

PROPONENTE:

**REPOWER**  
L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE:

**HE** **Hydro Engineering s.s.**  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy



N°COMMESSA: <b>1454</b>	<b>PARCO EOLICO "CRAVAREZZA"</b> <b>REGIONE LIGURIA- PROVINCIA DI SAVONA</b> <b>COMUNI DI CALICE LIGURE (PARCO EOLICO), MALLARE (PARCO EOLICO CAVIDOTTI E SSEE)</b> <b>ORCO FEGLINO E ALTARE (CAVIDOTTI)</b>
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>

ELABORATO: Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici	CODICE ELABORATO <b>1454_R18</b>
	NOME FILE: 1454_R18_Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici.doc

0	11/2021	1° Emissione	GL	VF	EG
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVATO

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2. PRESCRIZIONI GENERALI .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. INQUADRAMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. DEFINIZIONE TECNICA DELLE OPERE IN APPALTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.3. PREDISPOSIZIONE AREE .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4. DRENAGGI DI SUPERFICIE .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5. SCAVI .....</b>	<b>11</b>
<b>2.6. PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO .....</b>	<b>19</b>
<b>2.7. ADDITIVI PER CALCESTRUZZI.....</b>	<b>43</b>
<b>2.8. CASSEFORME PER OPERE IN CALCESTRUZZO .....</b>	<b>44</b>
<b>2.9. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....</b>	<b>44</b>
<b>2.10. MICROPALI .....</b>	<b>45</b>
<b>2.11. PALI TRIVELLATI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO .....</b>	<b>51</b>
<b>2.12. COLONNE IN JET-GROUTING .....</b>	<b>59</b>
<b>2.13. TIRANTI .....</b>	<b>61</b>
<b>2.14. RINTERRI - RILEVATI E SOPRASTRUTTURE - BONIFICHE E SOTTOFONDI ...</b>	<b>63</b>
<b>2.15. SCOGLIERE IN PIETRAME.....</b>	<b>69</b>
<b>2.16. GEOTESSILE.....</b>	<b>70</b>
<b>2.17. GABBIONATE E MANTELLATE .....</b>	<b>71</b>
<b>2.18. TERRE RINFORZATE .....</b>	<b>73</b>
<b>2.19. MANUFATTI IN LAMIERA ZINCATA.....</b>	<b>77</b>
<b>2.20. DRENAGGI CONTRO-MURO .....</b>	<b>79</b>
<b>2.21. GIUNTI STRUTTURALI.....</b>	<b>80</b>
<b>2.22. MALTE .....</b>	<b>81</b>
<b>2.23. Barre di acciaio ad aderenza migliorata.....</b>	<b>81</b>
<b>2.24. Prodotti qualificati .....</b>	<b>82</b>
<b>2.25. Controlli di accettazione in cantiere.....</b>	<b>83</b>
<b>2.26. RETI E TRALICCI ELETTRICALI.....</b>	<b>85</b>
<b>2.27. CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE .....</b>	<b>86</b>
<b>2.28. PITTURE SU OPERE IN METALLO .....</b>	<b>91</b>
<b>2.29. OPERE A VERDE .....</b>	<b>98</b>
<b>2.30. IMPERMEABILIZZAZIONI E GEOCOMPOSITI .....</b>	<b>102</b>
<b>2.31. TINTEGGIATURE .....</b>	<b>104</b>
<b>2.32. RIVESTIMENTO IN LASTRE DI PIETRA NATURALE .....</b>	<b>106</b>
<b>2.33. ESECUZIONE DI TRACCE .....</b>	<b>106</b>
<b>2.34. ESECUZIONE CAVIDOTTI .....</b>	<b>106</b>
<b>2.35. TUBI GUIDA PER CANALIZZAZIONI ELETTRICHE.....</b>	<b>108</b>
<b>2.36. TUBI P.V.C. INSERITI IN OPERE DI CALCESTRUZZO .....</b>	<b>109</b>
<b>2.37. TUBI P.V.C. O PEAD PREFORATI.....</b>	<b>110</b>
<b>2.38. POZZETTI .....</b>	<b>111</b>
<b>2.39. CHIUSINI E GRIGLIE PER POZZETTI.....</b>	<b>111</b>

<b>2.40. IMPIANTO DI TERRA AEROGENERATORI E STAZIONE .....</b>	<b>112</b>
<b>2.41. CORDOLI E ZANELLE .....</b>	<b>114</b>
<b>2.42. RECINZIONI, CANCELLI, DELIMITAZIONI .....</b>	<b>114</b>
<b>2.43. OPERE DI RACCOLTA E CONVOGLIAMENTO ACQUE METEORICHE .....</b>	<b>117</b>
<b>2.44. REGIMAZIONE ACQUE DI SUPERFICIE .....</b>	<b>117</b>
<b>2.45. PALI PER ILLUMINAZIONE ESTERNA .....</b>	<b>120</b>
<b>2.46. CONSOLIDAMENTO AREE IN PENDIO .....</b>	<b>120</b>
<b>2.47. MANUFATTI IN PIETRAMA A SECCO .....</b>	<b>124</b>
<b>2.48. SISTEMAZIONI A VERDE .....</b>	<b>125</b>
<b>2.49. STRADE .....</b>	<b>129</b>
<b>2.50. SPECIFICHE TECNICHE IMPIANTI ELETTRICI .....</b>	<b>144</b>

## 1. Premessa

Il presente elaborato, redatto ai sensi dell'art. 30 del D.P.R. 207/2010, costituisce il Disciplinare descrittivo e prestazionale del Progetto Definitivo relativo ai lavori "dell'impianto eolico denominato "Cravarezza" composto da sette aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,30 MW, per una potenza complessiva di 30,1 MW, ubicato nel Comune di Calice Ligure in Provincia di Savona.

Nell'esecuzione di tutte le lavorazioni, le opere, le forniture, i componenti oggetto dei lavori, devono essere rispettate tutte le prescrizioni di legge e di regolamento in materia di qualità, provenienza e accettazione dei materiali e componenti nonché, per quanto concerne la descrizione, i requisiti di prestazione e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro, tutte le indicazioni contenute o richiamate negli elaborati grafici e descrittivi progettuali.

Per quanto riguarda l'accettazione, la qualità e l'impiego dei materiali, la loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, si applicano gli articoli del presente Disciplinare.

## **2. PRESCRIZIONI GENERALI**

### **2.1. INQUADRAMENTO**

Si richiama l'attenzione dell'APPALTATORE sulla esigenza che i lavori, anche appartenenti a partite diverse, devono essere svolti con la massima contemporaneità possibile ed essere organizzati in modo da non creare interferenze reciproche né impedimenti ad altre attività di natura edile o impiantistica svolte dalla COMMITTENTE o da terzi nell'area dell'impianto.

Le norme del presente Capitolato Tecnico si inseriscono nella documentazione del Contratto di Appalto al quale si rimanda per la definizione della priorità dei documenti allegati.

In ogni caso l'APPALTATORE è tenuto ad ottemperare anche a quelle norme, necessarie per il migliore risultato dei lavori, che possono essere prescritte nel corso dei lavori medesimi da parte della COMMITTENTE.

In particolare, per quanto non precisato nel presente documento e per quanto non in contrasto con lo stesso, si fa specifico riferimento ed alle norme di unificazione UNI-UNEL-CEI ed alle leggi in vigore all'atto della esecuzione dei lavori.

Le opere di cui è richiesta l'esecuzione con il presente Capitolato Tecnico vengono realizzate sulla base di progetti esecutivi. La documentazione disponibile sui lavori e le strutture da eseguire, sull'indagine geognostica, sui particolari costruttivi, può essere consultata nella data room di progetto predisposta dalla COMMITTENTE: l'APPALTATORE può prenderne in qualunque momento visione e può quindi rendersi edotto sull'impegno tecnico-logistico-economico necessario per la realizzazione delle opere appaltate e non potrà altresì avanzare ulteriori richieste economiche oltre a quanto previsto nei documenti contrattuali.

Relativamente alle opere e strutture da eseguire, i disegni relativi alla gara d'appalto sono in versione "definitiva non esecutiva" ed hanno quindi lo scopo di illustrare indicativamente la tipologia dei lavori da eseguire; conseguentemente, il contenuto degli elaborati suddetti non può costituire una limitazione alle effettive applicazioni esecutive dei lavori né nella loro geometria e la relativa quantità, né nella posizione plano-altimetrica.

### **2.2. DEFINIZIONE TECNICA DELLE OPERE IN APPALTO**

il progetto definitivo dell'impianto eolico denominato "Cravarezza" composto da sette aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,30 MW, per una potenza complessiva di 30,1 MW, ubicato ubicato nei Comuni di Calice Ligure e Mallare in Provincia di Savona.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà come detto potenza nominale di 4,3 MW con altezza mozzo pari a 112 m, diametro rotore pari a 136 m e altezza massima al top della pala pari a 180 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto.

L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade nelle contrade Piano dei Corsi (F01-F02-F03-F04), Bric del Borro ( F05) e Bric del Pino (F06) ricadenti nel Comune di Calice Ligure (SV) e Colla del Pino (F07) nel Comune di Mallare (SV).

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone delle seguenti opere:

- Elettrodotto MT da 30 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione utente 30/132 kV ed ubicato nei Comuni di Calice Ligure (SV), Mallare (SV), Orco Feglino (SV) e Altare (SV);
- Stazione di trasformazione utente 30/132 kV (ubicata nel Comune di Mallare (SV));
- Stazione Terna di trasformazione 380/132 Kv, ubicata nel Comune di Mallara (SV);
- Elettrodotto AT a 132 kV di collegamento tra la SSEU e la nuova SE RTN.

### **2.3. PREDISPOSIZIONE AREE**

Prima dell'inizio lavori, l'APPALTATORE deve procedere:

all'individuazione, con riferimento agli elaborati del progetto esecutivo, delle aree interessate dalle opere in generale, ed in particolare:

- le aree interessate dal raccordo tra la viabilità esterna e la viabilità interna;
- le aree interessate dalla nuova viabilità interna da realizzare;
- le aree interessate dai nuovi cavidotti;
- le aree interessate dalla localizzazione delle fondazioni degli aerogeneratori e relative piazzole;
- alla materializzazione dei picchetti di tracciamento delle opere sopracitate od alla integrazione di quelli esistenti e ad indicare con opportune modine i limiti della viabilità di accesso; deve inoltre indicare i limiti degli scavi, degli eventuali rilevati e l'ingombro delle piazzole durante la fase di realizzazione delle opere verificando, nei casi limite, di non interferire con aree non acquisite dalla COMMITTENTE così come già evidenziato nel precedente punto 1.3.1;
- alla apertura della pista di accesso ed alla predisposizione delle aree alle successive lavorazioni mediante:
  - ripulitura e disceppamento del terreno;
  - allontanamento di eventuali massi erratici;
  - regolarizzazione del terreno, al fine di rendere agevole il transito ai mezzi di cantiere ed alle macchine operatrici;
- alla salvaguardia dei pozzetti protettivi di strumentazione geotecnica di controllo eventualmente installata nella fase di indagini geognostiche in sito;
- alla salvaguardia dei capisaldi descritti al precedente punto 1.5.

#### **2.3.1. Taglio di bosco - rovi – erbe - piante isolate (eventuali)**

Il taglio di bosco, sottobosco, cespugliame, rovi ed erbe deve essere effettuato con l'impiego di attrezzatura manuale o meccanica idonea alle varie situazioni. Il taglio deve essere eseguito al piede delle piante, per quelle di maggiori dimensioni deve essere utilizzato personale specializzato. L'APPALTATORE deve provvedere all'allontanamento, alla triturazione oppure all'incenerimento delle ramaglie e frasche

in luogo adatto ed approvato dalle Autorità competenti, particolarmente nei riguardi della prevenzione incendi.

La legna, sufficientemente suddivisa, deve essere accatastata ordinatamente ai limiti del cantiere in luogo concordato con la D.L. per essere consegnata al proprietario del terreno; qualora quest'ultimo sia di proprietà della COMMITTENTE e la D.L. lo ritenga opportuno, l'APPALTATORE deve provvedere ad allontanarla dal cantiere a propria cura e spese.

La delimitazione delle aree da disboscare viene stabilita dalla COMMITTENTE sulla base delle autorizzazioni acquisite; l'APPALTATORE è responsabile del rispetto di tale delimitazione e ne risponde verso le Amministrazioni territoriali per eventuali infrazioni a quanto dalle stesse autorizzato.

## **2.4. DRENAGGI DI SUPERFICIE**

Ove previsto negli elaborati di progetto, o comunque in accordo con la D.L., si deve ricorrere alla realizzazione di drenaggi di superficie allo scopo di abbattere e/o regimare il livello di falda dal piano di campagna oppure per captare e smaltire le acque superficiali ruscellanti.

