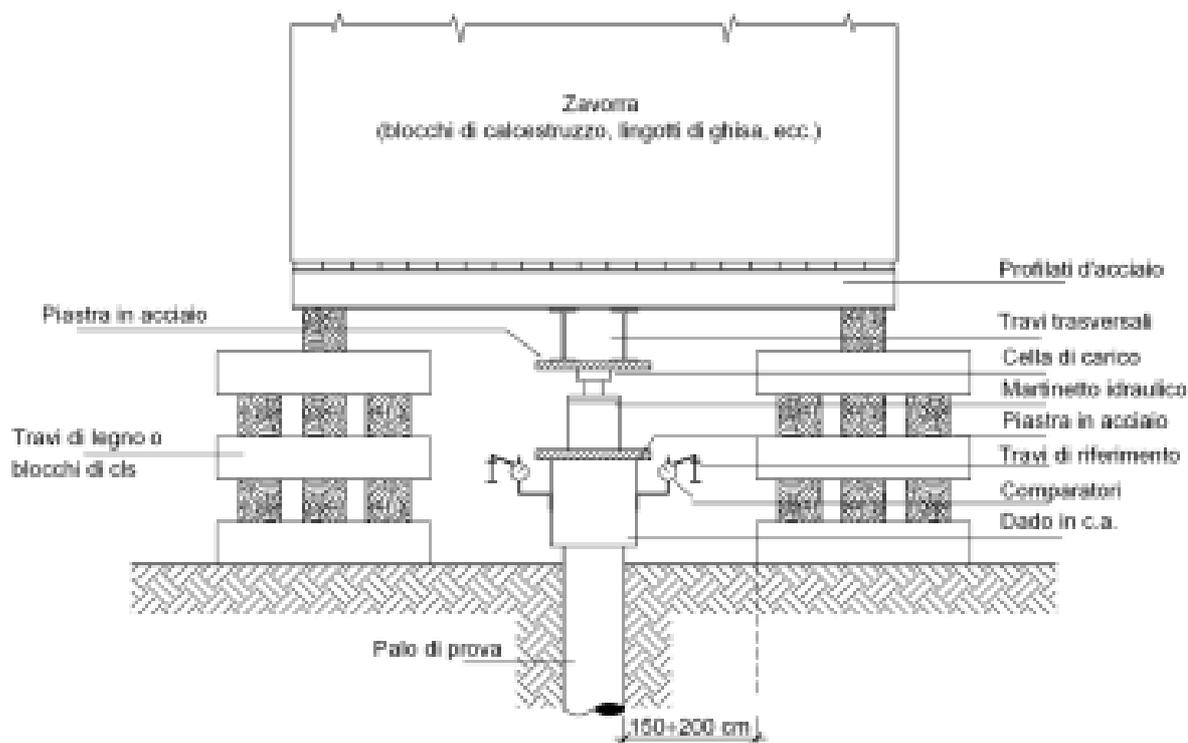
- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Tali prove devono essere spinte a un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche sle.

In presenza di pali strumentati per il rilievo separato delle curve di mobilitazione delle resistenze lungo la superficie e alla base, il massimo carico assiale di prova può essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche sle.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione. In ogni caso, il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1, se il numero di pali è inferiore o uguale a 20;
- 2, se il numero di pali è compreso tra 21 e 50;
- 3, se il numero di pali è compreso tra 51 e 100;
- 4, se il numero di pali è compreso tra 101 e 200;
- 5, se il numero di pali è compreso tra 201 e 500;
- il numero intero più prossimo al valore  $5 + n/500$ , se il numero  $n$  di pali è superiore a 500.



**Figura 128. 1 Schema di applicazione del carico di prova su palo di fondazione con cassone zavorrato**

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto, se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

Le prove di carico dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale, in contraddittorio con l'impresa esecutrice.

La direzione dei lavori dovrà, in contraddittorio con l'impresa, stabilire in anticipo su quali pali operare la prova di carico, ai fini dei controlli esecutivi. Per nessun motivo il palo potrà essere caricato prima dell'inizio della prova, che potrà essere effettuata solo quando sia trascorso il tempo sufficiente perché il palo abbia raggiunto la stagionatura prescritta per il calcestruzzo.

#### 100.2 Preparazione dei pali da sottoporre a prova

L'appaltatore ha l'onere della preparazione dei pali da sottoporre a prova di carico mediante la regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del calcestruzzo e messa a nudo del fusto per un tratto di ~ 50 cm. Successivamente, sul palo deve essere realizzato un dado di calcestruzzo armato, di sezione maggiore di quella del palo, per l'appoggio del martinetto. L'esecuzione della prova deve avere inizio dopo la stagionatura del calcestruzzo, per evitare eventuali deformazioni plastiche durante l'applicazione del carico.

L'appaltatore ha anche l'onere di predisporre la struttura di contrasto per l'esecuzione della prova di carico, secondo le indicazioni del laboratorio ufficiale incaricato.

Per la prova di carico verticale, la struttura di contrasto per il martinetto idraulico e il palo deve essere costituita da un cassone zavorrato. Le basi di appoggio del cassone devono essere sufficientemente distanti dal palo di prova (preferibilmente 2 m) per evitare spinte passive sul palo da parte del terreno caricato dagli appoggi.

#### 100.3 Prove di carico verticali

Le prove di carico verticali permettono di misurare gli abbassamenti prodotti dall'applicazione di un carico verticale sulla testa del palo. I risultati ottenuti si riferiscono, nella gran parte dei casi, ai cedimenti istantanei della testa del palo, pertanto la prova deve essere limitata nel tempo dallo stabilizzarsi dei valori rilevati.

La direzione dei lavori deve individuare il numero e l'ubicazione dei pali da sottoporre a prova in conformità ai limiti stabiliti dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

I pali soggetti a prova di carico assiale, a discrezione della direzione dei lavori, potranno essere sottoposti anche a controlli non distruttivi.

La determinazione del carico limite deve essere ottenuta impiegando almeno tre metodi:

- metodo Davisson; - metodo Chin;- metodo Brinch Hansen.

### 100.3.1 Presentazione dei risultati

I risultati della prova di carico su palo di fondazione devono essere presentati con i seguenti diagrammi:

- carico/cedimento;- tempo/carico;- tempo/cedimento.

Ai suddetti diagrammi si aggiunge la relazione di accompagnamento del laboratorio ufficiale che ha eseguito la prova di carico.

### 100.3.2 Verbale di prova di carico su palo di fondazione

Il verbale di prova di carico su pali di fondazione deve contenere i seguenti dati:

- individuazione e caratteristiche costruttive delle opere;- data e ora della prova;- localizzazione del palo su cui è stata effettuata la prova di carico;- descrizione della struttura di prova (struttura di contrasto, di sostegno laterale, travi portamicrometri, martinetti, celle di carico, ecc.);- descrizione dell'eventuale strumentazione collocata all'interno del palo;- curve di taratura degli strumenti utilizzati;- grafici e tabelle per la visualizzazione dei risultati della prova.

## Art. 101 Controlli d'integrità dei pali di fondazione

### 101.1 Criteri generali

In tutti i casi in cui la qualità dei pali dipenda in misura significativa dai procedimenti esecutivi e dalle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, devono essere effettuati dei controlli di integrità diretti a verificare almeno:

- la lunghezza; - la sezione trasversale;- la discontinuità.

Il controllo dell'integrità, da effettuarsi con prove dirette o indirette di comprovata validità, deve interessare almeno il 5% dei pali della fondazione con un minimo di due pali.

Nel caso di gruppi di pali di grande diametro ( $d = 80$  cm), il controllo dell'integrità deve essere effettuato su tutti i pali di ciascun gruppo se i pali del gruppo sono in numero inferiore o uguale a quattro.

I controlli di integrità dovranno essere eseguiti da un laboratorio ufficiale, in contraddittorio con l'impresa esecutrice. Sui pali con riscontrati difetti esecutivi dovranno essere eseguiti ulteriori controlli (anche distruttivi) per le successive determinazioni della stazione appaltante.

### 101.2 Prove di eco sonico

La prova di eco sonico (o della risposta impulsiva) è una prova a basse deformazioni che deve essere impiegata per verificare la continuità o eventuali anomalie del palo (variazioni di sezioni, cavità, interruzioni, giunzioni di prefabbricati non eseguite correttamente, ecc.).

Il controllo è applicabile a pali di fondazione isolati (specialmente di tipo prefabbricato e battuto) e a pali trivellati in terreni coerenti.

La prova consiste nel sollecitare la testa del palo – resa libera allo scopo svincolandola dalle strutture di fondazione (travi, plinti, platee, solette) o dal magrone – con una forza impulsiva assiale tale da provocare onde di compressione assiale, mediante l'impiego di un martello in nylon, valutando la risposta in termini di velocità o spostamento nel tempo. Il segnale di risposta o segnale riflesso, rilevato mediante un accelerometro posizionato anch'esso sulla testa del palo, viene depurato da eventuali componenti estranee e opportunamente amplificato per meglio interpretare i segnali di eco.

La lunghezza del palo oggetto di controllo o la distanza di una discontinuità dalla testa del palo stesso, è determinata dalla relazione:

$$2L = t \cdot V$$

dove

$L$  = lunghezza del palo

$V$  = velocità delle onde longitudinali all'interno del calcestruzzo

$t$  = tempo di ritardo rispetto all'istante in cui l'impulso viene trasmesso al palo.

### 101.3 Prova di ammettenza meccanica verticale

La prova di ammettenza meccanica verticale è una prova a basse deformazioni che consente di verificare la geometria del palo (lunghezza, variazioni della sezione, ecc.), il vincolo d'interfaccia laterale e il grado di incastro alla base, nonché la rigidità elastica del sistema palo terreno. La prova utilizza tecniche di sollecitazione dinamica applicate alla testa del palo, che dovrebbe essere libera e accessibile.

### 101.4 Metodo Cross-hole

Per l'esecuzione del controllo cross-hole devono essere inseriti nei pali indicati dalla direzione dei lavori o dal progetto esecutivo, prima del getto di calcestruzzo, un certo numero di tubi metallici o in materiale plastico pesante (3□4 per

pali di grosso diametro) del diametro interno minimo di 35 Ø 42 mm e di lunghezza pari a quella del palo, fissati alla gabbia dell'armatura metallica in modo che risultino opportunamente distanti e paralleli e in posizione verticale. I tubi di plastica non devono subire danneggiamenti durante la collocazione della gabbia d'armatura e durante il getto di calcestruzzo, per non pregiudicare il controllo.

Il direttore dei lavori ha facoltà di eseguire la prova in pali già realizzati ma con tubi non predisposti, realizzando i fori mediante carotaggio meccanico.

Con metodo cross-hole è possibile indagare soltanto la porzione di calcestruzzo compresa tra le due sonde. Le informazioni che si ottengono riguardano le caratteristiche del getto di calcestruzzo; in particolare, la presenza di fratture, vuoti, strutture a nido d'ape, inclusioni di terreno, variazioni nette di qualità del calcestruzzo, ecc.

#### 101.5 *Metodo integrity test (It- tester)*

Le Prove di integrità e misura della lunghezza dei pali o micropali di calcestruzzo indurito, pali integrity tester (It-tester), disposte dal Direttore dei Lavori, dovranno essere eseguite mediante strumentazione costituita da centralina elettronica di acquisizione ed elaborazione dati, geofono e martello energizzatore, compresa la registrazione del riflesogramma, secondo la ASTM D5882/2000.

#### 101.6 *Carotaggio continuo meccanico*

Il carotaggio deve essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e, se richiesto, del sedime d'imposta.

Allo scopo devono essere impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione devono essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio e le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcUNIspezioni di carota devono essere eseguite anche prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche del calcestruzzo rispetto alle prescrizioni contrattuali.

Al termine del carotaggio, si deve provvedere a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio deve essere eseguito da un laboratorio ufficiale, quando richiesto dalla direzione dei lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente capitolato.

#### 101.7 *Scavi attorno al fusto del palo*

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4-5 m di palo di fondazione.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente capitolato e alle disposizioni della direzione dei lavori.