I drenaggi finalizzati alla modifica della falda sono costituiti da singoli rami o da serie di trincee drenanti (aste), parallele ed ad interassi costanti, sviluppate generalmente in direzione monte-valle lungo il pendio, e da un collettore ad esse trasversale, per la raccolta ed il deflusso delle acque captate e convogliate dalle "aste", scaricando direttamente in fossati limitrofi oppure indirettamente mediante deflusso in altre analoghe opere presenti nell'area.

I drenaggi finalizzati alla regimazione delle acque superficiali sono costituiti da singoli rami sviluppati coerentemente alla acclività del terreno, spesso affiancati da altri rami autonomi e non necessariamente paralleli, con deflusso in fossati o direttamente in superficie, anche utilizzando materiale drenante di grande pezzatura trovato in loco o prodotto da cava autorizzata; trovano particolare utilizzo nella costruzione di strade in rilevato per trasferire a valle le acque superficiali che si raccolgono a monte del corpo stradale, in sostituzione dei comuni attraversamenti mediante condotte metalliche o cementizie laddove l'impatto visivo di queste ultime risulta rilevante e non compatibile con i criteri di mitigazione che la D.L. è tenuta ad osservare.

L'efficacia dei sistemi drenanti deve essere verificata mediante controlli di portata da rilevarsi periodicamente presso le opere di sbocco.

### **2.4.1. Escavazione delle trincee**

Le trincee devono essere realizzate mediante scavo a sezione obbligata, con mezzo meccanico, della larghezza media tipica di 80 cm e profondità secondo i profili di progetto, per campioni di 15 – 20 m di lunghezza a seconda della natura del terreno, saranno comunque da considerarsi prescrittivi gli elaborati progettuali. Quando il sistema di drenaggio interessa aree sedi di rilevato, l'escavazione delle trincee deve essere successiva all'azione di scotico di tutta l'area di impronta del rilevato stesso.

Circa le prescrizioni esecutive dello scavo, vale quanto previsto al successivo Art. "SCAVI"; si fa comunque presente la necessità di provvedere all'allontanamento delle acque per qualunque motivo presenti nello scavo, di evitare assolutamente contropendenze del fondo-scavo, di allontanare immediatamente le terre scavate per evitare il loro riflusso nella sede del drenaggio.

### **2.4.2. Massetto di fondo**

Sul fondo della trincea, previa accurata pulizia dello scavo, viene eseguito il getto di calcestruzzo magro (magrone) dello spessore medio di 15 cm: l'estradosso di questo deve risultare costantemente in pendenza secondo i valori di progetto.

Solo per eventuale e dimostrata tendenza delle pareti della trincea a franare o chiudersi durante il tempo di presa del calcestruzzo, la Direzione Lavori della COMMITTENTE può disporre la non esecuzione del massetto; in tal caso il fondo



dello scavo deve essere accuratamente rettificato secondo la prevista pendenza e regolarizzato.

Nei drenaggi finalizzati allo smaltimento delle acque di superficie il massetto di fondo viene realizzato solo in particolari situazioni, se richiesto dalla D.L.

#### **2.4.3. Geotessile**

All'interno della trincea, con la dovuta cura e con tutti gli accorgimenti atti ad impedire l'ingresso di terre nella stessa, deve essere disposto il geotessile avente funzione di filtro contro il passaggio delle particelle solide all'interno del corpo drenante. Il telo deve essere posto in opera con sovrammonti di almeno 25 cm lungo l'asse della trincea, e di almeno 40 cm sul corpo del materiale arido drenante, nel senso trasversale della trincea. Il geotessile deve avere le caratteristiche prescritte all'Art. "GEOTESSILE/Geotessile per drenaggi".

#### **2.4.4. Tubazione di scolo**

Nei drenaggi di regimazione della falda, sul fondo della trincea già rivestita di geotessile deve essere stesa la tubazione atta a captare ed a convogliare le acque drenate allo scarico. La tubazione può essere del tipo "fessurato" o "forato", in barre rigide di lamiera ondulata in acciaio zincato (spessore minimo 0,8 mm) oppure in PVC o PEAD e comunque nel materiale e diametro indicati sugli elaborati progettuali. Deve essere in genere utilizzato il diametro minimo 200 mm per le "aste" drenanti, ed il diametro minimo 300 mm per i collettori trasversali. La lunghezza delle barre di tubazione deve essere non minore di 6 m. Salvo eventuali casi particolari non è richiesta la giunzione delle barre con pezzi speciali e le tubazioni devono essere depositate sul fondo della trincea in posizione allineata e con le estremità a contatto; per evitare l'ingresso di pietrisco, dette estremità devono essere preventivamente chiuse con rete metallica a maglia 10x10 mm. Deve invece essere assicurata la continuità della pendenza di scolo, quindi l'assenza di contropendenze e/o risalti tra barre consecutive.

Nei drenaggi finalizzati allo smaltimento delle acque di superficie la tubazione di scolo viene utilizzata solo in particolari situazioni, se richiesta dalla D.L.

#### **2.4.5. Corpo drenante**

Nei drenaggi dotati di tubazione di scolo, le trincee devono essere riempite con materiale arido selezionato, e preferibilmente lavato, di fiume o di cava, con pezzatura max 100 mm, pezzatura minima pari ad almeno 1,5 volte il diametro dei fori della tubazione di scolo, ma non minore in ogni caso di 15 mm; la pezzatura deve quindi variare fra i due limiti suddetti.

Al fine di evitare danneggiamenti alla tubazione di scolo si prescrive che il primo strato di materiale, almeno fino a 15 cm oltre l'estradosso della tubazione, sia di pezzatura meno grossolana (15÷30 mm), e che la successiva posa in opera del materiale di pezzatura maggiore avvenga senza caduta dall'alto.

Nella fase di riempimento delle trincee si devono rispettare fedelmente le quote progettuali di chiusura del geotessile o, quantomeno, l'altezza minima di quest'ultimo dal fondo scavo. Ad avvenuta chiusura del telo, nelle aree sede di rilevato per formazione piazzale, la trincea deve essere ulteriormente riempita, fino al piano di

scotico o di gradonatura secondo disposizioni della D.L., con il medesimo materiale arido selezionato.

Lo spessore di quest'ultimo riempimento deve essere comunque tale da consentire la gradonatura dei piani di posa dei rilevati -ove previsti- senza rischio di arrecare danni al corpo drenante contenuto nel geotessile. Le trincee ricadenti in aree non sede di rilevati devono essere invece sigillate con uno strato di terreno vegetale o di argilla dello spessore minimo di 25÷30 cm.

Nei drenaggi non dotati di tubazione di scolo, la pezzatura del materiale costituente il corpo drenante deve variare tra 50 e 100 mm, con almeno il 50 % di pezzatura 100 mm.

## **2.5. SCAVI**

È prevista l'esecuzione di scavi di vario genere e di qualsiasi forma e dimensione, in terreni di qualsiasi natura e consistenza, compresa roccia dura da mina, secondo le sagome di progetto e/o quelle richieste dalla D.L.

Qualora durante le operazioni di scavo, si dovesse fare ricorso all'uso di esplosivi, l'APPALTATORE è tenuto preventivamente ad ottenere tutte le autorizzazioni previste che dovranno essere sottoposte per approvazione anche alla D.L.

Ove indicato in progetto, la sequenza delle fasi esecutive e l'estensione delle aree di scavo costituiscono vincolo tecnico prioritario su ogni altra esigenza operativa e logistica e, pertanto, debbono essere scrupolosamente osservate e attuate.

L'APPALTATORE è tenuto a porre in atto, di propria iniziativa ed impiegando i mezzi più idonei, ogni accorgimento affinché gli scavi vengano eseguiti in condizioni di sicurezza; di conseguenza Egli è tenuto ad eseguire - non appena le circostanze lo richiedano - le puntellature, le armature, ed ogni altro provvedimento atto a prevenire frane, scoscendimenti o smottamenti, restando responsabile degli eventuali danni ed essendo tenuto a provvedere, a proprie spese, alla rimozione dei terreni franati.

E' vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi.

Le superfici degli scavi devono essere sistemate e rifinite secondo le sagome e pendenze prescritte; da esse devono essere asportati tutti gli elementi smossi od alterati. Le eventuali superfici rocciose, prima di iniziare eventuali getti, devono venire pulite con soffiature d'aria e acqua a forte pressione.

La profilatura dei piani di fondazione deve avvenire, di norma, sempre per asportazione e mai per riporto di materiale.

La profondità degli scavi indicata nei disegni di progetto ha valore indicativo in quanto gli scavi stessi devono essere spinti alla profondità che la D.L. indica volta per volta in relazione alle caratteristiche del terreno: l'APPALTATORE è a conoscenza di queste esigenze di lavoro e rinuncia fin d'ora ad avanzare, per effetto di tale causa, richieste di compenso eccedenti quanto contrattualmente già previsto.

È vietato all'APPALTATORE, sotto pena di demolizione del già fatto, di iniziare getti di cls., rilevati, bonifiche, etc. prima che la D.L. ne abbia verificati ed accertati i piani di appoggio.

Prima di iniziare le operazioni di scavo l'APPALTATORE deve provvedere al taglio di piante, arbusti e cespugli, accatastando il legname ridotto in elementi trasportabili nel luogo prossimo al cantiere che è indicato dalla COMMITTENTE.

L'APPALTATORE deve provvedere al convogliamento ed all'allontanamento delle eventuali acque presenti negli scavi, qualsiasi origine e provenienza esse abbiano, anche se per far ciò è necessario il sollevamento per mezzo di pompe, l'intubamento, l'imbrigliamento, la canalizzazione, ed altri artifici del genere.

Tutti i materiali di risulta provenienti da qualsiasi tipo di scavo ove non siano riutilizzabili devono essere collocati a sistemazione definitiva, ciò secondo quanto precisato all'Articolo "DISCARICHE".

Sono a carico dell'APPALTATORE anche gli oneri per l'eventuale accatastamento in cantiere del materiale scavato prima del suo riutilizzo nella formazione di rilevati o di riempimenti.

In ogni caso i materiali devono essere depositati a sufficiente distanza dallo scavo e non devono risultare di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti sulla superficie.

Nel caso in cui sia necessario stoccare temporaneamente i materiali di risulta, in attesa di accertarne la buona qualità e quindi il reimpiego, devono comunque essere depositati in un luogo indicato dalla D.L. e sempre adeguatamente circoscritti e ben segnalati.

L' APPALTATORE dovrà ritenersi compensato per tutti gli oneri che esso dovrà incontrare per ogni altra spesa infine necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

### **2.5.1. Scavi di sbancamento e assimilabili, con mezzo meccanico**

Per scavi di sbancamento si intendono gli scavi ubicati al di sopra del piano indicato nei disegni di progetto o da altro documento contrattuale come "piano di sbancamento"; per le strade e le piazzole degli aerogeneratori tale piano corrisponde al piano di posa della soprastruttura.

In mancanza di tale esplicita indicazione, il piano di sbancamento si intende coincidente con il piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro generale dello scavo ordinato.

Sono da considerare "assimilabili" a quelli "di sbancamento" gli scavi da effettuare per la gradonatura dei piani di posa dei rilevati, per la regolarizzazione della superficie della pista, per la preparazione dei piani per la realizzazione di gabbionate, per la bonifica di superfici piane od inclinate negli spessori già previsti in progetto e/o richiesti dalla D.L., anche se sottostanti il "piano di sbancamento" prima definito od a questo non strettamente correlabili, anche se eseguiti in fasi successive.

Sempre appartenenti alla suddetta categoria s'intendono gli scavi occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani d'appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali ecc., e in genere tutti quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superiore ove sia possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie, ecc.

La gradonatura dei piani di posa dei rilevati deve avere una profondità media di 40 cm e deve essere effettuata previo taglio dei cespugli e l'estirpazione delle ceppaie.

Sono inoltre da considerarsi "assimilabili" a quelli "di sbancamento" gli scavi da effettuare, per l'allargamento e la riprofilatura, ove necessario al transito degli automezzi per il trasporto al sito delle attrezzature, della carreggiata della strada esistente e per la formazione di cassonetti.

Gli scavi di sbancamento e assimilabili devono essere eseguiti con mezzi meccanici e rifiniti a mano, in modo tale da ottenere i piani e le sagome previsti dai disegni di progetto ovvero ordinati in loco dalla D.L.

Secondo quanto prescritto dall'art. 118 del d.Lgs. 81/2008, nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere una 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 m. 1,50, 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, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.

Nei lavori di escavazione con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco.

Il posto di manovra dell'addetto all'escavatore, quando questo non sia munito di cabina metallica, deve essere protetto con solido riparo.

Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all'altezza dello scavo o alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dello scavo.

#### 2.5.2. Scotico di materiale vegetale su substrato roccioso superficiale e/o affiorante

Per realizzare sedi stradali in siti prevalentemente rocciosi, in particolare ove la roccia è superficiale o addirittura affiorante, l'APPALTATORE deve realizzare lo scotico, della profondità di circa 15-20 cm, impiegando mezzi idonei alternativi e/o integrativi alle lame di motograder o ruspa e, ove necessario, con mezzi manuali, al fine di eliminare dalla roccia in posto, per la profondità suddetta, tutti i materiali terrosi ed i sedimenti fangosi, le erbe ed i cespugli, ogni altro materiale estraneo e non adatto a ricevere i successivi ricarichi.

#### 2.5.3. Scavi a sezione obbligatoria

Con questa dizione si intendono gli scavi per fondazioni, cavidotti, fognature, drenaggi, gabbionate, etc.

Quando non diversamente richiesto dalla D.L., le pareti di detti scavi sono da prevedersi con inclinazione indicata nel Piano di Sicurezza e di Coordinamento.

Previo benessere da parte della D.L. e del Coordinatore per la Sicurezza in fase di Esecuzione (C.S.E.), quando non diversamente possibile, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti verticali; in ogni caso l'APPALTATORE è tenuto a porre in atto, di propria iniziativa ed impiegando i mezzi più idonei, ogni accorgimento affinché vengano eseguiti in condizioni di sicurezza, restando responsabile degli eventuali danni ed essendo tenuto a provvedere, a proprie spese, alla rimozione dei terreni franati.

Secondo quanto prescritto dall'art. 119 del D. Lgs. 81/2008 nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m. 1,50, 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, in modo da assicurare abbondantemente contro ogni pericolo gli operai, ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione tanto degli scavi che delle murature.

Le tavole di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno 30 centimetri.

L'APPALTATORE è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza o insufficienza di tali puntellazioni e sbadacchiature, alle quali essa deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le altre precauzioni riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo le venissero impartite dalla Direzione dei Lavori.

Nello scavo dei cunicoli, a meno che si tratti di roccia che non presenti pericolo di distacchi, devono predisporre idonee armature per evitare franamenti della volta e delle pareti. Dette armature devono essere applicate man mano che procede il lavoro di avanzamento; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura.

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 degli scavi.

In tutti i casi - salvo diversa e motivata disposizione della D.L. - la valutazione della quantità di scavo viene eseguita considerando gli scavi con pareti verticali e non viene compensato né il maggior volume di scavo eseguito, rispetto a quello a pareti verticali, né il rinterro con idonei materiali o il riempimento con murature del maggior vano creatosi.

Nel caso di scavi per drenaggi è esplicitamente richiesta l'esecuzione a brevi tratti.

In generale a scavo ultimato, la sede relativa deve risultare sgombra dai materiali di risulta dello scavo stesso ed in particolare, nel caso degli scavi per cavidotti, le pareti dello scavo devono risultare il più possibile verticali e regolari.

Se non diversamente disposto dalla D.L. il materiale di scavo, nel caso di scavi a sezione obbligata, si intende da riutilizzare nell'ambito del cantiere.

Per l'esecuzione degli scavi in situazione ove la presenza di roccia e la sua disposizione spaziale impongono la individuazione di tecniche e/o mezzi d'opera di particolare natura, la scelta da operare al riguardo deve essere concordata tra l'APPALTATORE e la D.L. in modo da ottimizzare le attività sia sotto il profilo della compatibilità temporale sia sotto quello della economicità generale dell'intervento.

#### 2.5.3.1. Scavi per plinti aerogeneratori

Sono considerati tali gli scavi a sezione obbligata per i plinti di fondazione degli aerogeneratori, avendo questi dimensioni di almeno 15x15 m ed una profondità di imposta variabile tra 3,5 e 5,5 m circa. In corrispondenza di ciascun scavo dei plinti per gli aerogeneratori la D.L. può richiedere l'esecuzione di una rampa di accesso al piano di imposta delle fondazioni, il cui scavo è anch'esso considerato a sezione

obbligata di grandi dimensioni, alle quote indicate nei disegni di progetto, per l'eventuale esecuzione di prove di carico su piastra finalizzate alla verifica in loco delle caratteristiche geotecniche del terreno di sedime del plinto; a seguito dei risultati delle suddette prove la D.L. può indicare:

di realizzare la bonifica dei terreni, così come descritto nel successivo Articolo "Bonifiche";

di approfondire lo scavo stesso per realizzare il piano di imposta delle fondazioni su terreni con migliori caratteristiche geotecniche;

di ampliare lo scavo per impiegare fondazioni di dimensioni maggiori.

I suddetti scavi, compreso quelli per realizzare le rampe di accesso, comprendono anche il maggior onere dovuto alle eventuali successive modifiche della sezione di scavo richieste dalla D.L.

#### 2.5.3.2. Scavi per cavidotti

Sono scavi a sezione obbligata, di dimensioni ridotte come larghezza (30-150 cm) e profondità variabile, secondo le sezioni riportate nei disegni di progetto, da considerarsi prescrittivi e modificabili solo previa autorizzazione della D.L., ma di lunghezza rilevante, anche chilometrica.

L'esecuzione di questi scavi deve essere programmata con particolare attenzione al fine di evitare interferenze sulla viabilità dell'impianto eolico e contemporaneamente di consentire il montaggio degli aerogeneratori con i cavidotti ultimati; in particolare va curata ed organizzata al meglio la realizzazione dell'ultimo tratto di cavidotto tra il bordo delle piazzole e i plinti degli aerogeneratori.

Per la esecuzione degli scavi per cavidotti si fa generalmente uso di macchine escavatrici meccaniche di adeguata potenza, in grado di operare in terreni di qualsiasi natura e consistenza compresa roccia tenera in banchi; il materiale di risulta deve essere collocato al bordo dello scavo, nella posizione più idonea a non ostacolare la posa dei cavi nella fossa ed a velocizzare il successivo rinterro.

Laddove la sede dello scavo insista in banchi di roccia dura, non direttamente aggredibile dall'escavatore meccanico, è necessario coadiuvare l'operazione di scavo con la disgregazione in posto della roccia stessa affinché questa possa essere asportata dall'escavatore; a tal fine si può ricorrere all'uso di martello demolitore automontato e/o ad altre attrezzature e metodologie, compreso l'utilizzo di piccole cariche esplosive opportunamente distribuite nella sede di scavo, ovviamente se consentite dalla situazione locale.

La metodologia alternativa ai sistemi sopra descritti, nel caso di roccia dura in banchi, che più si appropria alle condizioni logistiche complessive dell'impianto eolico, consiste nella utilizzazione di macchine operatrici munite di catena o disco dentati di escavazione (trencher) con le quali si ottengono sezioni di scavo regolari, disgregazione ottimale della risulta, automatico posizionamento di questa al bordo scavo e facilitazione della sua ricollocazione nella sede originaria.

Nel caso di esecuzione degli scavi per cavidotti in sede stradale è necessario procedere al preventivo taglio del manto stradale asfaltato mediante idonea attrezzatura.

Attraversamenti di cavidotti e condutture esistenti

Nel caso di attraversamento dei cavidotti con cavidotti e condutture sotterranee esistenti le canalizzazioni dei cavi devono essere effettuate in accordo alla documentazione tecnica di progetto.

Prima di dare inizio ai lavori di scavo, l'APPALTATORE è tenuto ad informarsi presso gli Enti interessati dell'esatta ubicazione, nella zona in cui dovrà svolgere i lavori, dei cavi sotterranei (elettrici, telefonici, fibre ottiche ecc.), e delle condutture (acquedotti, gasdotti, ecc.), o della possibilità di rinvenimento di ordigni bellici inesplosi ed in caso affermativo, darne tempestiva comunicazione alla D.L. L'APPALTATORE è tenuta a svolgere tutte le pratiche relative alla realizzazione, spostamento o rimozione dei suddetti servizi condutture o ordigni.

Per queste attività di scavo devono essere concordate con la D.L. le modalità operative in modo da consentire lo svolgimento di tutte le operazioni in piena sicurezza e minimizzando al contempo il potenziale disservizio dell'impianto esistente. Al fine di non danneggiare i cavi presenti, lo scavo deve essere realizzato con estrema cautela, eseguendo le operazioni di completando a mano. In ogni caso l'APPALTATORE è tenuto al ripristino dei conduttori eventualmente danneggiati a suo totale onere e responsabilità.

a) Attraversamenti di cavidotti esistenti

Nel caso di attraversamento di cavidotti esistenti lo scavo deve essere eseguito come già descritto nel precedente Articolo "SCAVI/Scavi a sezione obbligata/Scavi per cavidotti/Attraversamento cavidotti esistenti", ovvero approfondendo lo scavo fino ad incontrare i coppi di protezione dei cavi esistenti (circa 80 cm). Sul fondo di questa trincea, all'interno di uno strato di sabbia vagliata di circa 30 cm, devono essere posati i nuovi conduttori (MT, fibre ottiche, corda di terra). Superiormente deve essere gettato uno strato di cls armato (calcestruzzi con classe di resistenza minima Rck 30 MPa, armatura costituita da rete elettrosaldata con maglia Ø6-10x10 cm) per uno spessore di circa 10 cm. Successivamente, lo scavo deve essere riempito con materiale arido fino al livellamento con la superficie stradale.

b) Attraversamenti dei cavidotti sopra condutture esistenti

Nei disegni tipici è indicata la posa in opera delle canalizzazioni necessarie a realizzare l'attraversamento di una tubazione (es.: acquedotto) mediante la posa di un cavidotto posto sopra la suddetta tubazione.

In tale attraversamento saranno utilizzati i cavidotti tipici descritti nelle attività relative alla posa dei cavi su cunicoli e tubazioni che, se previsto dalla D.L., andranno connessi con una struttura portacavi prefabbricata in c.l.s. avente lo scopo di aumentare la protezione meccanica del cunicolo in corrispondenza dell'attraversamento della tubazione.

Le prescrizioni generali per effettuare tale attraversamento sono quelle prescritte per la posa dei cavi in cunicoli e con l'integrazione della fornitura e posa in opera del blocco sagomato in c.l.s. da posizionarsi trasversalmente all'asse della tubazione; tale blocco dovrà essere opportunamente posizionato in modo tale da permettere l'agevole posizionamento e tiro del cavo.

La posizione di tale blocco in c.l.s. rispetto il piano di campagna è da ritenersi indicativa in quanto in base a eventuali future prescrizioni tecniche tale struttura potrà essere posizionata a diversa quota. La lunghezza di tale struttura prefabbricata aggiuntiva in c.l.s. indicata nel disegno tipico è da intendersi come indicativa.

**c) Attraversamenti dei cavidotti sotto condutture esistenti**

Qualora si rendesse necessario effettuare un attraversamento di tubazioni mediante il posizionamento del cavidotto sotto la tubazione l'APPALTATORE deve fornire e porre in opera i necessari cavidotti la cui struttura può essere o imposta da organismi esterni o concordata con l'APPALTATORE al fine di renderla realizzabile possibilmente senza l'utilizzo di attrezzature speciali.

In linea di massima tale strutture viene realizzata utilizzando le attività ed i materiali inclusi nel presente capitolato quali cavidotti, pozzini, etc., con valutazione a misura.

**2.5.3.3. Scavi per fondazioni in genere ed altri manufatti interrati**

Sono anch'essi scavi a sezione obbligata, con dimensioni variabili, per esecuzione di drenaggi, fognature, pozzetti, vasche, incasso per gabbionate, etc., da realizzare con macchine operatrici meccaniche ed eventualmente rifinite a mano.

**2.5.4. Scavi per canalizzazione di corsi d'acqua**

Con questa dizione si intende ogni operazione di scavo occorrente per la rettifica, la modellazione e la correzione degli alvei, per l'insediamento ed ammorsamento di briglie, per l'appoggio delle mantellate, per l'alloggiamento di canalizzazioni.

Lo scavo deve essere eseguito con mezzi meccanici ed a mano in presenza di roccia, melma, fango, radici, etc.; è compreso l'onere per la deviazione delle acque in movimento, superficiali e freatiche, per l'esaurimento delle acque ristagnanti e ogni altro magistero atto a permettere la realizzazione delle opere di regimazione idraulica previste in progetto. Le materie provenienti dagli scavi devono essere riutilizzate per le colmate a monte delle briglie e a lato delle mantellate; eventuali eccedenze devono essere trasportate e sistemate a discarica.