### Art. 102 **Controlli non distruttivi sulle strutture in acciaio**

#### 102.1 *Generalità*

Il direttore dei lavori per le strutture in acciaio dovrà eseguire i seguenti controlli:

- esame visivo;- controllo chimico che accerti la composizione dei materiali;- controllo con chiave dinamometrica che accerti che i bulloni di ogni classe siano serrati secondo quanto previsto dalla norma **CNR UNI 10011** (ritirata senza sostituzione); controllo della corretta esecuzione delle saldature.

Tali controlli devono essere eseguiti da laboratori ufficiali per evitare contestazioni da parte dell'appaltatore.

#### 102.2 *Qualificazioni del personale e dei procedimenti di saldatura*

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN 287-1** da parte di un ente terzo. A deroga di quanto richiesto, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo non potranno essere qualificati mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma **UNI EN 1418**.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma **UNI EN 15614-1**.

Norme di riferimento

**UNI EN 287-1** – *Prove di qualificazione dei saldatori. Saldatura per fusione. Parte 1: Acciai;*

**UNI EN 1418** – *Personale di saldatura. Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata e automatica di materiali metallici;*

**UNI EN ISO 15614-1** – *Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici. Prove di qualificazione della procedura di saldatura. Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel.*

#### 102.3 Controllo di qualità delle strutture saldate

Il controllo delle saldature e il controllo di qualità deve accertare che le giunzioni saldate corrispondano alla qualità richiesta dalle condizioni di esercizio e quindi progettuali. Il direttore dei lavori potrà fare riferimento alla norma **UNI EN 12062**.

Il controllo delle saldature deve avvenire nelle seguenti fasi:

- verifiche e prove preliminari;- ispezione durante la preparazione e l'esecuzione delle saldature;- controllo diretto dei giunti saldati.

La prima fase è quella che viene tradizionalmente chiamata *controllo indiretto delle saldature*. Con il controllo diretto, invece, si procede alla verifica o al collaudo vero e proprio del giunto realizzato.

#### 102.4 Controlli non distruttivi

Le saldature devono essere sottoposte a controlli non distruttivi finali, per accertarne la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista e dalle Norme tecniche per le costruzioni.

L'entità e il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, devono essere eseguiti sotto la responsabilità del direttore dei lavori.

Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (per esempio, liquidi penetranti o polveri magnetiche) ovvero metodi volumetrici (per esempio, raggi x o gamma o ultrasuoni).

Per le modalità di esecuzione dei controlli e i livelli di accettabilità, si potrà fare riferimento alle prescrizioni della norma **UNI EN 12062**.

I controlli devono essere certificati da un laboratorio ufficiale ed eseguiti da operatori qualificati secondo la norma **UNI EN 473**.

Norme di riferimento

**UNI EN 12062** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici;*

**UNI EN 473** – *Prove non distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali;*

**UNI EN 1713** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature;*

**UNI EN 1714** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati;*

**UNI EN 1289** – *Controllo non distruttivo delle saldature mediante liquidi penetranti. Livelli di accettabilità;*

**UNI EN 1290** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature;*

**UNI EN 12062** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici;*

**UNI EN 473** – *Prove non distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.*

##### 102.4.1 Metodo ultrasonico

Il metodo ultrasonico consente di rilevare i difetti anche a considerevoli profondità e in parti interne dell'elemento a condizione che esso sia un conduttore di onde sonore.

Il paragrafo 11.3.4.5 delle Nuove norme tecniche stabilisce che, per giunti a piena penetrazione, si possono impiegare anche gli ultrasuoni. Per i giunti a T a piena penetrazione, invece, si può impiegare solo il controllo con gli ultrasuoni.

Per evitare contestazioni con l'appaltatore, il personale che esegue i controlli deve essere qualificato in conformità alla norma **UNI EN 473** e avere conoscenza dei problemi di controllo relativi ai giunti saldati da esaminare.

Il volume del giunto da esaminare. La preparazione delle superfici

Si premette che, con riferimento alla norma **UNI EN 1714**, il volume da esaminare deve comprendere, oltre alla salda-

tura, anche il materiale base, per una larghezza di almeno 10 mm da ciascun lato della stessa saldatura, oppure il controllo delle zone laterali termicamente alterate.

In generale, la scansione del fascio di onde ultrasoniche deve interessare tutto il volume in esame.

Le superfici oggetto di controllo e in particolare quelle di applicazione delle sonde, devono essere prive di sostanze che possono interferire con l'accoppiamento (tracce di ruggine, scaglie staccate, spruzzi di saldature, ecc.).

Norme di riferimento

**UNI EN 1712** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati. Livelli di accettabilità;*

**UNI EN 1713** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni. Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature;*

**UNI EN 1714** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati;*

**UNI EN 583-1** – *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Parte 1: Principi generali;*

**UNI EN 583-2** – *Prove non distruttive. Esami ad ultrasuoni. Parte 2: Regolazione della sensibilità e dell'intervallo di misurazione della base dei tempi;*

**UNI EN 583-3** – *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Tecnica per trasmissione;*

**UNI EN 583-4** – *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Parte 4: Esame delle discontinuità perpendicolari alla superficie;*

**UNI EN 583-5** – *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Parte 5: Caratterizzazione e dimensionamento delle discontinuità;*

**UNI EN 12223** – *Prove non distruttive. Esame ad ultrasuoni. Specifica per blocco di taratura n. 1;*

**UNI EN 27963** – *Saldature in acciaio. Blocco di riferimento n. 2 per il controllo mediante ultrasuoni delle saldature;*

**UNI EN 473** – *Prove non distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.*

**UNI EN ISO 13588** – *Prove non distruttive delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Utilizzo della tecnologia automatizzata multi-elemento.*

**UNI EN ISO 19285** – *Prove non distruttive delle saldature - Prove a ultrasuoni "phased array" (PAUT) - Livelli di accettazione.*

#### 102.4.2 Metodo radiografico

Il controllo radiografico dei giunti saldati per fusione di lamiere e tubi di materiali metallici deve essere eseguito in conformità alla norma **UNI EN 435**.

Il metodo radiografico deve essere usato per il controllo dei giunti saldati a piena penetrazione (paragrafo 11.3.4.5 delle Nuove norme tecniche).

Norme di riferimento

**UNI EN 1435** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo radiografico dei giunti saldati;*

**UNI EN 10246-10** – *Prove non distruttive dei tubi di acciaio. Controllo radiografico della saldatura dei tubi di acciaio saldati in automatico ad arco sommerso per la rilevazione dei difetti;*

**UNI EN 12517-1** – *Controllo non distruttivo delle saldature. Parte 1: Valutazione mediante radiografia dei giunti saldati di acciaio, nichel, titanio e loro leghe. Livelli di accettazione.*

#### 102.5 Esecuzione e controllo delle unioni bullonate

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione e macchie di grasso. La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbatura al metallo bianco. È ammessa la semplice pulizia meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera, purché vengano completamente eliminati tutti i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica. Il serraggio dei bulloni può essere effettuato mediante chiave dinamometrica a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata o mediante chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata, tutte tali da garantire una precisione non minore di  $\pm 5\%$ . Le chiavi impiegate per il serraggio e nelle verifiche dovranno essere munite di un certificato di taratura emesso in data non superiore all'anno. Il valore della coppia di serraggio  $T_S$ , da applicare sul dado o sulla testa del bullone, in funzione dello sforzo normale  $N_S$  presente nel gambo del bullone è dato dalla seguente relazione:

$$T_S = 0,20 \cdot N_S \cdot d$$

dove

$d$  è il diametro nominale di filettatura del bullone

$N_S = 0,80 \cdot f_{k,N} \cdot A_{res}$ , essendo  $A_{res}$  l'area della sezione resistente della vite e  $f_{k,N}$  la tensione di snervamento.

La norma **CNR UNI 10011** (ritirata senza sostituzione) detta precise regole riguardo le dimensioni che devono avere i bulloni normali e quelli ad alta resistenza, riguardo i materiali impiegati per le rosette e le piastrine, nonché il modo di accoppiare viti e dadi e il modo in cui devono essere montate le rosette.

**Tabella 130.1. Valori dell'area resistente, della forza normale e della coppia di serraggio per vari tipi di bulloni (fonte: cnr 10011)**

Diametro D (m)	Area resistente $A_{res}$ (mm <sup>2</sup> )	Coppia di serraggio $T_s$ (N · m)					Forza normale $T_s$ (kN)				
		4,6	5,6	6,6	8,8	10,9	4,6	5,6	6,6	8,8	10,9
12	84	39	48	58	90	113	16	20	24	38	47
14	115	62	77	93	144	180	22	28	33	52	64
16	157	96	121	145	225	281	30	38	45	70	88
18	192	133	166	199	309	387	37	46	55	86	108
20	245	188	235	282	439	549	47	59	71	110	137
22	303	256	320	384	597	747	58	73	87	136	170
24	353	325	407	488	759	949	68	85	102	158	198
27	459	476	595	714	1110	1388	88	110	132	206	257
30	561	646	808	969	1508	1885	108	135	161	251	314

Il serraggio dei bulloni può, inoltre, essere effettuato anche mediante serraggio a mano o con chiave a percussione, fino a porre a contatto le lamiera fra testa e dado. Si dà, infine, una rotazione al dado compresa fra 90° e 120°, con tolleranze di 60° in più.

Durante il serraggio, la norma **CNR UNI 10011** (ritirata senza sostituzione) consiglia di procedere nel seguente modo:

- serrare i bulloni, con una coppia pari a circa il 60% della coppia prescritta, iniziando dai bulloni più interni del giunto e procedendo verso quelli più esterni; - ripetere l'operazione, come sopra detto, serrando completamente i bulloni.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

- si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per fare ruotare ulteriormente di 10° il dado;- dopo avere marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, si allenta il dado con una rotazione pari a 60° e poi si riserra, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.

Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

Il controllo *in situ* deve essere eseguito verniciando in verde i bulloni che risultano conformi e in rosso quelli non conformi. Le indagini devono essere condotte redigendo delle tabelle, una per ogni collegamento, nelle quali devono essere riportate le seguenti caratteristiche:

- valore della coppia di serraggio;- mancanza del bullone;- non coincidenza tra gli assi del foro e del bullone, ecc.

## Art. 103 Controlli su manufatti in rete metallica e pietrame

### Gabbioni

Tutti i singoli elementi di gabbioni e materassi in pietrame, dovranno essere conformi a quanto specificato nell'Art.121

La certificazione di qualità sarà allegata ai piaco controllo qualità relativi all'opera in realizzazione.

Le verifiche di controllo qualità richieste sono come di seguito elencate;

### Qualifica della cava

La cava dalla quale dovrà provenire il pietrame di riempimento dovrà essere qualificato seguendo le modalità di qualificazione riportate nelle specifiche di C.Q. relative agli aggregati per calcestruzzo riportate nella Sezione "Opere di conglomerato cementizio".

In sede di qualificazione, oltre alle verifiche sulla capacità organizzativa/operativa e di controllo della cava, si dovrà anche verificare che le caratteristiche del materiale da fornire, rispondano ai seguenti requisiti: :

- non gelivo, alla prova eseguita secondo le Norme del R.D. 16/11/39 n. 2232.
- non friabile,
- non dilavabile,
- di buona durezza,
- di appropriata massa volumica (maggiore di 2000 kg/m<sup>3</sup> per i materassi)

Le prove sulle suddette caratteristiche saranno eseguite nel laboratorio di cava, approvato in sede di qualifica, o in altro laboratorio comunque approvato dalla Ente.

Le prove in corso di fornitura saranno eseguite su lotti quantitativamente definiti dalla DL o dal Responsabile di C.Q. in funzione delle caratteristiche della cava e delle dimensioni delle opere da realizzare.

E' comunque prescritta l'esecuzione delle prove per ogni lotto di fornitura di almeno 1000 m<sup>3</sup>.

Quanto sopra sarà riportato ed allegato al relativo P.C.Q.