**2.5.5. Scavi a mano o con demolitore meccanico**

Vanno eseguiti solo su espressa richiesta della D.L., in casi particolari, difficoltà logistiche e/o ambientali ove non sia possibile procedere diversamente. Tali scavi possono essere spinti a qualsiasi profondità, in terreno di qualunque natura e consistenza e/o in banchi di roccia.

Si precisa che per "banco di roccia" si intende un ammasso di roccia non frantumabile con benne di escavatore e/o lame/rip di bulldozer, avente caratteristiche di inamovibilità dalla sede in cui viene rinvenuto.

**2.5.6. Scarifica di strade e/o piazzole esistenti**

Per l'allargamento e la riprofilatura delle carreggiate delle strade esistenti e/o, se prevista, per la sostituzione delle pavimentazioni stradali e per il ripristino a verde delle aree occupate da piazzole, deve essere eseguita la scarifica superficiale della pavimentazione stradale per una profondità variabile da 10 a 25 cm, secondo quanto stabilito dalla D.L., allo scopo di ravvivare lo strato di ossatura sottostante, al fine di sovrapporvi il nuovo strato di soprastruttura, o per asportarlo completamente.

Con la scarifica deve anche essere asportato il materiale incoerente e smosso l'eventuale strato di tappeto di usura e/o di binder deteriorati, tutti i materiali terrosi ed i sedimenti fangosi, le erbe ed i cespugli, ogni altro materiale estraneo e non adatto a ricevere i successivi ricarichi; gli eventuali accumuli di pietrisco formati ai bordi stradali vanno rimossi.

La scarifica va eseguita con mezzi meccanici idonei e, ove necessario, con mezzi manuali.

**2.5.7. Demolizione di trovanti**

I trovanti di roccia del volume superiore a mc 0,500 devono essere ridotti di dimensione fino a consentirne il trasporto alla discarica; qualunque onere e artificio è da ritenersi compreso e compensato.

Non sono considerati trovanti i massi erratici rinvenuti nello scavo quando questi, singolarmente, misurati all'interno della sezione dello scavo, non superino il volume di 0,5 mc; nessun compenso, pertanto, sarà corrisposto all'APPALTATORE per la loro asportazione, sia che a ciò sia sufficiente l'impiego dell'escavatore, sia che si renda necessaria la loro riduzione o demolizione mediante l'uso del martello demolitore.

Analogamente non sono considerati trovanti i blocchi di roccia, anche superiori a mc 0,500, derivanti da eventuali precedenti operazioni di frantumazione meccanica di banchi di roccia.

**2.5.8. Palancolate**

Ove la D.L. lo richieda, per il contenimento delle pareti degli scavi a sezione obbligata che - per determinata metodologia e programmazione dei lavori - debbono restare aperti al lungo ed anche consentire la presenza e l'attività delle maestranze,

l'APPALTATORE deve provvedere alla palancolatura, totale o parziale, del bordo dello scavo secondo lo sviluppo che deve essere concordato con la D.L.

Le palancole da utilizzare devono essere del tipo Larssen, in acciaio sagomato per il mutuo incastro degli elementi, della lunghezza variabile da cinque a 9 m, in ogni caso adatte a sostenere fronti di scavo dell'altezza di 3 m ed oltre, in terreni spingenti e/o sciolti; il tipo delle palancole deve peraltro soddisfare, per caratteristiche di resistenza e dimensioni, i risultati dei calcoli statici specificatamente elaborati a cura a cura dell'APPALTATORE e previa accettazione della COMMITTENTE. Le palancole devono essere infisse, e successivamente estratte, per vibro-percussione utilizzando appositi macchinari; al bordo dello scavo delimitato dalla palancolatura deve essere posta un'adeguata protezione antinfortunistica.

## **2.6. PRESCRIZIONI PER IL CALCESTRUZZO**

Il presente capitolo, allegato del CSA Parte II, tratta delle strutture in conglomerato cementizio armato e dei consolidamenti delle strutture esistenti in conglomerato cementizio armato.

In particolare, vengono trattate le modalità per l'accettazione del calcestruzzo e dell'acciaio per strutture in conglomerato cementizio armato e dei materiali per il consolidamento, sia superficiale che strutturale.

### **2.6.1. Normativa di riferimento**

Per quanto riguarda le caratteristiche generali del calcestruzzo fornito, si fa riferimento alle norme riportate nel prospetto seguente.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia Circ. n.11651 del 14/02/1974

DM 17/01/2018, "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Ministero delle infrastrutture e dei Trasporti, circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

ISTRUZIONI per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 Gennaio 2018.

UNI EN 1990:2006

Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale

UNI EN 1991-1-1:2004

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in Generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.

UNI EN 1991-1-4:2005

Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in Generale – Azioni del Vento

UNI EN 1992-1-1:2005

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1993-1-1:2005

Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1993-1-8:2005

Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti

UNI EN 1994-1-1:2005

Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

UNI EN 1998-1:2005

Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.

UNI ENV 1999-1-1:2002

Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-1: Regole generali -Regole generali e regole per gli edifici

UNI ENV 1999-1-2:2001

Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione della resistenza all'incendio

UNI ENV 1999-2:2002

Eurocodice 9 - Progettazione delle strutture di alluminio - Parte 2: Strutture sottoposte a fatica

UNI EN 206-1:2006

Calcestruzzo – Parte 1: Specificazione, prestazione e conformità.

UNI 11104:2004

Calcestruzzo: Specificazione, prestazione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

EN 1090-1 e 2 sui requisiti relativi alle strutture metalliche

Regolamento Europeo 305/2011 sui prodotti da costruzione

Circ. Min. LL.PP. 14.02.1974, n.11951 "Applicazione della legge 05.11.1971, n. 1086".

Circ. Min. LL.PP. 31.07.1979, n.19581 "Legge 05.11.1971, n. 1086, art. 7- Collaudo Statico".

Circ. Min. LL.PP. 23.10.1979, n.19777 "Competenza amministrativa: Legge 05.11.1971, n. 1086 02.02.1974, n.64".

Circ. Min. LL.PP. 09.01.1980, n.20049 "Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato".

Circ. Min. LL.PP. 01.09.1987, n.29010 "Legge 05.11.1971, n. 1086 DM 27.07.1985, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare".

L.R. 12 MARZO 1985, n° 19

Snellimento delle procedure di cui alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, in attuazione della legge 10 dicembre 1981, n. 741.

## **2.6.2. Requisiti generali di base per i componenti (ingredienti)**

### **2.6.2.1. Cementi**

Per la confezione dei calcestruzzi destinati alla realizzazione di tutte le tipologie di manufatti in c.a. potranno essere impiegati unicamente cementi provvisti di marcatura CE (certificato di conformità rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA)) che soddisfino i requisiti di accettazione previsti dalla normativa di riferimento UNI EN 197/1-2006.

Se è prevista una classe di esposizione all'aggressione solfatica (classe di esposizione ambientale XA in accordo alla UNI-EN 206-1) sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati in accordo alla UNI 9156 o relative norme europee. La classe di resistenza al solfato del cemento verrà scelta in accordo a quanto suggerito dalla norma UNI 8981-2.

Se è prevista una classe di esposizione all'aggressione da acque dilavanti (classe di esposizione ambientale XA in accordo alla UNI-EN 206-1) sarà necessario utilizzare cementi resistenti al dilavamento in accordo alla UNI 9606. La classe di resistenza al dilavamento del cemento verrà scelta in accordo a quanto suggerito dalla norma UNI 8981-3.

L'esigenza di eseguire getti monolitici di grandi dimensioni potrà richiedere l'impiego di cementi a basso sviluppo di calore denominati Low Heat: LR conformi ai requisiti specificati al punto 7 e al punto 9.2.3 della norma UNI-EN 197-1-2006.

Per eliminare il possibile rischio di reazioni alcali-aggregato potrà essere utilizzato cemento pozzolanico alle ceneri volanti (tipo IV/A o IV/B) o d'altoforno (tipo III/A o III/B). In alternativa si potrà utilizzare qualsiasi tipo di cemento purché il contenuto totale di alcali (come Na<sub>2</sub> o equivalente) nel calcestruzzo risulti inferiore a 3 kg/m<sup>3</sup>.

Per strutture facciavista durante l'intera fornitura dovrà essere utilizzato cemento proveniente dalla stessa cementeria. Inoltre, il calcestruzzo destinato ad uno stesso elemento strutturale deve essere confezionato con cemento di una stessa partita. Per le strutture facciavista bianche o colorate il calcestruzzo dovrà essere realizzato con cemento bianco.

Il cemento utilizzato dovrà essere conforme a quanto stabilito dal Decreto del Ministero della Salute del 10.05.2004 in particolare per quanto attiene ai limiti di cromo VI imposti dall'Allegato al punto 44.1.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità dei cementi utilizzati nella confezione del conglomerato.

In fase di aggiudicazione della fornitura di calcestruzzo, l'aggiudicatario dovrà inviare "La scheda di Sicurezza" predisposta ai sensi dei Decreti legislativi 3 febbraio 1997, n. 52, e 14 marzo 2003, n. 65, e successive modifiche (cfr. D.Lgs. 81/2008 e ss. mm. e ii, Titolo IX – Sostanze pericolose, Capo I – Protezione da agenti chimici, art. 223 – Valutazione dei Rischi).

**2.6.3. Aggiunte**

E' consentito per la produzione del calcestruzzo l'impiego di aggiunte minerali di tipo I e II in accordo alla UNI-EN 206-1. In particolare, per le aggiunte di tipo I si farà riferimento alla norma UNI EN 12620 e UNI 8520/2.

Per le aggiunte di tipo II (ceneri volanti e fumi di silice) si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 (solo Italia) e UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5.

Il produttore di calcestruzzo dovrà attestare la conformità delle aggiunte utilizzate producendo opportuna certificazione rilasciata da un Laboratorio autorizzato di cui all'art. 59 del D.M. 38012001 da presentare a corredo del dossier di prequalifica degli impasti e, in seguito, ogni qualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

**2.6.4. Ceneri volanti**

Per la produzione del calcestruzzo sono ammesse unicamente le ceneri volanti conformi alla UNI EN 450- I provviste di marcatura CE. Le ceneri volanti per il confezionamento di calcestruzzi destinati a strutture facciavista e pavimentazioni industriali dovranno contenere un tenore di incombusto inferiore al 3%. L'utilizzo di ceneri volanti non conformi alla UNI EN 450-1 è ammesso unicamente previa autorizzazione della D.L. e soltanto, quando per l'impossibilità di approvvigionarsi di sabbie fini il calcestruzzo necessita di un miglioramento delle proprietà reologiche finalizzato alla riduzione della segregazione e/o alla facilitazione delle operazioni di pompaggio. In queste situazioni le ceneri non conformi verranno trattate alla stregua delle aggiunte inerti e il loro dosaggio sarà limitato a 45 kg/m<sup>3</sup>. Ceneri non conformi alla UNI EN 450 non possono essere impiegate in calcestruzzi destinati alle classi di esposizione XF1, XF2, XF3 e XF4, in calcestruzzi facciavista, in conglomerati per pavimentazioni industriali e per la produzione di conglomerati autocompattanti.

Per il calcolo del rapporto aie equivalente, in Italia, il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI-EN 450-1 verrà desunto dalle indicazioni riportate al punto 5.2.5.2 della UNI-EN 206-1 e dal prospetto 3 della UNI 11104, qui di seguito riportato per comodità.

Valori del coefficiente k per ceneri volanti conformi alla UNI EN 450 (prosp.3, UNI 11104)

TIPO DI CEMENTO	CLASSI DI RESISTENZA	VALORI DI k
CEM I	32.5 N, R	0,2
CEM I	42.5N, R	0.4
	52.5 N, R	

CEM IIA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IIIA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM IVA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	
CEM VA	32.5 N, R	0.2
	42.5 N, R	

Generalmente l'impiego di cenere volante è previsto in parziale sostituzione solo dei cementi di tipo I e II/A. L'impiego di cenere volante in parziale sostituzione di cementi tipo III B, III, IV e V è subordinato ad una verifica dei tempi di presa e di indurimento del calcestruzzo in funzione anche delle temperature esistenti in cantiere al momento del getto. Pertanto, tale impiego è condizionato da una preventiva approvazione della D.L.

Nella valutazione preliminare delle miscele (controllo di conformità), nella prequalifica (ove prevista) e nelle verifiche periodiche da eseguirsi su richiesta della D.L., andrà comunque accertato 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 0,4%. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione, previa approvazione della D.L., se l'incremento del dosaggio di additivo non determina significativi ritardi nei tempi di presa e di indurimento del calcestruzzo;

il dosaggio dell'additivo aerante (ove richiesto) in presenza di ceneri volanti sia sufficiente a garantire i requisiti prestazionali richiesti per la miscela in termini di aria inglobata e di spacing.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta, i certificati di conformità delle ceneri volanti utilizzate nel confezionamento del conglomerato.

### 2.6.5. Fumo di silice

Per la produzione del calcestruzzo è ammesso unicamente l'impiego di microsilici (o fumi di silice) che rispondono ai requisiti fissati dalle norme UNI EN 13263 parte I e II, provvisti di marcatura CE.

Il fumo di silice può essere utilizzato in polvere o di "slurry". Se impiegato in questa ultima forma nel calcolo del rapporto a/c equivalente dell'impasto occorrerà conteggiare il quantitativo di acqua derivante dalla sospensione contenente fumo di silice. Per il coefficiente k del fumo di silice valgono le disposizioni di cui al punto 5.2.5.2.3 della norma UNI-EN 206.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta, i certificati di conformità del fumo di silice utilizzato nella confezione del conglomerato.

#### 2.6.6. Filler calcarei

I filler calcarei, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo I, devono essere conformi alla UNI EN 12620 e UNI 8520/2.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta, i certificati di conformità del filler utilizzato nella confezione del conglomerato.

#### 2.6.7. Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini della confezione del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo quanto previsto dalla Direttiva 89/106/CEE e dal D.P.R. 246 del 21.4.1993. In particolare, per calcestruzzo strutturale sono richiesti aggregati con sistema di attestazione 2+; per calcestruzzo non strutturale il livello di conformità richiesto è quello del sistema di attestazione 4, così come previsto dal punto 11.2.9.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M 17/01/2018) e s.m e i.

Gli aggregati debbono essere conformi alla UNI-EN 12620 e alla norma UNI 8520 parte 2 che contiene le istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della UNI-EN 12620.

Non potranno essere utilizzati nel confezionamento del calcestruzzo aggregati con assorbimento d'acqua (UNI-EN 1097-6) maggiore del 2,5%. Per aggregati destinati alla realizzazione di calcestruzzi per opere ricadenti nella classe di esposizione XF l'assorbimento di acqua dovrà risultare inferiore all'1%. Per assorbimenti di acqua maggiori di questo valore dovrà essere valutata la resistenza al gelo dell'aggregato mediante prova diretta di gelo-disgelo o indiretta in soluzione di solfato di magnesio, in accordo alla metodologia prevista rispettivamente dalla norma UNI -EN 1367-1 e UNI-EN 1367-2. Le classi di resistenza al gelo suggerite per gli aggregati in funzione della classe di esposizione ambientale cui la struttura sarà esposta in servizio vengono riportate nella Tabella seguente.

CLASSE DI ESPOSIZIONE AMBIENTALE	CLASSE DI RESISTENZA AL GELO DELL'AGGREGATO
XFI	F4 MS35
XF2, XF3	F2 MS25

Per la confezione del calcestruzzo potranno essere utilizzati esclusivamente aggregati con massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. pari o superiore a 2.600 kg/m<sup>3</sup>. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 dovranno preferibilmente essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2.750 kg/m<sup>3</sup>.

Per gli aggregati destinati al confezionamento di calcestruzzi per strutture facciavista o per pavimentazioni il limite nel contenuto di impurezza organica leggere negli aggregati viene fissato pari allo 0,25% e allo 0,05% rispettivamente per gli aggregati fini e grossi.

Sarà onere del produttore di calcestruzzo eseguire con frequenza trimestrale il controllo delle sostanze indesiderabili negli aggregati e, in particolare il contenuto di solfati, di zolfo totale, di zolfo in forma di solfuri ossidabili, nonché la potenziale reattività agli alcali degli aggregati. Questi controlli si rendono necessari, indipendentemente dalla frequenza sopramenzionata, ogni qual volta si verifica un cambio nel fornitore degli aggregati o quando il banco di cava presenta caratteristiche geologiche significativamente diverse dalle partite di roccia già analizzate.

Per la confezione del calcestruzzo, dovranno essere impiegati aggregati appartenenti ad almeno tre classi granulometriche diverse. Per i calcestruzzi con classe di resistenza superiore alla C32/40, le classi granulometriche dovranno essere almeno pari a quattro. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione di cui al presente capitolo. La curva granulometrica ottenuta dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), di ridotta tendenza alla segregazione e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

Per definizione il diametro massimo di un aggregato (D<sub>max</sub>) si identifica con l'apertura del setaccio, appartenente alla serie base completata con la serie I, oppure II, previste dalla EN 12620, cui corrisponde un trattenuto inferiore al 10%:

8 - 11 - 16 - 22 - 32 - 45 - 63 mm (serie base + serie 1)

8 - 12 - 16 - 20 - 32 - 40 - 63 mm (serie base + serie 2)

Non si accettano per la confezione del conglomerato pietrischetti, pietrischi e graniglie contenenti un tenore di elementi piatti o allungati (stimati attraverso l'indice di appiattimento: UNI-EN 933-3) superiore al 15% in massa.

Per calcestruzzi destinati a strutture facciavista durante l'intera fornitura dovranno essere impiegati aggregati identici per natura, classi granulometriche e cava di provenienza.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, quanto prescritto di legge circa i certificati di conformità degli aggregati utilizzati nel confezionamento del conglomerato e comunque ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta.

La D.L. si riserva la facoltà di prelevare presso l'impianto del fornitore campioni di aggregato, sia in forma di misto che in forma di singole frazioni granulometriche,



nelle quantità ritenute dalla stessa necessarie per eventuali verifiche o prove di laboratorio richiedendo la relativa dichiarazione di marcatura CE.

In linea di massima l'impiego di aggregati di riciclo deve essere escluso dal confezionamento del conglomerato salvo diversi accordi da stabilirsi con la D.L. In tal caso, l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui al Paragrafo 11.2.9.2 in Tabella 11.2.III delle Norme Tecniche (D.M. 17/01/12018), è ammesso. In ogni caso, non è consentito l'impiego di aggregati di riciclo per calcestruzzi destinati ad opere che ricadono nella classe di esposizione ambientale XF in accordo alla EN 206-1 e alla UNI 11104.

#### **2.6.8. Acqua di impasto**

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003. Per calcestruzzi destinati a strutture faccia vista o a pavimentazioni e per i conglomerati auto compattanti non è ammesso l'utilizzo di acque di riciclo, ma solo di acqua potabile.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità dell'acqua di impasto utilizzata nel confezionamento del conglomerato.

#### **2.6.9. Additivi**

Gli additivi per il confezionamento del calcestruzzo debbono possedere il marchio CE e debbono essere conformi, ognuno per la propria categoria di appartenenza, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934-2. Al produttore di calcestruzzo è demandata la verifica dei dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per evitare eventuali indesiderati effetti legati ad anomali intrappolamenti di aria nell'impasto o a eccessivi fenomeni di ritardo o anticipo sui tempi di presa e di indurimento del calcestruzzo. In via del tutto generale, si consiglia per la produzione degli impasti il ricorso costante ad additivi riduttori di acqua (conformi al prospetto 2 della norma UNI EN 934-2) o riduttori di acqua ad alta efficacia (conformi ai prospetti 3.1 e 3.2 della norma UNI EN 934-2) al fine di limitare il contenuto di acqua di impasto e conseguentemente migliorare sia la stabilità dimensionale del calcestruzzo che la resistenza alla fessurazione dei getti. Nel periodo estivo, in via del tutto generale, si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di allungare i tempi di presa in modo da garantire il soddisfacimento del requisito di lavorabilità richiesto al getto (ad esempio fluidificanti ritardanti conformi al prospetto 10 della norma UNI EN 934-2 oppure superfluidificanti ritardanti conformi ai prospetti 11.1 e 11.2 della norma UNI-EN 934-2) oltre che per attenuare eventuali problemi che possono insorgere nelle riprese di getto con conglomerati caratterizzati da tempi di presa e di indurimento precoci. Nel periodo invernale, invece, in via del tutto generale è consigliabile l'impiego di additivi che possano accelerare il processo di idratazione del cemento (ad esempio, acceleranti di indurimento conformi al prospetto 7 della norma UNI EN 934-2 oppure fluidificanti acceleranti conformi al prospetto 12 della norma UNI EN 934-2) al fine di conseguire una resistenza sufficientemente elevata per poter resistere ad eventuali abbassamenti di temperatura al di sotto di 0°C.

Il produttore di calcestruzzo deve esibire, nel Dossier di Prequalifica degli Impasti, e ogniqualvolta la D.L. ne faccia richiesta i certificati di conformità **degli additivi**

utilizzati nel confezionamento del conglomerato unitamente alla "Scheda di Sicurezza" delle sostanze ai sensi del D.M. 4.4.1997 e ss.mm..

## 2.6.10. Requisiti di base per il calcestruzzo allo stato fresco e indurito

### 2.6.10.1. Le classi di resistenza

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni D.M.17/01/2018, il calcestruzzo verrà identificato in base alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione misurata su provini cubici di lato 150 mm. Per questa resistenza caratteristica verrà adottata la seguente simbologia: Rck.

### 2.6.10.2. Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

La scelta delle singole frazioni granulometriche degli aggregati da utilizzare per la confezione dell'impasto e delle rispettive percentuali di impiego è demandata al produttore di calcestruzzo che sceglierà la curva granulometrica ritenuta ottimale per il conseguimento delle prestazioni reologiche e meccaniche del calcestruzzo di cui al presente capitolo. È fatto obbligo al produttore, in accordo a quanto stabilito dalla UNI EN 12620, di utilizzare aggregati appartenenti ad almeno tre classi granulometriche diverse. Per i calcestruzzi con classe di resistenza superiore alla C 32/40, le classi granulometriche dovranno essere almeno pari a quattro.

### 2.6.10.3. Rapporto acqua/cemento

Per il calcolo del rapporto a/c equivalente (a/c)<sub>eq</sub>, necessario per soddisfare sia i requisiti di durabilità che di resistenza meccanica a compressione, si farà riferimento alla sola "acqua efficace" intesa come l'acqua che dopo il mescolamento degli ingredienti si trova all'esterno dei granuli dell'aggregato lapideo. L'acqua efficace si ottiene a partire da quella introdotta nel mescolatore:

sommando il quantitativo di acqua (a<sub>aggr-umido</sub>) ceduto dall'aggregato caratterizzato da un tenore di umidità maggiore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);

sottraendo il quantitativo di acqua (a<sub>aggr-asciutto</sub>) sottratto dall'aggregato caratterizzato da un tenore di umidità minore dell'assorbimento;

sommando l'aliquota di acqua (a<sub>add</sub>) introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 Kg/m<sup>3</sup>) o le aggiunte minerali in forma di slurry;

sommando l'aliquota di acqua (a<sub>gh</sub>) introdotta tramite chips di ghiaccio.

$$a_{eff} = a_m + a_{aggr} + a_{add} + a_{gh}$$

Il rapporto acqua/cemento equivalente risulta individuato dalla seguente espressione:

$$\left(\frac{a}{c}\right) = \frac{a_{eff}}{(c + K_{cv} * cv + K_{fs} * fs)}$$

dove:

- c dosaggio in kg per m<sup>3</sup> di cemento;
- cv dosaggio in kg per m<sup>3</sup> di cenere volante;
- fs dosaggio in kg per m<sup>3</sup> di fumo di silice;

–  $K_{cv}$ ;  $K_{fs}$  coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104.

#### 2.6.10.4. Lavorabilità

E' onere del produttore di conglomerato selezionare le classi granulometriche degli aggregati, la curva ottimale di riferimento, il dosaggio di cemento e di aggiunte minerali che consentano di confezionare impasti che al momento della consegna in cantiere e per un periodo ulteriore di 30 minuti dall'arrivo del mezzo posseggano la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato nella tabella riassuntiva del presente capitolo. Il calcestruzzo con la lavorabilità non conforme a quella prescritta dovrà essere di norma respinto dalla D.L..

La misura della lavorabilità sarà effettuata a discrezione della D.L. e, comunque, all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica a compressione.

In accordo alla EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0,30 m<sup>3</sup> di calcestruzzo, la misura della lavorabilità sarà di norma effettuata mediante l'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2); per la valutazione della classe di consistenza dei calcestruzzi high flow si dovrà utilizzare la tavola a scosse per la determinazione del diametro di spandimento (UNI EN 12350-5). Per la determinazione delle caratteristiche reologiche dei calcestruzzi auto-compattanti si farà riferimento alle norme italiane (UNI 11041-11042-11043 e 11044) e a quelle richiamate nel documento europeo "Linee guida per i calcestruzzi auto compattanti".