#### *Qualifica delle reti metalliche*

I prodotti dovranno essere acquistati da fornitori qualificati dal C.G. e per ogni partita inviata il fornitore dovrà certificare

- la conformità alle norme UNI8018, della maglia;
- la conformità alle Norme UNI3598, del filo di ferro, fortemente zincato;
- la rispondenza alla Circ. del Cons. Sup. LL.PP. 27/8/62

Il Responsabile di C.Q. del C.G. dovrà controllare l'esistenza delle suddette certificazioni, annotare l'esito sul certificato ed allegare tutte le certificazioni al PCQ. Nel caso che il manufatto debba essere impiegato in acque particolarmente aggressive (acque marine o acque inquinate), si dovrà verificare che il filo costituente la rete sia rivestito in PVC con spessore di 0,4-0,6 mm.

Tale verifica sarà effettuata sulla base della certificazione del fornitore della rete attestante la qualità del rivestimento.

La certificazione dovrà essere allegata al P.C.Q.

#### **Pietrame, massi e pietrame minuto**

Questo materiale è direttamente posto in opera e deve anch'esso provenire da cava qualificata in accordo a quanto specificato al punto precedente per i materiali lapidei dei gabbioni e materassi.

Per la qualifica delle caratteristiche del materiale, in accordo a quanto richiesto dal presente Capitolato, il responsabile di C.Q. dovrà richiedere la certificazione delle seguenti prove :

- verifica di non gelività mediante prova eseguita secondo il R.D. 16/11/39 n. 2232.
- determinazione della massa volumica  $P (\geq 2,5 \text{ gr/cm}^3)$
- determinazione della massa volumica reale  $p (\geq 2,6 \text{ gr/cm}^3)$
- verifica del grado di compattezza  $C = P/p \geq 0,95$

Controllo delle caratteristiche dimensionali dei singoli massi: dovranno essere tali che il parallelepipedo inscritto nel masso non abbia il lato minore inferiore alla metà del lato maggiore.

Le prove sopraddette saranno effettuate presso i laboratori di cava, qualificati dal C.G. e approvati dall'Ente..

Le prove saranno effettuate su campioni preparati in accordo alle prescrizioni della DIREZIONE LAVORI e con le modalità indicate precedentemente.

Le prove in corso di fornitura saranno eseguite su lotti quantitativamente definiti dal Responsabile di C.Q. in funzione delle caratteristiche della cava e del materiale e delle dimensioni dei massi e delle opere da realizzare.

L'Ente A. potrà richiedere l'integrazione delle suddette prove con prove di caduta massi da effettuare direttamente in cava, indicandone inoltre le modalità e le frequenze.

L'esito delle prove, comprese anche le eventuali prove integrative, sarà riportato sul certificato allegato al PCQ.

### **Art. 104 Prove sugli infissi**

#### **104.1 Generalità**

Il direttore dei lavori potrà eseguire prove di accettazione su campioni di infissi prelevati casualmente in cantiere per

accertare la rispondenza dei materiali forniti alle prescrizioni contrattuali.

Sui campioni devono essere effettuate almeno le seguenti prove, alcune specifiche per gli infissi esterni:

- permeabilità all'aria (norma **UNI EN 1026**);- tenuta all'acqua (norma **UNI EN 1027**);- resistenza al carico del vento (norma **UNI EN 12211**);- resistenza all'apertura e alla chiusura ripetuta (norma **UNI EN 1191**); - calcolo della trasmittanza termica (norma **UNI EN ISO 10077-1**);- isolamento termico (norma **UNI EN ISO 12567-1**).

I campioni di prova devono essere perfettamente funzionanti e devono essere prelevati in contraddittorio con l'esecutore. La prova deve essere eseguita da un laboratorio ufficiale.

Le prove, a discrezione della direzione dei lavori, possono essere sostituite da certificati di prove effettuate su serramenti identici a quelli oggetto della fornitura.

#### 104.2 Norme di riferimento

a) prove in laboratorio:

**UNI EN 1026** – Finestre e porte. Permeabilità all'aria. Metodo di prova;

**UNI EN 1027** – Finestre e porte. Tenuta all'acqua. Metodo di prova;

**UNI EN 12211** – Finestre e porte. Resistenza al carico del vento. Metodo di prova;

**UNI EN 1191** – Finestre e porte. Resistenza all'apertura e la chiusura ripetuta. Metodo di prova.

b) prove di resistenza al fuoco:

**UNI EN 1634-1** – Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi. Parte 1: Prove di resistenza al fuoco per porte e sistemi di chiusura e finestre apribili;

**UNI EN 1634-3** – Prove di resistenza al fuoco e di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura, finestre apribili e loro componenti costruttivi. Parte 3: Prove di controllo della dispersione del fumo per porte e sistemi di chiusura.

c) trasmittanza termica:

**UNI EN ISO 10077-1** – Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti. Calcolo della trasmittanza termica. Parte 1: Generalità;

**UNI EN ISO 10077-2** – Prestazione termica di finestre, porte e chiusure. Calcolo della trasmittanza termica. Metodo numerico per i telai;

**UNI EN ISO 12567-1** – Isolamento termico di finestre e porte. Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda. Finestre e porte complete;

**UNI EN ISO 12567-2** – Isolamento termico di finestre e di porte. Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda. Parte 2: Finestre da tetto e altre finestre sporgenti.

d) resistenza all'effrazione:

**UNI EN V 1628** – Finestre, porte, chiusure oscuranti. Resistenza all'effrazione. Metodo di prova per la determinazione della resistenza sotto carico statico;

**UNI EN V 1629** – Finestre, porte, chiusure oscuranti. Resistenza all'effrazione. Metodo di prova per la determinazione della resistenza sotto carico dinamico;

**UNI EN V 1630** – Finestre, porte, chiusure oscuranti. Resistenza all'effrazione. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'azione manuale di effrazione.

e) resistenza all'esplosione:

**UNI EN 13123-1** – Finestre, porte e chiusure oscuranti. Resistenza all'esplosione. Requisiti e classificazione. Tubo da onda d'urto (shock-tube);

**UNI EN 13123-2** – Finestre, porte e chiusure oscuranti. Resistenza all'esplosione. Requisiti e classificazione. Parte 2: Prova all'aperto;

**UNI EN 13124-1** – Finestre, porte e chiusure oscuranti. Resistenza all'esplosione. Metodo di prova. Tubo da onda d'urto (shock-tube);

**UNI EN 13124-2** – Finestre, porte e chiusure oscuranti. Resistenza all'esplosione. Metodo di prova. Parte 2: Prova all'aperto.

f) classificazioni in base alle prestazioni:

**UNI EN 12207** – Finestre e porte. Permeabilità all'aria. Classificazione;

**UNI EN 12208** – Finestre e porte. Tenuta all'acqua. Classificazione;

**UNI EN 12210** – Finestre e porte. Resistenza al carico del vento. Classificazione.

## § CONTROLLI PER ACQUEDOTTI FOGNATURE

### Art. 105 Tubazioni: prove e verifiche varie

#### 105.1 Generalità

Al termine delle operazioni di giunzione relative a ciascun tratto di condotta ed eseguiti gli ancoraggi, si procederà al rinterro parziale dei tubi sino a raggiungere un opportuno spessore sulla generatrice superiore, lasciando scoperti i giunti.

Le prove in opera non hanno lo scopo di controllare le caratteristiche dei materiali (tubi, giunti, raccordi, apparecchi vari) dato che tali caratteristiche devono essere state verificate tramite le prove d'accettazione da eseguirsi presso le fabbriche prima della spedizione. Con esse s'intende invece verificare la perfetta esecuzione delle giunzioni e controllare se qualche tubo, giunto, raccordo o apparecchio abbia subito danni durante le operazioni di trasporto e di posa.

Tutte le prove inerenti le tubazioni dovranno comunque rispettare quanto previsto dal "Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 12/12/1985 - Norme tecniche relative alle tubazioni", come indicato nelle tabelle I e II allegate.

**Tabella I - Acquedotti (Allegata al D.M. 12/12/1985 norme tecniche relative alle tubazioni)**

Materiale	Prova di riferimento	Modalità di prova	Rapporto tra condizioni di lavoro e condizioni di riferimento
Acciaio saldato e non saldato	Prova per pressione interna o comportamento del materiale a trazione	UNI 6363/84 par. 9.7.1	
	Prova di schiacciamento o comportamento del materiale a flessione	UNI 6363/84 tubi saldati par. 9.7.5/6 tubi senza saldatura par. 9.7.7	
Ghisa grigia	Prova per pressione interna	UNI 5336/69 par. 11.1	
	Prova di flessione su anello o comportamento a flessione	UNI 5336/69 par. 11.2.2 par. 11.2.3	
Ghisa a grafite sferoidale	Prova per pressione interna	UNI ISO 2531/81 par. 16.2	
	Comportamento del materiale a trazione	UNI ISO 2531/81 par. 14	
PVC rigido non plastificato	Prova per pressione interna	UNI 7448/75 par. 3.8	UNI 7441/75 par. 7
	T = 20°C, t = 1 <sup>h</sup>		
	T = 60°C, t = 1 <sup>h</sup> T = 60°C, t = 1000 <sup>h</sup>		
Polietilene ad alta densità	Prova per pressione interna	UNI 7611	UNI 7611
Amianto-cemento	Prova per pressione interna (scoppio)	UNI 4372/76, 4372A/76 par. 5.2 par. A5.2	UNI 4372/76, 4372A/76 par. 2.4 par. 2.2.A
	Prova di flessione trasversale (rottura)	UNI 4372/76, 4372A/76, 4372A/76 par. 5.3 par. A5.3	

Materiale	Prova di riferimento	Modalità di prova	Rapporto tra condizioni di lavoro e condizioni di riferimento
Cemento armato (senza lamierino) (**)	Prova di pressione interna; rottura $p_r \geq p^* + 1.5$ $p^* \leq 3 \text{ kgf/cm}^2$ ovvero $p_r \leq 1.5 p^*$ ( $p^* > 3 \text{ kgf/cm}^2$ )		$p_r/p_i \leq 0.67$ $p = 1 \div 4 \text{ kgf/cm}^2$ $p_r/p_i \leq 0.75$ $p > 4 \text{ kgf/cm}^2$
	Prova di flessione trasversale (fessurazione e rottura): fessurazione $N_f$ 65 D kgf/m, rottura $N_r$ 97.5 D kgf/m (D diametro interno, cm)		
Cemento precompresso senza lamierino (**)	Prova per pressione interna, fessurazione: $p_{f_0} \geq 1.25 p^*$ ( $p_{f_0}$ pressione fessurazione a deformazioni lente esaurite)		$p_r/p_i \leq 0.80$

(\*) per adeguarsi alle grandezze del S.I. si ricordano le seguenti uguaglianze

1 Newton = 1 kgf/9.81

1 Pascal = 1 Newton/m<sup>2</sup>

(\*\*)  $p^*$  rappresenta il maggiore dei due valori espressi da  $p_n$  pressione nominale (punto 2.1.4) e da  $p_c$  = pressione di collaudo in campo (par. 4). Le norme richiamate devono intendersi riferite all'anno indicato e ai successivi aggiornamenti.

**Tabella II - Fognatura (Allegata al D.M. 12/12/1985 norme tecniche relative alle tubazioni)**

Materiale	Prova di riferimento	Modalità di prova	Rapporto tra condizioni di lavoro e condizioni di riferimento
PVC rigido non plastico	Prova per pressione interna T = 20°C, t = 1 <sup>h</sup> T = 60°C, t = 1 <sup>h</sup> T = 60°C, t = 1000 <sup>h</sup>	UNI 7447/75 par. 9 UNI 7441/75 par. 10	
Polietilene ad alta densità (AD)	Prova per pressione interna T = 20°C, t = 1 <sup>h</sup> T = 80°C, t = 170 <sup>h</sup>	UNI 7613 par. 9	
Amianto-cemento	Prova per flessione trasversale (rottura)	UNI 5341/76 par. 4.2 UNI A5341/76 par. 4.2	
Gres	Prova di flessione trasversale: rottura A) Nr ≥ 3500 2500 2000 Dr 10 ÷ 35 40 50,80 B) Nr ≥ 4000D 60 ÷ 80 (A, B due serie costruttive; Nr carico minimo rottura kgf/m; D diametro interno cm)		

(\*) Per adeguarsi alle grandezze del S.I. si ricordano le seguenti uguaglianze:

1 Newton = 1 kgf/9.81;

1 Pascal = 1 Newton/m<sup>2</sup>

Le norme richiamate devono intendersi riferite all'anno indicato e ai successivi aggiornamenti.

### 105.2 Pressioni di prova

Le pressioni di prova in opera, pc per le tubazioni con funzionamento a pressione sono riferite alla pressione di esercizio Pe esse dovranno comunque risultare  $P_c = 1.5 P_e$ . sempreché detto valore risulti superiore a  $P_e + 2$  (kgf/cm<sup>2</sup>), valore limite inferiore per le pressioni

Le pressioni di collaudo in campo per le tubazioni con funzionamento non a pressione (fognature) sono riferite alle pressioni realizzabili tra l'asse della condotta ed il piano stradale o di campagna, per tratte caratterizzate da dislivello non superiore a 0,50 m circa.

### 105.3 La prova di tenuta idraulica

#### Compiti del direttore dei lavori

Prima della prova di tenuta idraulica il direttore dei lavori dovrà accertarsi della stagionatura degli eventuali blocchi di ancoraggio e, se occorre, predisporre i contrasti necessari. In particolare, dovrà essere verificato che i giunti adiacenti a tali blocchi risultino a accessibili ed ispezionabili, soprattutto durante il collaudo. La prova, deve essere eseguita a giunti scoperti, fatta eccezione i casi in cui lo richieda la stabilità delle trincee.

Data la delicatezza delle operazioni connesse con la esecuzione della prova idraulica e della interpretazione dei dati per giudicare della sua accettabilità, sarà opportuno che il direttore dei lavori richieda all'impresa che sia assicurata in tutte le fasi di prova, l'assistenza della ditta fornitrice dei tubi.

#### Riempimento della condotta

Il riempimento della condotta deve essere eseguito dopo averne eseguito l'accurata pulizia interna.

Prima di procedere al riempimento della linea bisognerà accertarsi che la stessa possa essere pressurizzata cioè che sia completa di sfiati, scarichi, valvole e/o di flange cieche e di quant'altro richiesto dal progetto.

Durante la prova le estremità del tronco di condotta da collaudare dovranno essere chiuse con piatti di chiusura dotati di rubinetto per il riempimento e la fuoriuscita dell'aria.

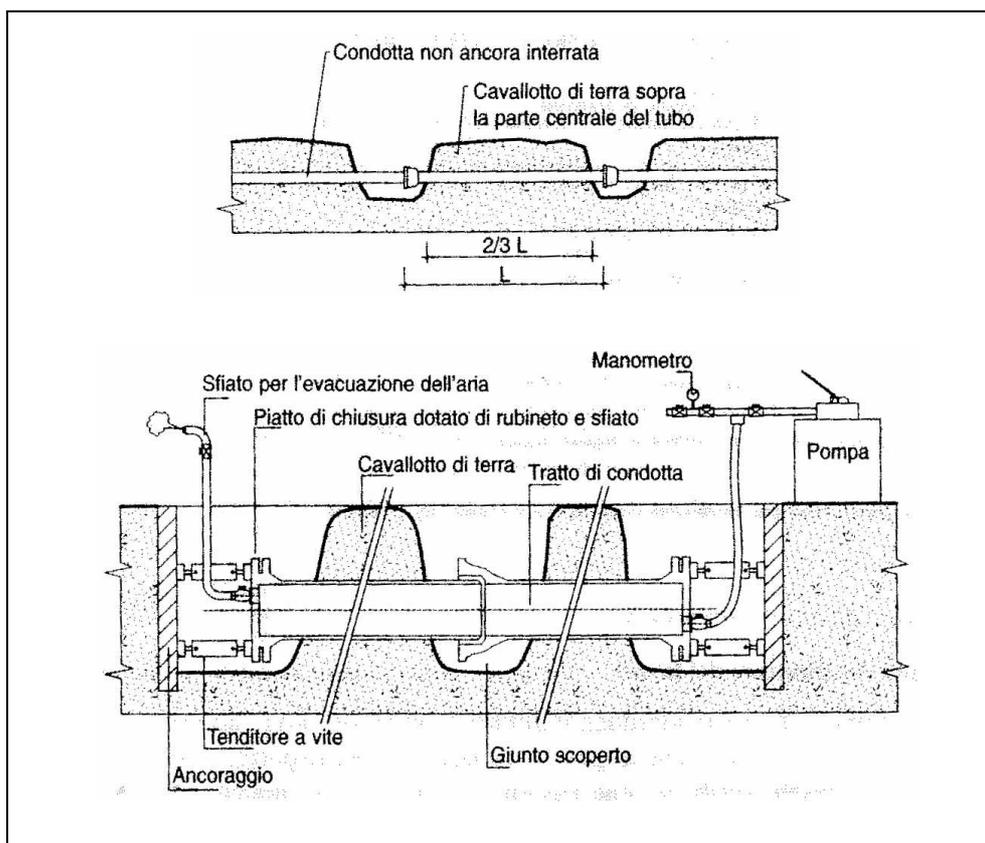
La linea deve essere riempita lentamente, preferibilmente dal basso, per facilitare la fuoriuscita dell'aria attraverso gli sfiati.

Dopo il riempimento si deve verificare che tutti gli sfiati e le valvole siano ben chiusi. Dovrà accertarsi, inoltre, che non ci siano perdite lungo il percorso della linea. In caso di perdita dovrà svuotarsi la linea ed effettuare le necessarie riparazioni.

#### Stabilizzazione della condotta

Questa fase è fondamentale per consentire la stabilizzazione termica e meccanica della condotta.

Fig.6.1. Esecuzione della prova idraulica



Se la linea è fuori terra si dovrà controllare che la supportazione sia stata eseguita correttamente e che le forze che si manifestano per la pressione idraulica interna, siano adeguatamente contrastate.

Se la linea è rinterrata bisognerà accertarsi che la stessa sia tutta stabilizzata e che le forze, che si manifestano per la pressione idraulica interna, siano tutte contrastate opportunamente mediante un idoneo sistema d'ancoraggio: sipario di palandole, tavole di legno incastrate trasversalmente nella trincea, ecc. Tarati gli strumenti di prova, prima e dopo, gli stessi dovranno essere collegati alla linea possibilmente nel punto più basso della stessa, in caso contrario, per la valutazione della pressione, bisognerà tenere conto del dislivello geodetico del manometro rispetto al punto più basso e del peso specifico del fluido utilizzato per il collaudo onde correggere la lettura dello stesso.

Ad evitare ritardi nelle operazioni di posa, che sono da eseguirsi con continuità, sarà opportuna l'interposizione di apposite scatole di prova, destinate a ricevere diaframmi di separazione delle tratte in prova e conformate in modo da consentire idoneo ancoraggio contro la spinta idrostatica.

Qualora la condotta sia stata sottoposta a prova idraulica prima del rinterro, si dovrà disporre nella parte centrale un cavallotto di terra di lunghezza pari a  $2/3$  della lunghezza del tubo, per impedire lo sfilamento e il movimento del tratto di condotta.

#### Criteri di non accettazione della prova

La prova di tenuta idraulica si considererà non valida o interrotta nei seguenti casi:

- perdita di liquido accertata; - evidenti deformazioni di supporti e cedimenti dei blocchi d'ancoraggio o del terreno, che non si stabilizzano, e che possono causare danni alle tubazioni; impossibilità di mantenere stabile la pressione dopo 12 ore senza integrazioni per almeno due ore.

Eventuali cali di pressione possono essere dovuti a variazioni di temperatura, presenza d'aria, assestamenti del terreno e blocchi d'ancoraggio, espansione dei giunti non rigidi. La fase di stabilizzazione si considera conclusa se non si manifestano apprezzabili variazioni di pressione per almeno 2 ore, senza ricorrere ad integrazioni di acqua.

#### Criteri di accettazione della prova

La prova di tenuta idraulica sarà considerata positiva se alla fine del tempo stabilito per la prova, sarà conseguito almeno uno dei seguenti punti:

- durante la durata della prova idraulica la pressione si è mantenuta stabile;
- non si sono manifestate perdite visibili nella condotta, nei giunti e nella strumentazione di collaudo;
- la variazione di pressione tra l'inizio e la fine della prova di tenuta idraulica è consequenziale alla variazione di temperatura dell'acqua di collaudo;
- la variazione di pressione tra l'inizio e la fine della prova di tenuta idraulica è consequenziale alla presenza di sacche d'aria nella linea;
- qualora i giunti della linea siano stati realizzati con elastomeri e ci sia un calo di pressione, la pressione iniziale si

ripristinata pompando una quantità d'acqua non superiore (AWWA M 11 — Manual of water supply practice):  $Q = 0,0001 D \times L \times H$

dove: Q = quantità d'acqua (litri); D = diametro del tubo (mm); L = lunghezza della linea (m); H = tempo (12 ore);

J) una combinazione dei punti di cui alle lettere precedenti.

Comunque la buona riuscita di ogni prova sarà dimostrata dai concreti risultati dell'esame dei giunti e del manometro registratore. Non potrà convalidarsi una prova in base all'indicazione, ancorché buone, del solo manometro registratore, senza che sia stata effettuata la completa ispezione dei giunti. Il direttore dei lavori potrà, in particolari casi, considerare la prova con esito positivo sulla scorta delle risultanze del grafico del manometro registratore ufficialmente tarato e dell'esame visivo dei giunti. Tutte le operazioni di riparazione o sostituzione di elementi di condotta che in seguito a questa prova si siano rivelati inadatti saranno a carico dell'appaltatore.

#### *Rinterro*

Eseguita la prova di tenuta idraulica si procederà al primo rinterro dei tratti di condotta ancora scoperti con le modalità ed i materiali idonei. La prova di tenuta idraulica potrà essere ripetuta dopo il rinterro definitivo della condotta, salvo le diverse disposizioni della direzione dei lavori. A rinterro ultimato, si avrà cura di effettuare gli opportuni ricarichi laddove si potessero manifestare assestamenti

### 105.4 *La prova di isolamento sulle tubazioni metalliche con armature metalliche*

Sulle tubazioni metalliche o con armature metalliche munite di rivestimento protettivo esterno, al termine delle operazioni di completamento e di eventuale ripristino della protezione stessa, saranno eseguite determinazioni della resistenza di isolamento delle tubazioni in opera per tronchi isolati al fine di controllare la continuità del rivestimento protettivo, procedendo alla individuazione ed all'eliminazione dei punti di discontinuità del rivestimento. Qualora la determinazione, della resistenza di isolamento, eseguita ad esempio a mezzo di rilevatori a scintilla, rilevi dispersioni elettriche al di sopra dei valori ammissibili fissati dal progettista, si dovrà procedere alla riparazione dei rivestimenti lesionati con le modalità consigliate dal costruttore in relazione al tipo di rivestimento di cui la tubazione è dotata. La riuscita del restauro del rivestimento dovrà essere nuovamente controllata mediante il rilevatore originariamente utilizzato. Il ripristino del rivestimento protettivo esterno dovrà essere eseguito con ogni cura, dopo la saldatura delle giunzioni ai due lati del giunto su una larga superficie ben rattivata e murata di invito a becco di flauto, facendo attenzione che non si creino soluzioni di continuità fra il rivestimento già esistente sui tubi e quello ripristinato in corrispondenza del giunto. Le caratteristiche dei materiali da impiegarsi nel ripristino del rivestimento e le modalità di esecuzione dovranno essere conformi alle istruzioni indicate dal costruttore.

### 105.5 *Prova di un tronco antisfilamento*

Il collaudo di un tronco antisfilamento deve essere eseguito lasciando scoperta la condotta, per consentire la messa in trazione sotto l'effetto della pressione. Durante la prova le estremità dei tubi non dovranno essere opportunamente essere ancorate. Il rinterro della trincea dovrà essere eseguito mantenendo in pressione il tratto di condotta.

## Art. 106 **Condotte in ghisa**

### 106.1 *Prove di durezza Brinell, resistenza a trazione e resistenza alla pressione interna*

I tubi in ghisa sferoidale devono essere sottoposti a prove di durezza Brinell, resistenza alla trazione e resistenza alla pressione interna. La divisione in lotti, l'esecuzione delle prove ed i valori di resistenza devono corrispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN 545 e UNI EN 969.

Per le condotte d'acqua di gas, secondo il punto 4.3.2 della UNI EN 545 e della UNI EN 969, la durezza Brinell non dovrà essere maggiore di 230 HB per le tubazioni e di 250 HB per i raccordi.