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento della consegna in cantiere non dovrà superare i 60 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali, quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 60 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto, purché lo stesso posseda i requisiti di lavorabilità prescritti. Fermo il rispetto delle caratteristiche prescritte, in questa evenienza, per il calcestruzzo dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti o super fluidificanti ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

#### 2.6.10.5. Acqua di bleeding

Il volume di acqua di bleeding, valutato in accordo alla procedura stabilita dalla norma UNI 7122, dovrà risultare non superiore allo 0,10% rispetto al volume di acqua d'impasto.

#### 2.6.10.6. Contenuto d'aria

In occasione dei prelievi per il confezionamento dei provini destinati ai controlli di accettazione della resistenza a compressione del conglomerato cementizio, e ogni qualvolta la D.L. lo ritiene opportuno, potrà essere determinato il contenuto di aria nel calcestruzzo in accordo alla procedura descritta alla norma UNI EN 12350-7. Il contenuto di aria (intrappolata nei calcestruzzi senza additivo aerante o "aggiunta" nei conglomerati confezionati con questi additivi) dovrà risultare conforme ai valori prescritti per ogni tipologia di calcestruzzo prevista nel presente documento contrattuale.

Il mancato rispetto del valore di contenuto d'aria prescritto potrà determinare la contestazione della fornitura, oltre che il rifiuto immediato del calcestruzzo da parte della D.L.

#### 2.6.10.7. Durabilità

Ogni calcestruzzo, in accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17/01/2018) dovrà soddisfare i seguenti requisiti di durabilità secondo quanto richiesto dalla norma UNI EN 206-1 e, in particolare, dal prospetto 4 della norma UNI 11104, in base alle classi di esposizione ambientale dell'elemento/struttura cui il calcestruzzo è destinato:

- rapporto (a/c)max;
- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- aria inglobata o aggiunta (solo per le classi di esposizione XF2, XF3, XF4). In aggiunta a questa prescrizione si potrà, in condizioni particolari da concordare preventivamente con la D.L., imporre nella specifica di capitolato un valore massimo allo spacing tra le microbolle stabilizzate dall'additivo aerante;
- contenuto minimo di cemento;
- tipo e classe di cemento;
- classe di contenuto di cloruri del calcestruzzo;
- lavorabilità al getto;
- Dmax dell'aggregato.

Per i calcestruzzi destinati a strutture massive (di grande spessore) si potranno utilizzare, in deroga a quanto richiesto dal prospetto 4 della norma UNI 11104, dosaggi di cemento inferiori a quelli richiesti per soddisfare i requisiti di durabilità purché il dosaggio di cemento utilizzato risulti comunque superiore a quello minimo richiesto per la durabilità dalla norma UNI EN 206-1.

## 2.6.10.8. Tipi di conglomerato cementizio a prestazione garantita (UNI-EN 206-1 o SN EN 206-1; UNI 11104)

E' ammesso unicamente l'utilizzo di calcestruzzi a prestazione garantita in accordo alla UNIEN 206-1 ed UNI 11104, individuati attraverso una serie di requisiti base riassunti nella Tabella 3.8.1(a) riportata nel seguito, contenente i vari tipi di conglomerato impiegati e le relative caratteristiche prestazionali.

Tabella 3.8.1(a) - Classificazione dei diversi tipi di conglomerato sottoposti a qualifica preliminare

Tipo	Portland CEM I o II
Classi exp amb.	XC4
Classe di resistenza C(x/y)	C32/40
Rapp acqua/cemento (a/c) <sub>max</sub>	0,5
Contenuto minimo di cemento C <sub>MIN</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	340
Tipo classe cemento	42.5R
Slump al getto	S4
D <sub>max</sub>	25mm
Contenuto di cloruri	
Aria intrappolata inglobata	
Campi di impiego	Vasche e Piastre

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17/01/2018), il calcestruzzo a prestazione garantita dovrà essere prodotto in impianto, indipendentemente che esso sia esterno o meno al cantiere, dotato di un sistema di controllo della produzione. Per calcestruzzi che non rientrano tra quelli in produzione iniziale o continua, ancorché prodotti in un impianto dotato di sistema di controllo della produzione, e per calcestruzzi autoprodotti in cantiere in volume inferiore a 1.500 m<sup>3</sup>, prima della fornitura dovranno essere effettuate delle prove di prequalifica dell'impasto certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del D.M. 380/2001. Le prove di prequalifica dovranno essere effettuate anche per i calcestruzzi a composizione richiesta.

## 2.6.10.9. Tipi di conglomerato cementizio a prestazione garantita: requisiti aggiuntivi e opzionali

In linea di massima, tutti i requisiti aggiuntivi in termini di impermeabilità all'acqua, di resistenza meccanica a trazione o a trazione per flessione dovranno essere tutti

convertiti in un corrispondente valore della resistenza caratteristica convenzionale a compressione. Pertanto, salvo diverse disposizioni impartite dalla D.L., le specifiche di capitolato non conterranno voci relative a queste caratteristiche aggiuntive e, quindi, ad eventuali prove tese ad accertarne il valore. Per particolari esigenze esecutive (disarmo o messa in servizio in tempi brevi di strutture o parti di esse) potrà essere necessario prescrivere un valore caratteristico della resistenza a compressione a temperature diverse da 20°C e a tempi diversi da 28 giorni. In questa evenienza, il valore caratteristico specificato verrà corredato delle modalità e della durata della maturazione da condursi prima di effettuare le prove di schiacciamento.

In accordo al punto 11.2.1 delle Norme Tecniche per le Costruzioni e in ordine alla necessità di impiego di cementi a basso sviluppo di calore, la D.L., in alternativa alla specifica di capitolato relativa alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione a 28 giorni, potrà prescrivere un diverso tempo di maturazione (ad esempio a 56 giorni), riportandolo nelle specifiche del contratto di fornitura.

#### 2.6.10.10. Tipi di conglomerato cementizio a composizione richiesta (UNI-EN 206-1)

Salvo diverse disposizioni della D.L. non è ammesso l'impiego di calcestruzzo a composizione richiesta, in accordo alla UNI-EN 206-1 ed UNI 11104. Per particolari esigenze la D.L. potrà prescrivere il calcestruzzo in termini composizionali specificando tipo e dosaggio degli ingredienti da utilizzare, unitamente alla classe di consistenza richiesta al getto. Tuttavia, prima di procedere alla fornitura del conglomerato dovranno effettuarsi presso il laboratorio della centrale di betonaggio o presso un laboratorio prescelto dalla D.L. prove preliminari consistenti nel confezionamento del calcestruzzo in accordo alla composizione specificata. Queste prove sono finalizzate alla trasformazione dei requisiti composizionali in requisiti prestazionali. Si procederà, quindi, all'effettuazione delle prove di prequalifica dell'impasto che verranno certificate da un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.M. 380/2001. In definitiva, quindi, il calcestruzzo fornito verrà trattato alla stregua di un conglomerato a prestazione garantita.

## 2.6.11. Qualifica del conglomerato cementizio

### 2.6.11.1. Requisiti del fornitore

In accordo alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M.17/01/2018) il fornitore di calcestruzzo dovrà produrre il conglomerato con un Processo Industrializzato e allo scopo dovrà essere, di norma, dotato di un sistema di controllo del processo di produzione certificato, da un organismo terzo indipendente (accreditato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici) di adeguata competenza e organizzazione che opera in accordo con le norme UNI EN 45012. Il sistema di controllo del processo di produzione deve essere introdotto anche per quei produttori che già dispongono di un sistema di gestione della qualità in accordo alle norme ISO 9000.

Il sistema di controllo della produzione comporta l'utilizzo di personale adeguatamente formato, la redazione di idonea documentazione e l'installazione di un laboratorio dotato delle apparecchiature necessarie ad effettuare i controlli come descritto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale (Marzo 2003).

Il produttore dovrà attestare la certificazione del controllo di produzione contestualmente alla sottoscrizione del presente Capitolato.

### 2.6.11.2. Progetto preliminare di prequalifica del calcestruzzo

Il produttore del conglomerato deve sottoporre alla Direzione Lavori prima dell'inizio della fornitura il "Dossier di qualifica degli impasti e dei relativi costituenti" per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo che verranno utilizzati.

A tal fine dovrà presentare:

- per i calcestruzzi prodotti presso un impianto dotato di processo industrializzato, una documentazione attestante la rispondenza delle materie prime impiegate alle norme vigenti e che la produzione del calcestruzzo viene effettuata operando un sistema di controllo del processo di produzione (Factory Production Control), certificato da un organismo terzo indipendente (accreditato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici) e organizzato in accordo a quanto descritto nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato;
- per i calcestruzzi prodotti presso un impianto non dotato di processo industrializzato, a cui la D.L. potrà ricorrere per motivi eccezionali (lontananza o assenza di impianti dotati di certificazione), una documentazione attestante la rispondenza delle materie prime impiegate alle norme vigenti, oltre ad un progetto preliminare di pre-qualifica per attestare la conformità dell'impasto e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento, basato su prove preliminari di verifica da condurre direttamente presso l'impianto di betonaggio e certificate da un Laboratorio di cui art. 59 del D.M. 380/2001.

Il progetto preliminare di prequalifica si rende necessario anche quando:

- il calcestruzzo viene fornito da un impianto dotato di processo industrializzato, ma il tipo di conglomerato prescritto non rientra in una famiglia di conglomerati in fase di produzione iniziale, né in fase di produzione continua (secondo EN 206-1);
- allorquando la D.L. ha specificato l'impiego di un calcestruzzo a composizione richiesta;
- quando il calcestruzzo viene autoprodotta dall'impresa esecutrice delle opere in un impianto di cantiere e il volume complessivo di calcestruzzo (di miscela omogenea) risulti inferiore a 1500 m<sup>3</sup>.

#### 2.6.11.3. Relazione di prequalifica dell'impasto

Nella relazione di prequalifica, il produttore dovrà fare esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto in precedenza;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo UNI EN 1097-6;
- analisi granulometrica delle singole pezzature di aggregato impiegate;
- curva granulometrica dell'aggregato combinato;
- dosaggio delle singole pezzature di aggregato;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- tipo e dosaggio degli additivi;
- tipo, dosaggio e coefficiente di equivalenza delle aggiunte;
- acqua efficace;
- rapporto acqua-cemento efficace;
- massa volumica del calcestruzzo fresco;
- deviazione tra dosaggi nominali ed effettivi;
- classe di consistenza del calcestruzzo alla miscelazione;
- perdita di lavorabilità nel tempo fino a 60 min;
- percentuale di aria intrappolata o aggiunta;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- resistenza a compressione a 28 giorni (valore medio, caratteristico e scarto quadratico medio);
- sviluppo della resistenza a compressione in funzione del tempo (1, 2, 7, 14 e 28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto.



#### 2.6.11.4. Ordine e consegna del calcestruzzo

Una volta superata la fase di qualifica e ritenuto il produttore del calcestruzzo, autonomamente proposto dall'Appaltatore, in quanto il sistema di produzione è conforme a tutti i requisiti in precedenza esposti, il D.L. autorizzerà la produzione mediante specifico ordine di servizio, dove verranno ribaditi i requisiti del calcestruzzo da fornire in accordo a quanto riportato nel paragrafo che segue.

##### Ordine del calcestruzzo

L'Impresa esecutrice, in sede di incarico, comunicherà al fornitore il nome del proprio referente per il cantiere, il quale effettuerà gli ordini di fornitura. All'ordine saranno comunicate:

- le caratteristiche specifiche Rck, Classe di esposizione, Classe di consistenza al getto, Dmax dell'aggregato;
- la quantità da fornire;
- l'orario del getto;
- l'eventuale necessità di mezzi di pompaggio;
- le eventuali particolarità previste.

#### 2.6.11.5. Consegna del calcestruzzo

Il fornitore dovrà garantire la massima puntualità e mettere a disposizione il personale e le attrezzature richieste all'ordine, in modo da poter rendere le fasi del getto razionali e continue.