### 106.2 *Tubazioni ghisa sferoidale per condotte d'acqua — Pressioni di funzionamento ammissibili (PFA)*

Le pressioni di funzionamento per tubi in ghisa sferoidale per condotte d'acqua, con giunto a bicchiere ed estremità liscia, in rapporto ai vari diametri nominali, sono quelle previste dal prospetto A1, del punto A.2 dell'appendice A, della UNI EN 545. In tale prospetto sono considerate le seguenti pressioni per le classi di spessore K9 e K10:

- PFA: pressione di funzionamento ammissibile. La pressione interna massima, non compreso il colpo d'ariete, che un componente della condotta può sopportare in modo continuo in regime idraulico permanente;

- PMA: pressione massima ammissibile. La pressione interna massima, compreso il colpo d'ariete, che un componente della condotta può sopportare in esercizio;

- PEA: pressione di prova ammissibile. La pressione idrostatica che può essere applicata in sito al componente di una condotta nuova.

Per i tubi a flangia e relativi raccordi si rimanda al prospetto A2, del punto A.4 dell'allegato A ed ai paragrafi 9.2 e 9.4 della UNI EN 545 che riporta, per le pressioni PN 10, PN 16, PN 25 e PN 40, la corrispondenza tra PN e PFA, PMA e PEA.

### 106.3 *Lunghezze ammissibili*

Per il collaudo idraulico della condotta in ghisa si raccomanda di non superare lunghezze di 500 m; in quanto l'eccessiva lunghezza del tronco di condotta renderebbe difficoltosa la ricerca di eventuali perdite. Il collaudo di tratti di condotta di lunghezze maggiori dovrà essere autorizzato dalla direzione dei lavori.

### 106.4 *Norme di riferimento*

UNI EN 545- Tubi, raccordi ed accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi per condotte d'acqua. Prescrizioni e metodi di prova.

UNI EN 598 - Tubi, raccordi ed accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi i per fognatura. Prescrizioni e metodi di prova.

UNI EN 969 -Tubi, raccordi ed accessori di ghisa sferoidale e loro assemblaggi o per condotte di gas. Prescrizioni e metodi di prova.

UNI ISO 10802 - Tubazioni di ghisa a grafite sferoidale. Prove idrostatiche dopo posa.

UNI EN 124 - Dispositivi di coronamento e di chiusura per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli. Principi di costruzione, prove di tipo, marcatura, controllo di qualità.

UNI EN 681-1 - Elementi di tenuta in elastomero. Requisiti dei materiali per giunti di tenuta nelle tubazioni utilizzate per adduzione e scarico dell'acqua. Gomma vulcanizzata.

## Art. 107 **Condotte in PRFV**

### 107.1 *Prove di controllo e accettazione*

Ai fini dell'esecuzione delle prove la fornitura dovrà essere suddivisa in lotti di n. 200 pezzi ciascuno omogenei per DN, PN, e Rg con l'avvertenza che spezzoni di fornitura di numero superiore a 60 pezzi costituisce lotto. L'appartenenza di un tubo ad un determinato lotto deve essere chiaramente individuabile, Il singolo lotto verrà accettato se il numero dei provini previsti per la sua verifica supera la prova. Se la prova non viene superata anche da uno solo dei provini essa verrà ripetuta su un numero di provini doppio di quello previsto. Se tutti i provini superano la prova, il lotto viene definitivamente accettato; altrimenti il lotto stesso verrà rifiutato.

In particolare si precisa che: i tubi che risultassero fabbricati con materie prime non rispondenti ai requisiti richiesti saranno rifiutati indipendentemente dall'esito delle prove; tutte le prove saranno ritenute valide solo se i provini ed i tubi dai quali gli stessi provengono risulteranno avere il contenuto di stirene non reagito superiore a 0,50% in peso calcolato sulla resina del liner.

Le prove, da effettuare a temperatura ambiente su provini costituiti, secondo i casi, da tubi della lunghezza originale o da spezzoni di tubo, si possono dividere nei seguenti due tipi: prove distruttive e prove non distruttive.

### 107.2 *Prove distruttive*

Le prove distruttive dovranno essere eseguite in numero di una per ogni partita omogenea di tubazioni, si intendono come prove di qualificazione e di verifica di calcolo, pertanto si eseguiranno all'inizio della fornitura su tubi di diametro e caratteristiche eguali a quelle della tubazione in collaudo, a meno delle prove di fessurazione e di tenuta del giunto, che, nel caso di tubi di diametro maggiore di 1000 mm, saranno eseguite su tubi anche di diametro differente, ma di caratteristiche tali da permettere un'agevole e sicura estrapolazione ai diametri effettivi.

Le prove distruttive comprendono: -prova di fessurazione e/o rottura per pressione interna; -prova di schiacciamento fra piatti paralleli; -percentuale di vetro e resina nel manufatto; -prova di tenuta su giunto.

### 107.3 *Prova di fessurazione e/o rottura per pressione interna*

Per tubi il cui diametro arriva a 1000 mm incluso, la prova verrà eseguita secondo ASTM D 1599 a meno della termostatazione. La prova consiste nel portare il campione ad una pressione pari a 4\* PN e tenuto per 60" a questa pressione senza che si manifestino perdite. Dopo di ciò il campione sarà smontato per verificare visivamente che non si sia avuta fessurazione nel liner interno. Per i diametri maggiori di 1000 mm le caratteristiche meccaniche si potranno, in alternativa, determinare mediante trazione su provette circolari ricavate dalla parete del tubo avendo dimostrato che l'allungamento del liner supera quello dichiarato nel calcolo statico della tubazione secondo la norma UNI9033.

### 107.4 *Prova di schiacciamento fra piatti paralleli*

La prova si eseguirà secondo ASTM D 2412 a meno della termostatazione. Dalla prova si ricaverà l'indice di rigidità trasversale e la deflessione a cui avviene la lesione (rottura).

L'indice di rigidità trasversale Rg si determinerà sottoponendo il campione al 3% di deflessione, secondo la relazione:

$$Rg = EI / D3 = (0,149/8) (F/Dy) (N/mm^2)$$

dove: F = carico esterno sulla generatrice di un tubo (N/m) ;Dy = deflessione verticale in m, corrispondente al 3%.

Il campione scelto per la prova dovrà avere la seguente tolleranza sullo spessore dichiarato: in meno 5%, in più 20%.

### 107.5 *Percentuale di vetro e resina nel manufatto*

Verrà eseguita sui campioni tratti dai provizi delle prove di fessurazione elorottura per pressione interna e prova di schiacciamento fra piatti paralleli secondo ASTM D 2584. La prova dovrà essere effettuata distintamente per i vari strati componenti la parete del tubo.

### 107.6 *Prova di tenuta su giunto*

La prova si eseguirà secondo la norma ASTM 1) 1599, a meno della termostatazione, su un campione comprendente nella zona centrale un giunto, montato secondo le normali istruzioni di posa. Il campione si porterà ad una pressione di prova pari a 4\* PN e tenuto per 60" a tale pressione senza che si manifestino perdite nel giunto.

### 107.7 *Controllo delle materie prime (resine)*

Nello stabilimento di fabbricazione dei tubi si provvederà con apposite prove sistemati- che al controllo delle seguenti caratteristiche di ogni partita di resina approvvigionata: viscosità (ASTM D 2393/80); numero di acido secondo DIN-53402; curva esotermica (ASTM D 2471); durezza Barcol (ASTM D 2583); percentuale di stirolo nel liquido secondo UNI9179.

I valori ottenuti dovranno rientrare nelle tolleranze previste nelle schede di collaudo che il fornitore della resina dovrà inviare per ogni singolo approvvigionamento al produttore dei tubi, nel rispetto dei limiti seguenti:

a) per resine poliestere del tipo isoftalico o ortoftalico di elevata resistenza all'idrolisi: temperatura di distorsione termica (HDT) secondo ASTM D 648: minima 80° C carico di rottura a trazione secondo ASTM D 638: minimo 5000 N/cm<sup>2</sup> ;allungamento a rottura a trazione secondo ASTM D 638: minimo 3% ;modulo elastico a trazione secondo ASTM D 638: minimo 300000 N/cm<sup>2</sup> ;carico di rottura a flessione secondo ASTM D 790: minimo 9000 N/cm<sup>2</sup> ;modulo elastico a flessione secondo ASTM D 790: minimo 300000 N/cm<sup>2</sup> ; assorbimento d'acqua secondo ASTM D 570: massimo 0,5% ; numero di acido secondo MN 53402: massimo 35 mg K OH/g ; viscosità a 25°C secondo ASTM 2393/80: massimo 500 cP

b) per resine poliestere del tipo isoftalico o bisfenolico o vinilestere di elevata resistenza all'idrolisi:

allungamento a trazione ASTM D 638: minimo 4%; resistenza a trazione ASTM D 638: minimo 4000 N/cm; numero acido DIN 53402: max 30 mg K OH/g ;viscosità a 25° C secondo ASTM D 2393/80: max 500 cP.

In tali schede dovrà inoltre essere chiaramente indicato il tipo di resina, il nome commerciale e la quantità in chilogrammi fornita, cui si riferisce la scheda di collaudo stessa.

### 107.8 *Esame visivo*

Le tubazioni dovranno risultare prive da tutti quei difetti quali scheggiature, delair iazire ni, bolle d'aria, inclusioni di corpi estranei, porosità superficiali, fessurazioni, zone, scarsamente impregnate di resina o prive di rinforzo, che, per la loro natura, grado od estrusione, possano in modo determinante inficiare la resistenza e l'affidabilità delle tubazioni. Lo strato interno, liner, dovrà avere uno spessore complessivo non inferiore a 1,3 mm.

### 107.9 *Controllo dimensionale*

Il controllo dimensionale si eseguirà su due tubi per ogni lotto fornito. La misura del diametro si ricaverà come media di 4 misure di diametro a 45° circa tra di loro, effettuate con tubo posato su un piano orizzontale ed in posizione fissa durante l'esecuzione dei rilievi. Le tolleranze ammesse sono quelle previste dalle norme UNIapplicabili. Lo strumento usato per i rilievi dovrà avere errore non maggiore di 1/4 della tolleranza prescritta.

La misura dello spessore del tubo o di parte di esso sarà la media di 10 misure eseguite in 10 punti diversi scelti casualmente, a giudizio del collaudatore, fuori dalle zone a spessore variato per esigenze di montaggio o di altre necessità.

Gli spessori saranno misurati con qualsiasi strumento avente le seguenti precisioni: per spessori fino a 10 mm  $\pm 0,2$  mm ; per spessori di 10 mm e oltre  $\pm 0,3$  mm.

Se si utilizzano comparatori, questi dovranno avere le punte con raggio di curvatura  $R > 12,5$  mm.

### 107.10 *Controllo polimerizzazione*

Il controllo di polimerizzazione si deve eseguire su campioni sottoposti alle prove distruttive secondo la norma UNI9179.

Prova di tenuta idraulica

Per la prova idraulica si utilizzerà normalmente acqua ( $g = 1$ ) o in particolari casi acqua di mare ( $g = 1,025$ ), si consiglia di collaudare linee o tratti di linea di lunghezza non superiore ai 1000-1500 m.

La pressione di collaudo sarà normalmente 1,5 volte la pressione idraulica di progetto che si ha nel punto più basso del tratto di linea in esame.

Il valore della pressione di collaudo sarà:  $P_p = P_m \pm DH \times \square$

dove:  $P_p$  pressione di collaudo;  $P_m$  = pressione monometrica;  $DH$  = dislivello geodetico;  $\square$  peso specifico dell'acqua  
 $\pm$  = manometro più alto/più basso rispetto al punto più bassa della linea.

Eseguita la pulizia della linea si potrà procedere al riempimento d'acqua della linea, avendo cura di controllare che siano utilizzate pompe idonee per il riempimento della linea e per la sua pressurizzazione, che tutti gli sfiati siano aperti, che la stessa si riempia lentamente possibilmente dal basso verso l'alto, per favorire la fuoriuscita dell'aria.

#### 107.11 *Norme di riferimento*

La normativa seguita per progetto, prove e applicazioni di tubi in PRFV è la seguente:

UNI9032 Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Tipi, dimensioni e requisiti.