Alla consegna il produttore dovrà fornire un documento di consegna, che dovrà essere sottoscritto da un rappresentante della ditta e da un incaricato della D.L., riportante le seguenti informazioni, comuni a tutti i tipi di calcestruzzo:

- numero progressivo del documento;
- nome e localizzazione dell'impianto di confezionamento;
- estremi della certificazione del controllo di produzione in fabbrica (F.P.C.);
- identificativo del veicolo di trasporto;
- nome e localizzazione del cantiere di consegna e denominazione dell'acquirente;
- data ed ora del carico;
- quantità di calcestruzzo in m<sup>3</sup>;
- peso del carico (calcestruzzo e tara dell'automezzo) o in alternativa la stampa delle quantità registrate in fase di dosaggio (resoconto della miscela caricata);
- ora di arrivo del calcestruzzo in cantiere;
- ora di inizio scarico;
- ora di fine scarico;
- tipo e classe di resistenza del cemento;

- classe di consistenza al getto (slump o diametro di spandimento, quest'ultima per calcestruzzi high flow, o per i calcestruzzi auto compattanti prove di slump-flow, passing ability, V-funnel e resistenza alla segregazione);
- rapporto acqua/cemento equivalente;
- il diametro massimo effettivo dell'inerte utilizzato (Dmax);
- dichiarazione di marcatura CE degli aggregati;
- dichiarazione di conformità alla UNI EN 206-1 ed alla UNI 11104 (per la Svizzera alla SN EN 206-1 e al CPN);
- la resistenza caratteristica richiesta (Rck);
- la classe (o le classi) di esposizione ambientale (X);
- la classe di contenuto massimo di cloruri (Cl);
- e, per forniture di calcestruzzo a composizione richiesta:
- il dosaggio (in kg per m<sup>3</sup>) degli ingredienti utilizzati;
- tipo di additivo;
- eventuali caratteristiche particolari richieste.

#### **2.6.12. Controlli in corso d'opera sul calcestruzzo fresco e indurito**

La D.L. ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato fornito e quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare. Il controllo della qualità del calcestruzzo attiene sia alle caratteristiche dell'impasto allo stato fresco che allo stato indurito.

##### **2.6.12.1. Verifiche sul calcestruzzo allo stato fresco**

Le verifiche delle caratteristiche saranno effettuate a discrezione della D.L. e di norma all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica. Le verifiche consistono in:

determinazione della classe di consistenza al getto mediante misura di abbassamento al cono di Abrams o procedura equivalente;

determinazione dell'aria intrappolata o inglobata (in presenza di additivi aeranti) mediante l'impiego del porosimetro. Per i calcestruzzi privi di additivo aerante questa prova può essere sostituita, previa autorizzazione della D.L., dalla misura della massa volumica dell'impasto;

determinazione dell'acqua di impasto;

valutazione della dimensione massima dell'aggregato;

volume consegnato.

Le verifiche effettuate sul calcestruzzo fresco sono effettuate da personale incaricato dalla D.L.

Per quelle effettuate direttamente dall'Impresa esecutrice delle opere le stesse dovranno essere eseguite in contraddittorio in presenza di un rappresentante del

fornitore. In assenza di altri rappresentanti, per tali operazioni sarà considerato incaricato del fornitore l'autista della betoniera, il quale, dopo aver constatato la corretta esecuzione delle operazioni, sarà tenuto a sottoscrivere i moduli che attestano la conformità del campionamento e delle verifiche effettuate alle norme ed al presente Capitolo.

#### 2.6.12.2. Consistenza

La determinazione della consistenza si esegue mediante la prova di abbassamento al cono (o per i calcestruzzi high flow mediante misura del diametro di spandimento, UNI EN 12350-5) secondo il procedimento descritto al punto 6 della UNI EN 12350-2. Per i calcestruzzi autocompattanti, la determinazione della consistenza avverrà in base alle modalità di prova contenute nelle specifiche di capitolato.

Diversamente da quanto indicato nella norma, la riomogenizzazione prevista al punto 5 della UNI EN 12350-2 verrà effettuata mediante sessola, o attrezzatura simile, nel recipiente di raccolta del calcestruzzo (ad es. carriola).

Se la consistenza del calcestruzzo non dovesse corrispondere a quella ordinata (a tale scopo si ricorda che non sono ammesse tolleranze per il valore dello slump per la classe di consistenza prescritta e ordinata) si possono distinguere due casi.

Classe di Consistenza del calcestruzzo fornito minore di quella richiesta: la Direzione Lavori a sua discrezione può decidere di respingere la fornitura o di richiedere al rappresentante della Ditta (che, come già indicato, in assenza di altro personale è il conducente dell'autobetoniera) di far corrispondere la consistenza del calcestruzzo a quella ordinata (come previsto nel secondo periodo del punto 7.5 della norma UNI EN 206-1). Si precisa che quest'ultima operazione è eseguita sotto la responsabilità del fornitore.

Classe di Consistenza del calcestruzzo fornito maggiore di quella richiesta: la Direzione Lavori può decidere, compatibilmente con le esigenze di cantiere e di messa in opera, di respingere la consegna, oppure di accettare la fornitura, fermo restando la rispondenza alle caratteristiche della classe di resistenza richieste.

Contenuto cemento, rapporto acqua/cemento e distribuzione granulometrica dell'aggregato

Il rapporto acqua/cemento equivalente (a/c)<sub>eq</sub> del calcestruzzo fornito non deve superare il valore specifico stabilito per ogni calcestruzzo in Tabella 3.8.1, in precedenza riportata, e desunto dalle esigenze strutturali, da quelle di durabilità o da requisiti aggiuntivi richiesti per le strutture cui il calcestruzzo è destinato.

Le verifiche delle caratteristiche di cui al presente paragrafo (descritte per il contenuto di cemento e per il rapporto a/c al p.to 5.4.2 e per la dimensione massima dell'aggregato al p.to 5.4.4 della UNI EN 206-1) si eseguono secondo quanto previsto dalla norma UNI 6393.

Qualora la non conformità riguardasse il rapporto acqua/cemento equivalente (allo scopo si ricorda che non è ammessa, in deroga a quanto riportato nella norma UNI-EN 206-1, alcuna tolleranza rispetto al valore prescritto) e/o alla dimensione massima dell'aggregato si prevede l'applicazione di una penale calcolata secondo una aliquota pari a:

5% del prezzo del calcestruzzo ordinato per uno scostamento  $\leq$  del 5% del valore richiesto;

10% del prezzo del calcestruzzo ordinato per uno scostamento > del 5% del valore richiesto.

Se l'irregolarità riguardasse il contenuto di cemento, con le tolleranze previste dal Prospetto 17 della UNI EN 206-1 o SN EN 206-1 (al massimo 10 kg/m<sup>3</sup> in meno rispetto al valore nominale prescritto), sarà applicata una riduzione di prezzo proporzionale all'effettivo dosaggio riscontrato e si applicherà una penale calcolata secondo una aliquota pari al:

5% del prezzo del calcestruzzo ordinato per uno scostamento ≤ del 5% del valore richiesto;

10% del prezzo del calcestruzzo ordinato per uno scostamento > del 5% del valore richiesto.

L'effetto della irregolarità riscontrata dalle prove si applicherà all'intera fornitura giornaliera.

#### 2.6.12.3. Omogeneità

La verifica dell'omogeneità del calcestruzzo fornito si esegue vagliando due campioni di conglomerato, prelevati ad 1/4 e 4/5 dello scarico dell'autobetoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm. La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non deve differire più del 10%. Inoltre, l'abbassamento al cono dei due campioni non può differire più di 5 cm.

La fornitura non conforme comporterà l'applicazione di una penale pari al 10% del prezzo del calcestruzzo, applicata alla quantità fornita nella giornata.

#### 2.6.12.4. Contenuto di aria intrappolata o aggiunta

La determinazione dell'aria intrappolata o aggiunta (per i calcestruzzi confezionati con additivo aerante e destinati alle strutture in classe di esposizione XF2, XF3 e XF4) verrà effettuata contestualmente alla misura della lavorabilità del conglomerato e ogni qualvolta la D.L. lo ritenesse necessario, in accordo alla procedura descritta dalla norma UNI-EN 12350-7 basata sull'impiego del porosimetro. Il contenuto d'aria dovrà rientrare nell'intervallo prescritto e riportato nella precedente Tabella 3.8.1. Il mancato rispetto dell'intervallo di valori prescritto (in deroga a quanto previsto dalla UNI-EN 206-1, non è ammessa alcuna tolleranza per il contenuto di aria) potrà determinare a discrezione della D.L. il rifiuto del calcestruzzo.

#### 2.6.12.5. Quantità consegnata

Le quantità di calcestruzzo (richieste e consegnate) sono riferite al calcestruzzo compattato, come da punto 3.1.15 della UNI EN 206-1.

In linea di massima la verifica deve effettuarsi secondo le seguenti metodologie:

mediante cubatura del getto, il volume si intende gettato e costipato a rifiuto;

mediante verifica della massa volumica effettiva, effettuata secondo UNI EN 12350-6 con contenitore volumetrico da 5 dm<sup>3</sup>, effettuando una compattazione meccanica con tavola vibrante o con vibratore ad ago.

Rimane facoltà della D.L. introdurre ulteriori controlli sul volume consegnato, tramite doppie pesate formali dell'autobetoniera, senza oneri per il committente.

Qualora, in seguito a verifica, le quantità consegnate non dovessero corrispondere a quelle dichiarate nel documento di trasporto, sarà applicata una penale pari al 10% del prezzo del calcestruzzo, applicata alla quantità fornita nella giornata.

### **2.6.13. I controlli sul calcestruzzo indurito**

Il controllo di accettazione va eseguito secondo quanto stabilito al punto 11.2.5 delle Norme Tecniche sulle costruzioni, su miscele omogenee di conglomerato e, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, può essere condotto mediante:

controllo di tipo A;

controllo di tipo B (obbligatorio nelle costruzioni con più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea).

Le procedure di campionamento, conservazione e trasporto e consegna al Laboratorio Ufficiale sono svolte direttamente da personale incaricato dalla D.L. L'Impresa esecutrice delle opere potrà effettuare ulteriori controlli, oltre quelli obbligatori effettuati dalla D.L., in contraddittorio con un incaricato del fornitore di calcestruzzo. Per tali operazioni, in assenza di altri rappresentanti, l'autista della betoniera sarà considerato incaricato del fornitore.

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire a "bocca di betoniera", in presenza della D.L. o di un suo incaricato, non prima di aver scaricato almeno 0,30 m<sup>3</sup> di conglomerato, in accordo con le procedure previste dalle norme:

UNI EN 12390-1 relativamente ai requisiti delle casseforme da impiegare (verranno impiegate esclusivamente "cubettiere" in acciaio lato 150 mm, salvo getti di conglomerati confezionati con aggregati aventi pezzatura massima maggiore di 32 mm);

UNI EN 12390-2 circa le modalità di confezionamento e conservazione dei provini;

UNI EN 12390-3 relativamente alle modalità di esecuzione della prova di schiacciamento.

Per l'identificazione dei provini sulla superficie non casserata sarà annegato un legaccio di plastica al quale sarà fissata la targhetta riportante la sigla del provino. In alternativa si potrà utilizzare un'etichetta di plastica, firmata dalla D.L. o da un suo incaricato, sulla quale verrà riportata l'identificazione del campione con inchiostro indelebile.

L'esecuzione del prelievo deve essere accompagnata dalla stesura di un resoconto di prova che riporti le seguenti indicazioni:

- Identificazione del provino;
- denominazione del cantiere;
- tipo di calcestruzzo (utilizzare la stessa identificazione di Tabella 3.8.1);
- numero del documento di trasporto del calcestruzzo da cui è stato effettuato il prelievo;

- numero del prelievo e del provino (ad esempio, 1/1 oppure 1/2 rispettivamente per il provino 1 e 2 del prelievo 1; oppure 1/A e 1/B);
- data e ora di confezionamento del provino;
- elemento strutturale realizzato con il calcestruzzo da cui è stato effettuato il prelievo;
- dettagli sulla modalità e sulla durata della conservazione dei provini prima della scasseratura;
- Il metodo di conservazione dei provini dopo la scasseratura, indicando il campo delle temperature e la durata della conservazione;
- La firma dell'incaricato della Direzione Lavori.

Al termine del prelievo, i provini verranno sistemati su un piano orizzontale in una posizione non soggetta ad urti e vibrazioni.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 ore, ma non oltre 3 giorni, protetti da urti, vibrazioni e disidratazione, alla temperatura di  $20\pm 5$  °C o di  $25\pm 5$  °C nei climi caldi (punto 5.5.1 UNI EN 12390-2). In questo ultimo caso sarà necessario coprire i provini con sistemi isolanti o materiali umidi (ad es. sacchi di juta, tessuto non tessuto). I provini, una volta rimossi dalle casseforme, devono essere conservati in acqua alla temperatura costante di  $20\pm 2$  °C, oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di  $20\pm 2$  °C ed umidità relativa superiore al 95% (punto 5.5.2 UNI EN 12390-2).