UNI9033-1 -Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Generalità. Campionamento.

UNI9033-2 - Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Controllo delle materie prime.

UNI9033-3 -Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Ispezione visiva.

UNI9033-4 -Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Controllo delle dimensioni.

UNI9033-6 - Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Determinazione del grado di polimerizzazione tramite il contenuto residuo di stirene monomero e del contenuto medio, in massa, di vetro.

UNI9033-9- Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Determinazione della resistenza all'urto mediante caduta di un corpo percussore.

UNI9033-10-Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al taglio della parete del tubo.

UNI9033-11-Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Determinazione della resistenza all'abrasione dello strato interno.

UNI9033-14-Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Determinazione della rigidità trasversale a lungo termine.

UNI9033-16-Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodi di prova. Determinazione del rilassamento.

UNI9033-17-Tubi di resine termoindurenti rinforzate con fibre di vetro (PRFV) con o senza cariche. Metodo di prova. Determinazione della pressione esterna o depressione interna di collasso.

UNI1282 - Elementi di tubazione. Serie dei diametri nominali.

#### Art. 108 **Condotte in PEa.d.**

##### 108.1 *Prova idraulica*

La prova idraulica dei tubi in PE a.d. si effettuerà su tratte di opportuna lunghezza, preferibilmente non superiore a 500 m, potrà essere uguale alla distanza tra i pozzetti d'ispezione comunque fino ad un massimo di 1000 m.

##### 108.2 *Prova a 1 ora (preliminare - indicativa)*

Si porterà la tratta interessata alla pressione di prova idraulica (1,5 volte la pressione nominale a 20°C) e si isolerà il sistema dalla pompa di prova per un periodo di 1 ora; nel caso di calo di pressione si misurerà il quantitativo di acqua occorrente per ripristinare la pressione di prova.

Tale quantitativo non dovrà superare il quantitativo d'acqua ricavato con la seguente formula:  $0,125 \times 1$  per ogni km di condotta, per ogni 3 bar, per ogni 25 mm di diametro interno.

##### 108.3 *Prova a 12 ore*

Effettuata la prova ad 1 ora ed avendo ottenuto risultato positivo, si procederà al collaudo a 12 ore lasciando la tratta interessata alla pressione di prova (1,5 volte la pressione nominale) per tale periodo. Trascorso tale termine, nel caso di calo di pressione, il quantitativo di acqua necessaria per ristabilire la pressione di prova non dovrà superare il quantitativo di acqua ottenuto con la precedente formula riferita a 12 ore. Solo in quest'ultimo caso, il collaudo da ritenersi positivo.

##### 108.4 *Prova di tenuta idraulica effettuata con aria*

La tenuta di condotte a gravità può essere provata a bassa pressione in accordo alla normativa finlandese SFS3114.E: Prova di tenuta effettuata con aria di condotte fognanti e di drenaggio sotterranee e pozzetti.

La pressione di prova deve essere inferiore a 4 m di colonna d'acqua.

Nel sistema di prova si inserirà una valvola di sicurezza tarata a 4 mwh.

Si inietta aria leggermente compressa all'interno di una tratta della condotta sigillata ai due estremi e si misura la caduta di pressione nel tempo.

La tenuta all'aria della sezione di condotta deve essere verificata su un certo intervallo di pressione prendendo nota della velocità con cui la pressione dell'aria diminuisce.

Se la condotta sotto prova è particolarmente lunga o i due estremi si trovano a quote molto diverse, è importante verificare che la differenza di pressione fra il punto più alto ed il punto più basso della condotta sotto prova non superi i 25 kPa (0,25 bar).

#### 108.5 *Prova di tenuta idraulica alla pressione interna dei tubi e/o dei giunti*

La prova di tenuta idraulica alla pressione interna dei tubi verrà effettuata secondo le indicazioni del punto 4.3 della UNI7615. Tale prova potrà essere eseguita su tubi in rotoli o su tratti di condotte in opera in cui sia compreso almeno un giunto.

Per i tubi di PE a.d. tipo 312 il valore della pressione da mantenere durante la prova sarà, 5 volte la pressione normale, che dovrà essere raggiunto in circa 30 s e mantenuto per un tempo non minore di 2 mm.

Per i tubi di PEa.d. tipo 303 il valore della pressione da mantenere durante la prova sarà 0,05 MPa, che dovrà essere raggiunto in circa 30 s e mantenuto per un tempo non minore di 2 min. La prova di tenuta idraulica alla pressione interna sarà ritenuta accettabile se non ci saranno perdite, deformazioni o altre irregolarità.

#### 108.6 *Prova di tenuta idraulica di resistenza alla pressione interna*

La prova di tenuta idraulica di resistenza alla pressione interna ha lo scopo di determinare la pressione interna su provetta, applicando una data sollecitazione, mantenuta costante nel tempo, alla temperatura di 20°C o di 80°C.

La prova secondo la norma UNI7615 vengono distinte in:

- prove di accettazione: eseguita alla temperatura di 20°C per la durata di 1 h ed alla pressione costante di 15 MPa;
- prove di tipo: eseguita alla temperatura di 80°C per la durata di 170 h ed alla pressione costante di 3 MPa.

#### 108.7 *Esame visivo*

L'esame visivo della tubazione secondo la norma UNI7615 ha lo scopo di verificare:

- le perfette condizioni della superficie esterna ed interna;- l'assenza di ondulazioni;-l'assenza di bolle o di cavità;- l'assenza di striature.

#### 108.8 *Norme di riferimento*

UNI7615 - Tubi di polietilene ad alta densità. Metodi di prova.

UNI7616 - Raccordi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Metodi di prova.

UNI8321 - Tubi di polipropilene (PP). Metodi di prova.

### Art. 109 **Condotte in PVC per fognature**

#### 109.1 *Prova di tenuta idraulica*

Una pressione minima di 0,3 m d'acqua (misurata al punto più alto del tubo), sarà applicata alla parte più alta della canalizzazione e una pressione massima non superiore a 0,75 m d'acqua sarà applicata alla parte terminale più bassa. Nel caso di canalizzazioni con forti pendenze, può essere necessario effettuare la prova per sezioni, onde evitare pressioni eccessive.

Il sistema dovrà essere lasciato pieno d'acqua almeno un'ora prima di effettuare qualsiasi rilevamento.

La perdita d'acqua, trascorso tale periodo, sarà accertata aggiungendo, ad intervalli regolari, con un cilindro graduato e prendendo nota della quantità necessaria per mantenere il livello originale. La perdita d'acqua non deve essere superiore a 3 l/km per ogni 25 mm di diametro interno, per 3 bar e per 24 ore. In accordo con la direzione lavori potrà essere utilizzato anche un altro, idoneo, di collaudo della tubazione.

#### 109.2 *Norme di riferimento*

UNI7448 - Tubi di PVC rigido (no4 plastificato). Metodi di prova.

UNI7449- Raccordi e flange di PVC rigido (non plastificato). Metodi di prova.

UNI EN 917 - Sistemi di tubazioni di materia plastica. Valvole di materiale termoplastico. Metodi di prova per la resistenza alla pressione interna ed alla tenuta.

UNI EN 921- Sistemi di tubazioni di materia plastica. Tubi di materiale termoplastico. Determinazione della resistenza alla pressione interna a temperatura costante.

## Art. 110 **Condotte in cemento armato**

### 110.1 *Prova di tenuta Idraulica*

Le prove di tenuta idraulica delle condotte in opera verranno eseguite dopo aver tenuto le stesse piene d'acqua per almeno 10 giorni.

La prova deve essere eseguita su tratti di condotta aventi lunghezza massima di 500 m.

La prova verrà eseguita mantenendo il punto più depresso della tratta alla pressione PN 1 bar per 12 ore e sarà ritenuta di esito positivo se non si sarà verificata alcuna perdita concentrata e complessivamente non si sarà registrata una perdita di acqua superiore a 1 litro per ogni 5 mq di superficie interna del tubo con tolleranza 10% fino a DN 50 cm e 5% oltre.

## Art. 111 **Condotte in acciaio**

### 111.1 *Prova idraulica dei tubi in stabilimento*

Tutti i tubi, prima di essere rivestiti, saranno sottoposti in stabilimento alla prova idraulica secondo le modalità del punto 9.7.1 della UNI 10224, sottoponendoli ad una pressione di prova non minore di 1,5 PN, ma tale da non produrre una sollecitazione del materiale superiore all'80 % del carico unitario di snervamento.

La pressione di prova idraulica, del diametro nominale, spessore, serie e qualità dell'acciaio, è indicata nel prospetto X della UNI 10224.

Durante la prova idraulica il tubo sarà sottoposto a martellamento in prossimità delle saldature, ad entrambe le estremità, con martelli di peso non inferiore a 500 g e per il tempo che si riterrà sufficiente onde accertare con sicurezza che non si verificano trasudamenti, porosità, cricche ed altri difetti. La durata della prova dovrà comunque in ogni caso non essere inferiore a 10 secondi. Tubi con difetti di saldatura possono essere nuovamente saldati in maniera opportuna e dovranno essere sottoposti ad una seconda prova idraulica.

### 111.2 *Prove di controllo in stabilimento*

#### 111.2.1 *Lamiere*

Le lamiere devono essere soggette alle seguenti prove:

1) prova di trazione longitudinale e trasversale, prova di resilienza, da eseguirsi con le modalità definite dalle tabelle UNI 556-4713;

2) analisi chimica, da attuarsi per ogni colata, su campioni prelevati dalle lamiere. Le lamiere dovranno essere contraddistinte dal numero di colata, che dovrà essere riportato su ciascun tubo. Le prove dovranno essere eseguite dal produttore e i certificati dovranno accompagnare la fornitura per essere poi messi a disposizione del collaudatore per conto del committente dei tubi, il quale avrà la facoltà di fare eseguire prove di controllo.

#### 111.2.2 *Tubi*

Le prove devono essere eseguite, per ogni partita di tubi, contraddistinti dallo stesso numero di colata, su un tubo scelto a caso per ogni lotto di:

400 tubi o meno, per diametro esterno inferiore a 150 mm;

200 tubi o meno, per diametro esterno compreso tra 150 e 300 mm;

100 tubi o meno, per diametro esterno superiore a 300 mm.

Le prove sono riportate di seguito:

a) prova di trazione longitudinale e trasversale su provetta ricavata dal corpo del tubo in zone normali o parallele agli andamenti delle saldature: le modalità di esecuzione e la determinazione dei valori della prova devono essere conformi alle prescrizioni dalla UNI EN 10002-1 con le modalità della UM EN 10224;

b) prova di curvatura: le modalità di esecuzione e la determinazione dei valori della prova dovranno essere conformi a quanto prescritto dalla UNI 564, secondo le indicazioni della UNI EN 10224;

c) prova di schiacciamento: le modalità di esecuzione e la determinazione dei valori della prova devono essere conformi a quanto prescritto dalla UNI EN 10233, secondo le indicazioni della UNI EN 10224;

d) prova di piegamento: le modalità di esecuzione e la determinazione dei valori della prova devono essere conformi a quanto prescritto dalla norma con le modalità della UNI EN 10224.

#### 111.2.3 *Controlli non distruttivi delle saldature*

Il controllo non distruttivo delle saldature deve essere eseguito sistematicamente su tutte le saldature, a tubo nudo, con gli ultrasuoni. Nei casi di risultati incerti è consigliabile provvedere al successivo controllo radiografico. Ogni imperfezione o difetto individuato con detti controlli deve essere eliminato dall'appaltatore, eventualmente anche con la sostituzione del tubo. Le norme di riferimento sono:

UNI EN 970 - Controllo non distruttivo di saldature per fissione;

UNI EN 1435 - Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo radiografico dei giunti saldati;

UNI EN 12517- Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo radiografico dei giunti saldati. Livelli di accettabilità;

UNI EN 25817 - Giunti saldati ad arco in acciaio. Guida sui livelli di qualità delle imperfezioni. Condotte in fibrocemento

a) Il controllo con ultrasuoni

Il controllo dei tubi senza saldatura mediante ultrasuoni impiega onde trasversali a impulsi immersi obliquamente, come illustrato dalla figura 7.2, usando la tecnica per riflessione. Da questa si può osservare la propagazione, a zig-zag, entro la sezione del tubo, del fascio di raggi sonori utile per individuare i difetti longitudinali, superficiali e interni. Questo metodo consente di identificare facilmente la presenza di cricche radiali, di sdoppiature, ecc. Va notato che i difetti interni dei tubi aventi un rapporto diametro/spessore < 5 non possono essere individuati con gli ultrasuoni. Per la rilevazione dei difetti è importante la scelta dell'angolazione del trasduttore al variare dello spessore del tubo; sono considerati migliori gli angoli di incidenza sulla superficie interna di circa 60-80° (figura 7.4). Per tubi di diametro superiore a 400 mm, poiché il percorso a zig-zag del fascio di onde trasversali non può investire tutta la circonferenza per effetto dell'attenuazione, è necessario esaminare il tubo considerando diverse generatrici. A questo scopo devono essere impiegati dei trasduttori angolari con le angolazioni fisse di 45° ÷ 60°, in funzione dello spessore del tubo. Per l'esame dei tubi di diametro esterno di 100-400 mm si devono adottare particolari trasduttori doppi angolati. Questo sistema permette l'individuazione dei difetti (sdoppiature) particolarmente orientati e non visibili con un solo trasduttore. Il metodo utilizza due fasci di onde viaggianti in due diverse direzioni opposte. Nel diagramma il difetto è individuato due volte, simmetricamente rispetto all'eco di riferimento (figura 7.3).

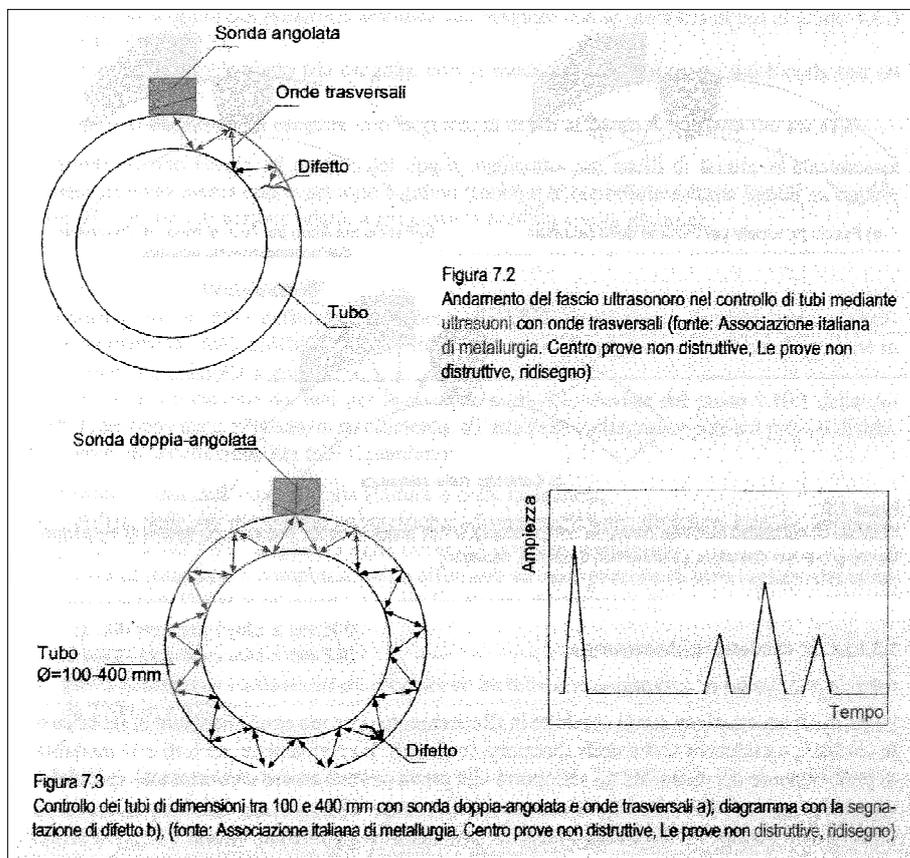
L'esame dei tubi saldati è eseguito con apposita sonda angolata che emette due fasci di onde: il fascio principale per l'esame della saldatura e il fascio ausiliario per l'eco di fondo di riferimento per l'accoppiamento acustico (figura 7.5). Le norme di riferimento sono:

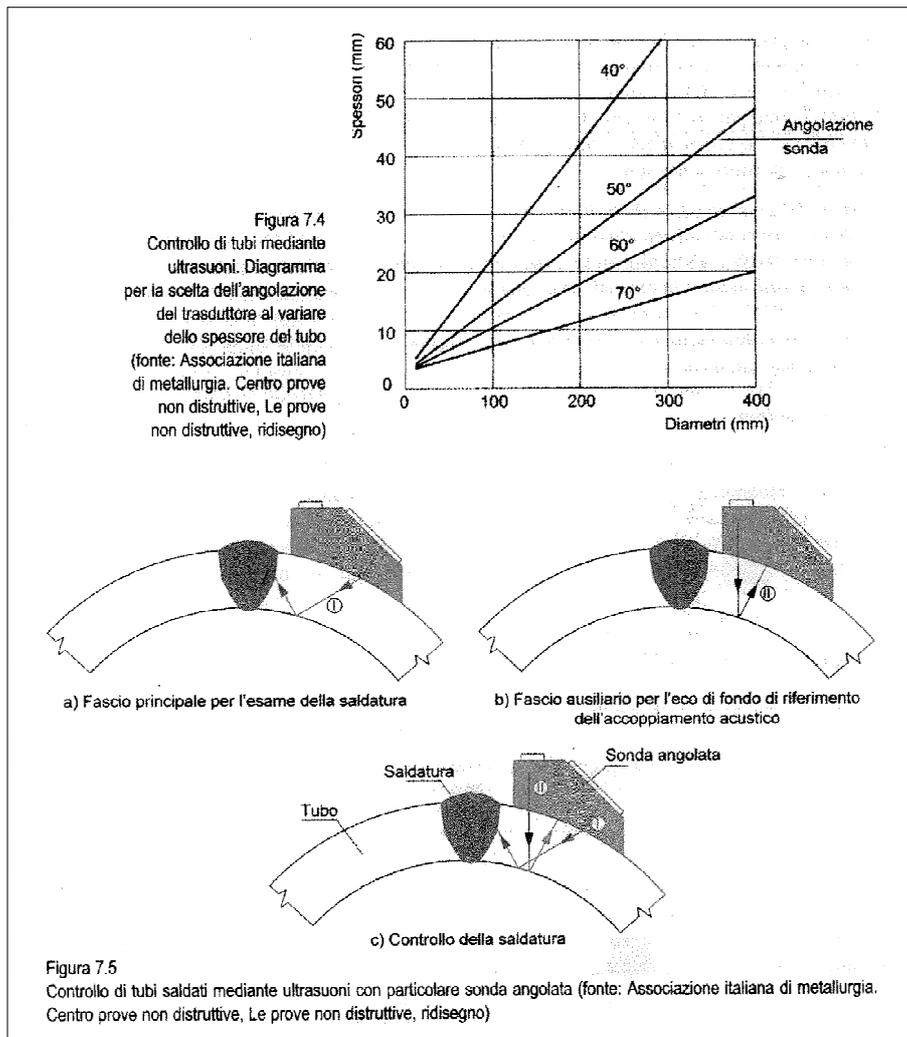
UNI7603 — Prove non distruttive dei materiali ferrosi . Controllo con ultrasuoni delle saldature longitudinali od elicoidali dei tubi di acciaio saldati ad arco sommerso;

UNI ISO 9305 — Tubi di acciaio senza saldatura per impieghi a pressione. Controllo con ultrasuoni su tutta la circonferenza per la rilevazione di imperfezioni trasversali;

UNIISO 9764 — Tubi di acciaio saldati per resistenza elettrica o a induzione per impieghi a pressione. Rilevazione delle imperfezioni longitudinali nel cordone di saldatura mediante controllo con ultrasuoni;

UNI EN 1714— Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati.





### 111.3 Controlli giunzioni saldate in opera

#### 111.3.1 Giunzioni saldate

Potranno essere del tipo con “*giungto a sovrapposizione*” e con “*giungto di testa*”. In tutti i casi i tubi dovranno essere accoppiati in asse, in modo che la saldatura si verifichi in posizione corretta.

Per la migliore riuscita delle giunzioni saldate, di norma all'arco elettrico, l'Appaltatore dovrà studiare, in accordo con la Direzione Lavori, quale sia il numero più conveniente degli strati di saldatura (passate) per ogni cordone, il calibro più conveniente dell'elettrodo per ogni passata e la più conveniente velocità di avanzamento delle saldature.

In ogni caso le saldature dovranno essere eseguite da personale di provata capacità, qualificato per lavori del genere secondo le norme che seguono e provvisto di tutte le attrezzature necessarie:

**UNI 4533** - Classificazione e qualifica del saldatori elettrici. Saldatori per tubazioni di spessore  $\geq 4$  mm di acciaio dolce od a bassa lega.

**UNI 5770** - Classificazione e qualifica del saldatori ossiacetilenici. Saldatori per tubazioni di spessore  $\leq 7$  mm di acciaio dolce, acciaio al Mn ad elevato carico di snervamento ed acciaio legato.

Con riguardo ai procedimenti di saldatura ed ai relativi materiali di impiego, alle prove, ecc., si richiamano poi alcune norme:

**UNI EN 288-1** Specificazione o qualificazione delle procedure di saldatura per metalli. Specificazione delle procedure di saldatura per saldature ad arco (v. anche UNI EN 288-7).

**UNI EN 288-9** Idem. Prova di qualificazione delle procedure di saldatura per la saldatura testa a testa di tubazioni a terra ed in mare.

**UNI EN ISO 9692-1** Saldatura e procedimenti connessi. Raccomandazioni per la preparazione dei giunti. Parte 1a - Saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco con elettrodo fusibile sotto proiezione di gas, saldatura a gas, saldatura TIG e saldatura laser degli acciai.

**UNI EN 499** Materiali di apporto per saldatura. Elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco con acciai non legati e di acciai a grana fine. Classificazione.

**UNI 14163** Industria del petrolio e del gas naturale. Condotte per sistemi di trasporto. Saldature delle condotte.

**UNI EN 12732** Trasporto e distribuzione del gas. Saldatura delle tubazioni di acciaio. Requisiti funzionali.

<b>UNI EN 10246/10</b>	Prove non distruttive dei tubi di acciaio. Controllo radiografico delle saldature dei tubi.
<b>UNI EN ISO 13588</b>	Prove non distruttive delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni - Utilizzo della tecnologia automatizzata multi-elemento.
<b>UNI EN ISO 19285</b>	Prove non distruttive delle saldature - Prove a ultrasuoni "phased array" (PAUT) - Livelli di accettazione.

**TAB. 63. Elettrodi per giunzioni saldate. Indirizzo di Impiego**

Le estremità dei tubi da saldare dovranno essere accuratamente tenute libere da ruggine o da altri ossidi, pelle di laminazione, tracce di bitume, grassi, scaglie ed impurità varie in modo da presentare il metallo perfettamente pulito. Lo spessore delle saldature dovrà essere di regola non inferiore a quello del tubo e presentare un profilo convesso (con sovrametallo variante da 1 a 1,5 mm) e ben raccordato col materiale di base. La sezione della saldatura dovrà essere uniforme e la superficie esterna regolare, di larghezza costante senza porosità od altri difetti apparenti.

Gli elettrodi dovranno essere del tipo rivestito, di qualità e caratteristiche corrispondenti alla UNI EN ISO 2560, e verranno impiegati secondo le indicazioni della tabella accanto, tenendo presente che il metallo d'apporto dovrà essere scelto con caratteristiche meccaniche analoghe a quelle del metallo di base. Le saldatrici, le motosaldatrici, le linee elettriche di collegamento e gli accessori relativi dovranno essere mantenuti durante tutta la durata del lavoro in condizioni tali da assicurare la corretta esecuzione e la continuità del lavoro nonché la sicurezza del personale.

Acciaio		Fe 360 UNI 6363	Fe 410 UNI 6363	Fe 510* UNI 6363
Elettrodi I passata	Classifica UNI 2560	Cellulosico E44T3C10	Cellulosico E44T3C10	Cellulosico E44T3C10
Elettrodi II passata e passate successive	Classifica UNI 2560	Basico** E44L4B20 Cellulosico E44T3C10	Basico** E44L4B20 Cellulosico E44T3C10	Basico** E44L4B20 Cellulosico E44T3C10
Preriscaldamento		a 50° C se t ≤ 5°	a 50° C se t ≤ 5° C	a 100° C
*Per questo tipo di acciaio è consigliato il procedimento di saldatura ascendente; in questo caso è consigliabile l'angolo di smusso di 37° e 30°. Nel caso di saldatura con procedimento discendente è consigliabile l'angolo di smusso di 30° con una distanza tra i lembi di circa 2 mm				
**Possono essere utilizzati elettrodi con simbolo L anziché T purché venga assicurato che l'elettrodo sia idoneo per la saldatura dei tubi				

Nel caso di giunti a sovrapposizione (bicchiere cilindrico o sferico) il numero delle passate per saldature normali di tenuta e resistenza non sarà mai inferiore a 2 per tubi fino a DN 150 e non inferiore a 3 per DN superiori. Il diametro degli elettrodi sarà di norma di 3,25 mm per tubi fino a DN 150; per tubi con DN superiori sarà di 3,25 mm per la prima passata e di 4 mm per le successive, come compendiate nella tabella 64.

**TAB. 64. Giunzioni per saldatura a sovrapposizione. Numero di passate e diametro degli elettrodi**

Nell'esecuzione del giunto sferico con camera d'aria sarà opportuno impiegare gli elettrodi di piccolo diametro e con

intensità di corrente piuttosto bassa; inoltre occorrerà fasciare la tubazione, in vicinanza della saldatura, con nastro di feltro imbevuto d'acqua, sia a valle che a monte del giunto, curando di ribagnare i feltri per ogni elettrodo consumato, allo scopo di dissipare il calore ed impedire la fusione o la sublimazione del materiale di protezione interna (rivestimento bituminoso a spessore, resina epossidica, ecc.).

DIMENSIONE DEI TUBI		Passate n.	ELETTRODI
Diametro Nominale DN	Spessore mm		Diametro mm
80	3,2	2	3,25
100	3,6		
125	4		
150	4		
200	5	3	3,25 Per la 1ª passata
250	5,6		
300	5,9÷ 6,3		
350	6,3		
400	6,3		
450	6,3		
500	6,3÷ 7,1		
550	6,3÷ 7,6		
600	6,3 ÷ 8,8		

T

**TAB. 64. Giunzioni per saldatura di testa. Numero di passate e diametro degli elettrodi**

Nelle giunzioni con saldatura di testa, le estremità dei tubi dovranno essere preparate a *lembi retti* od a *lembi smussati*. La preparazione varierà con lo spessore dei tubi come riportato alla Fig. 19. Il numero delle passate ed il diametro degli elettrodi saranno stabiliti come riportato nella tabella 65 (con riferimento anche alla Fig. 20).

Le saldature dovranno essere effettuate con temperatura ambiente uguale o superiore a 5 °C; per temperature più basse dovrà essere concordato un opportuno preriscaldamento, curando inoltre che gli elettrodi vengano custoditi in appositi fornelli riscaldatori ad una temperatura di 40 ÷ 80° C. Sarà vietato comunque effettuare saldature quando le condizioni atmosferiche per pioggia, forte umidità, ecc. fossero dalla Direzione giudicate pregiudizievoli per la buona riuscita dei lavori. Il preriscaldamento, da eseguire sull'intera circonferenza alle estremità dei tubi, si estenderà ad entrambi i lati del giunto da saldare per una lunghezza pari a metà del diametro, comunque per non meno di 120 mm per parte; la zona interessata dovrà essere mantenuta, durante tutta la saldatura, ad una temperatura non inferiore a 50 °C (100° C per l'acciaio Fe 510). Il preriscaldamento potrà essere effettuato con fiamma di qualunque tipo, a induzione o con resistenze elettriche; il controllo

DIMENSIONE DEI TUBI		Passate n.	ELETTRODI
Diametro Nominale DN	Spessore mm		Diametro mm
125	4	2	3,25
150	4		
200	5	3	3,25 Per la 1ª passata
250	5,6		
300	5,9÷ 6,3		
350	6,3		
400	6,3		
450	6,3		
500	6,3÷ 7,1		
550	6,3÷ 7,6		
600	6,3 ÷ 8,8		

della temperatura avverrà a mezzo di "termocolori" o matite termiche a punto di fusione o a viraggio di colore. La saldatura dovrà infine essere protetta con coibenti contro rapidi raffreddamenti.

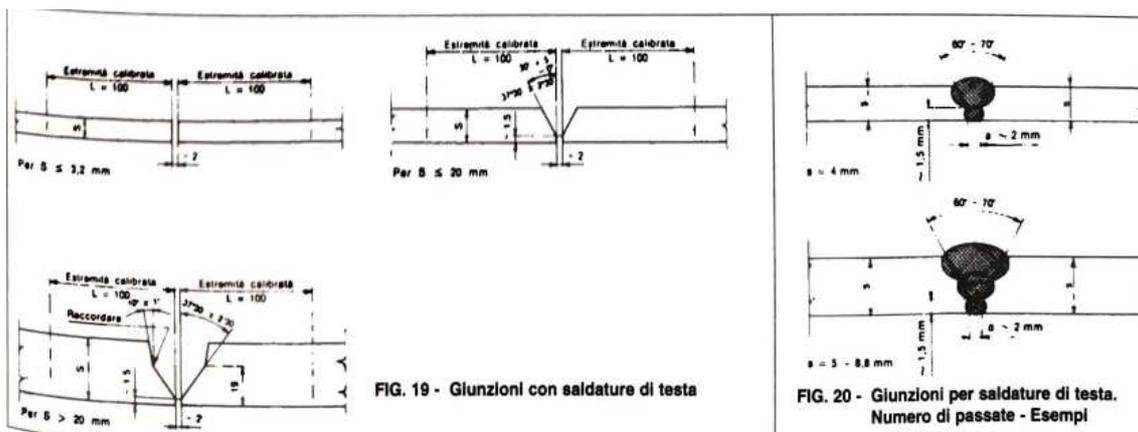


FIG. 19 - Giunzioni con saldature di testa

FIG. 20 - Giunzioni per saldature di testa. Numero di passate - Esempi

### 111.3.2 Tipi di controllo

I controlli saranno del tipo "non distruttivi", come di seguito elencati:

- esame visivo da eseguirsi da parte di personale esperto, munito possibilmente di lente d'ingrandimento e dopo una leggera pulizia della saldatura;
- esame con liquidi penetranti eseguito secondo quanto previsto dalla UNI 1289;
- esame magnetoscopico eseguito secondo quanto previsto dalla UNI 1290, UNI EN ISO 13588 e UNI EN ISO 19285;
- esame radiografico eseguito secondo quanto previsto dalla UNI 1435; ,

L'accettabilità o meno dei difetti riscontrati e la conseguente non idoneità all'impiego del giunto saldato sono definite nella UNI EN 5817.

**Per tutte le Norme Tecniche elencate e/o indicate nel presente capitolo, comprese quelle superate e/o ritirate e sostituite con altre, si dovrà sempre e comunque fare riferimento alle corrispondenti normative tecniche in vigore al momento dei lavori.**

## CAPITOLO 05 NORME DI MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

### § NORME GENERALI

#### Art. 112 **Obblighi ed oneri compresi e compensati con i prezzi di appalto**

I lavori saranno valutati esclusivamente con i prezzi in contratto al netto del ribasso od aumento contrattuale; tali prezzi devono ritenersi accettati dall'Appaltatore in base a calcoli di sua convenienza ed a tutto suo rischio.

Nei prezzi netti contrattuali sono compresi e compensati sia tutti gli obblighi ed oneri generali e speciali richiamati e specificati nel presente Capitolato e negli altri Atti contrattuali, sia gli obblighi ed oneri, che se pur non esplicitamente richiamati, devono intendersi come insiti e consequenziali nella esecuzione delle singole categorie di lavoro e del complesso delle opere, e comunque di ordine generale e necessari a dare i lavori completi in ogni loro parte e nei termini assegnati.

Pertanto l'Appaltatore, nel formulare la propria offerta, ha tenuto conto oltre che di tutti gli oneri menzionati, anche di tutte le particolari lavorazioni, forniture e rifiniture eventuali che fossero state omesse negli atti e nei documenti del presente appalto, ma pur necessarie per rendere funzionali le opere e le costruzioni in ogni loro particolare e nel loro complesso, onde dare i lavori appaltati rispondenti sotto ogni riguardo allo scopo cui sono destinati.

Nei prezzi contrattuali si intende quindi sempre compresa e compensata ogni spesa principale ed accessoria; ogni fornitura, ogni consumo, l'intera mano d'opera specializzata, qualificata e comune, ogni carico, trasporto e scarico in ascesa e discesa; ogni lavorazione e magistero per dare i lavori completamente ultimati nel modo prescritto e ciò anche quando non fosse stata fatta esplicita dichiarazione nelle norme di accettazione e di esecuzione sia nel presente Capitolato, che negli altri Atti dell'Appalto, compreso l'Elenco Prezzi; tutti gli oneri ed obblighi derivanti, precisati nel presente Capitolato; ogni spesa generale nonché l'utile dell'Appaltatore.

#### Art. 113 **Lavori incompleti**

Qualora determinate categorie di lavoro, per motivi diversi, non risultassero portate a compimento, e sempre che questo non fosse pregiudizievole per il complesso dell'appalto sotto l'aspetto della necessaria funzionalità generale, sarà facoltà della Direzione Lavori di accettarne la contabilizzazione opportunamente parzializzata o di escluderle dal conto finale. La valutazione sarà fatta caso per caso, ad insindacabile giudizio della stessa Direzione.

#### Art. 114 **Valutazione dei lavori a corpo**

Il prezzo, al lordo del ribasso d'asta, per lavori a corpo indicato complessivamente e per singole categorie nella parte prima del presente Capitolato, comprende e compensa tutte le forniture, le prestazioni, le opere, gli impianti e quant'altro necessario per dare tutti i lavori a corpo, oggetto d'appalto, ultimati e perfettamente funzionanti in ogni loro parte, in conformità delle condizioni ed oneri contrattuali e delle prescrizioni tutte impartite in corso d'opera da parte della Direzione Lavori.

La valutazione dei lavori a corpo verrà effettuata secondo le specificazioni date nell'enunciazione delle singole categorie di cui alla parte prima del presente Capitolato e nella descrizione dei lavori a corpo di cui allo specifico elaborato progettuale allegato al contratto e denominato "Elenco descrittivo dei corpi d'opera", nonché secondo le risultanze degli elaborati grafici e di ogni altro allegato progettuale pertinente; il corrispettivo per i lavori a corpo resta fisso e invariabile senza che possa essere invocata dalle parti contraenti alcuna verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità di detti lavori.

Nel corrispettivo per l'esecuzione dei lavori a corpo s'intende sempre compresa ogni spesa occorrente per dare l'opera compiuta sotto le condizioni stabilite dal presente capitolato e secondo i tipi indicati e previsti negli atti progettuali. Pertanto nessun compenso può essere richiesto per lavori, forniture e prestazioni che, ancorché non esplicitamente specificati nella descrizione dei lavori a corpo, siano rilevabili dagli elaborati grafici o viceversa. Lo stesso dicasi per lavori, forniture e prestazioni tecnicamente e intrinsecamente indispensabili alla funzionalità, completezza e corretta realizzazione dell'opera appaltata secondo le regole dell'arte.

La contabilizzazione dei lavori a corpo verrà effettuata applicando all'importo netto di aggiudicazione le percentuali convenzionali relative alle singole categorie di lavoro indicate nella tabella di cui alla parte prima del presente capitolato, di ciascuna delle quali va contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito. Le progressive quote percentuali delle varie categorie di lavorazioni che risulteranno eseguite verranno desunte da valutazioni autonome del direttore dei lavori che potrà controllare l'attendibilità attraverso un riscontro degli elaborati grafici e di ogni altro allegato progettuale, incluso il computo metrico; resta inteso che in ogni caso tale computo metrico non ha alcuna rilevanza contrattuale e i suoi dati non sono vincolanti.