#### **2.6.14. Verifica della resistenza caratteristica ed eventuale contestazione**

Dopo il rilascio del Certificato delle prove di resistenza a compressione eseguite su campioni di conglomerato cementizio, relativo ai diversi lotti consegnati (che saranno individuati dalla D.L.) si procede:

al Controllo di accettazione così come previsto dal pto. 11.2.5 delle Norme Tecniche per le Costruzioni;

al calcolo della "Resistenza caratteristica effettiva" ( $R_{ck}$ ), determinata dal valore che soddisfa entrambe le disequazioni previste dal pto. 11.2.5 delle Norme tecniche per le costruzioni).

In caso di controllo di accettazione conforme, il quantitativo di conglomerato è accettato. La ditta fornitrice potrà ottenere copia dei controlli di accettazione e dei relativi certificati.

##### **2.6.14.1. Procedura in caso di non conformità dei controlli di accettazione**

In caso di controllo o controlli di accettazione non conformi, la D.L. dovrà procedere all'applicazione della penale, alla riduzione del prezzo e alle verifiche di sicurezza strutturali, come di seguito riportato.

##### **2.6.14.2. Applicazione della penale e della riduzione del prezzo**

In caso di controllo o controlli di accettazione non conformi, la minore resistenza caratteristica del calcestruzzo fornito, rispetto a quella richiesta, riduce sia le prestazioni meccaniche che la durabilità dell'opera, quindi la D.L. contesterà la fornitura dequalificando il calcestruzzo al valore della Resistenza caratteristica

effettiva (si utilizzerà di seguito il simbolo  $R_{ckeff}$  per identificare la resistenza caratteristica effettiva su provini cubici e il simbolo  $R_{ck}$  per identificare il valore della resistenza caratteristica pattuito contrattualmente).

La dequalifica della fornitura comporta, per la quantità di calcestruzzo contestata:

l'applicazione di una penale calcolata secondo una aliquota pari a:

10% del prezzo del calcestruzzo ordinato per  $R_{ckeff} > 90\% R_{ck}$  ordinato;

20% del prezzo del calcestruzzo ordinato per  $R_{ckeff} \leq 90\% R_{ck}$  ordinato;

la riduzione del prezzo del calcestruzzo proporzionale al deficit di resistenza riscontrato che si calcola con la seguente formula:

$$\text{riduzione prezzo} = 1.4 * \frac{\text{prezzo } R_{ck_{ordinato}}}{R_{ck_{ordinato}}} * (R_{ck_{ordinato}} - R_{ck_{effettiva}})$$

In merito all'applicazione della penale e della riduzione di prezzo di cui alle lettere a) e b), si precisa che la quantità di calcestruzzo contestata è quella riferita alla quantità di calcestruzzo rappresentata dai tre o dai quindici prelievi rispettivamente del controllo di accettazione di tipo A o B.

#### 2.6.14.3. Verifiche di sicurezza strutturali

Sempre in caso di controllo o controlli di accettazione negativi si dovrà procedere anche secondo quanto indicato al successivo paragrafo, in ordine alle verifiche di sicurezza delle strutture, con oneri a carico del fornitore.

Ove queste non risultino soddisfatte, con oneri a carico del fornitore, si procede alla dequalifica dell'opera, ovvero all'esecuzione di lavori di consolidamento, ovvero alla demolizione dell'opera stessa. In caso di demolizione, dalle spese di ricostruzione dell'opera, sostenute dal fornitore di calcestruzzo, verrà ridotto l'importo delle penali di cui al precedente punto.

#### 2.6.14.4. Scelta del Laboratorio Ufficiale.

Il Laboratorio incaricato dell'effettuazione delle prove di schiacciamento verrà individuato dalla Direzione Lavori.

#### 2.6.15. Verifiche di sicurezza in caso di non conformità dei controlli di accettazione

Quando l'opera, o una parte di opera, risulti non conforme ai controlli di accettazione il D.L. procede ai sensi del punto 11.2.6 delle Norme Tecniche per le Costruzioni con l'obbligo di rimuovere definitivamente la "non conformità", mediante l'impiego di altri mezzi di indagine (prove di tipo distruttivo e non distruttivo) sul calcestruzzo in opera.

Considerato che il valore della resistenza del calcestruzzo in opera è generalmente inferiore a quella del calcestruzzo dei prelievi sul calcestruzzo fresco (provini), è accettabile un valore caratteristico della resistenza a compressione cubica media del calcestruzzo in opera, proveniente dalle suddette prove complementari, non inferiore all'85% di  $R_{cmedia}$ , progetto.

L'esito positivo della verifica non muta il calcolo della Resistenza caratteristica effettiva, di cui al precedente paragrafo e quanto ne consegue ai fini dell'applicazione della penale e della riduzione di prezzo.

Il controllo teorico e, o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, deve fare riferimento ai risultati delle indagini di cui al presente paragrafo, utilizzando per il calcolo quale valore caratteristico della resistenza a compressione per le verifiche di collaudabilità il rapporto tra il valore della resistenza cubica caratteristica a compressione del calcestruzzo in opera/0,85. Per il calcolo della resistenza cubica caratteristica a compressione del calcestruzzo in opera si farà riferimento all'approccio A o B previsto dalla norma EN 13791.

## **2.6.16. Altre condizioni**

### **2.6.16.1. Accessibilità al cantiere**

La verifica preventiva della percorribilità con i propri mezzi delle vie di accesso al cantiere compete alla Ditta che comunica alla D.L. tutte le situazioni in cui possano presentarsi pericoli, o si possano danneggiare mezzi o le infrastrutture percorse. La Ditta si assume tutti gli oneri derivanti dall'eventuale inosservanza al Codice della Strada e dei danni causati dai mezzi meccanici al di fuori dell'ambito di cantiere.

### **2.6.16.2. Condizioni generali**

Le condizioni contenute nel presente Capitolo devono intendersi come condizioni generali per le forniture. La Direzione Lavori si riserva di disporre altre condizioni per la fornitura del calcestruzzo confezionato, qualora la tipologia di opere da realizzare e le particolari condizioni del cantiere richiedessero condizioni aggiuntive. Le condizioni aggiuntive saranno di volta in volta specificate nella lettera di invito all'indagine o a gara ufficiosa e successivamente richiamate nell'incarico di fornitura. Il titolare della ditta di fornitura del calcestruzzo, nel sotto firmare il presente Capitolato è a conoscenza delle sanzioni penali previste in caso di dichiarazioni mendaci e attesta che quanto dichiarato negli atti collegati al presente documento corrisponde a verità.



tabella 1

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq 450$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq 540$ (N/mm <sup>2</sup> )
(ft/fy)k rottura unitaria/snervamento unitario	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$
(fy/fy nom)k snervamento unitario/450 N/mm <sup>2</sup>	$\leq 1,25$
Allungamento (Agt)K	$\geq 7,5\%$
Diametro del mandrino utilizzato per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento per almeno di 20° senza cricche	4ø per $\phi < 12$ mm 5ø per $12 \leq \phi \leq 16$ mm 8ø per $16 < \phi \leq 25$ mm 10ø per $25 < \phi \leq 50$ mm

tabella 2

	CARATTERISTICHE
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq 450$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq 540$ (N/mm <sup>2</sup> )
(ft/fy)k rottura unitaria/snervamento unitario	$\geq 1,05$
(fy/fy nom)k snervamento unitario/450 N/mm <sup>2</sup>	$\leq 1,25$
Allungamento (Agt)K	$\geq 2,5\%$
Diametro del mandrino utilizzato per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento per almeno di 20° senza cricche	4ø per $\phi \leq 10$ mm

### 2.6.17. Benestare ai getti

L'APPALTATORE non può iniziare alcun getto di calcestruzzo senza aver prima ottenuto dalla D.L. apposito e specifico benestare. Tale benestare sarà conseguente all'effettuazione delle verifiche sul materiale ed alla verifica topografica previa che viene ufficializzata con la redazione, da parte dell'APPALTATORE e sotto la supervisione della D.L., di un "protocollo topografico per ordine di getto".

Inoltre, l'APPALTATORE, almeno 10 g. prima dell'inizio del primo getto, deve presentare alla COMMITTENTE la Relazione Tecnica sulla granulometria degli inerti, riportante pure la provenienza e la qualità degli stessi, integrandola con le notizie sulla marca ed il dosaggio del cemento e le quantità d'acqua che intende impiegare per la confezione del cls. di ciascuna Classe di resistenza, anche in relazione alle additivazioni previste che devono essere analiticamente descritte.

### 2.6.18. Calcestruzzi gettati fuori opera

Per il completamento di alcuni manufatti possono essere richiesti manufatti in cls. armato con classe di resistenza a compressione minima di Rck 25 N/mm<sup>2</sup>, gettato fuori opera. I manufatti devono essere realizzati in forme e dimensioni diverse; le lastre di copertura devono essere tali da potersi sistemare ad incastro nelle opere già predisposte per riceverle.

### 2.6.19. Riprese di getto su calcestruzzi esistenti

I getti per la ripresa di strutture in cls. esistenti devono essere eseguiti previa accurata pulizia delle superfici di collegamento eseguita mediante scalpellatura per l'asportazione di ogni elemento smosso o incoerente e successivo abbondante lavaggio con acqua in pressione o soffiatura con getto di aria; immediatamente prima dell'esecuzione del getto si deve procedere all'applicazione a pennello di un adesivo epossidico esente da solventi, bicomponente a base di resine epossidiche selezionate tipo "Rivacoll F" della ditta MAC S.p.A., "Eporip" della ditta MAPEI S.p.A., Sikadur 32 della ditta SIKA S.p.A. o prodotto equivalente di altra ditta.

L'adesivo deve essere applicato a pennello sulle superfici di calcestruzzo da collegare con il nuovo getto, facendo penetrare molto bene il prodotto nelle zone irregolari e porose e nel rispetto delle prescrizioni e dosaggi suggeriti dalla Ditta produttrice.

Il getto successivo di calcestruzzo fresco deve essere fatto entro i tempi indicati nei "dati tecnici" del prodotto stesso in relazione alla temperatura ambiente.

Qualunque ripresa di getto, se non espressamente prevista nel progetto, deve essere preventivamente concordata con la D.L.

#### **2.6.20. Predisposizione di fori, tracce, cavità**

L'APPALTATORE ha a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o viene prescritto di volta in volta in tempo utile dalla D.L., per la realizzazione di fori, cavità, incassature, sede di cavi, parti di impianti, etc.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte negli elaborati progettuali e dalla D.L., sono a totale carico dell'APPALTATORE, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni e le ricostruzioni di opere di spettanza dell'APPALTATORE stesso, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte di fornitori.

#### **2.7. ADDITIVI PER CALCESTRUZZI**

Per particolari esigenze può essere necessario l'utilizzo di additivi (fluidificanti, acceleranti, ritardanti, antigelivi, coloranti,) nel confezionamento del cls. Tali additivi devono essere esplicitamente indicati sugli elaborati progettuali oppure autorizzati dalla D.L.

##### **2.7.1. Fluidificanti**

Per ottenere la necessaria lavorabilità con i rapporti acqua/cemento prescritti, la D.L. può autorizzare o richiedere che nella confezione del cls. sia fatto uso di additivi fluidificanti e/o superfluidificanti riduttori del quantitativo d'acqua (Rheobuild della MAC S.p.A., Sikament o Plastiment BV40 della SIKA, o prodotti aventi caratteristiche equivalenti) purché conformi alle prescrizioni delle Norme UNI EN 934-2 UNI EN 206-1 ed in generale fino alla quantità massima del 3% della massa del cemento. In casi particolari, previa specifica approvazione della D.L., può essere autorizzato l'uso di additivi con agenti espansivi per la limitazione del ritiro volumetrico (Stabilmac della MAC S.p.A. o equivalente).

L'APPALTATORE deve provvedere alla fornitura dell'additivo approvato dalla D.L., al trasporto e all'immagazzinaggio in cantiere, quindi al suo impiego con il rigoroso rispetto delle istruzioni sull'uso prescritte dal Produttore degli additivi stessi.

##### **2.7.2. Coloranti**

A richiesta della D.L. devono essere utilizzati appositi prodotti per conferire ai calcestruzzi per finitura strade una colorazione simile al terreno circostante in modo da minimizzare l'impatto di queste opere sull'ambiente; tali prodotti (tipo KAOLOR

della Levocell o simili), devono essere approvati dalla D.L. sia come caratteristiche che come colorazioni.

## **2.8. CASSEFORME PER OPERE IN CALCESTRUZZO**

Per l'esecuzione dei getti in cls. si devono costruire casseri con l'esatta forma e dimensione prevista dai disegni di progetto, atti a resistere al peso della struttura, agli urti, nonché alle vibrazioni prodotte durante la posa del cls. Ove necessario le cassetture debbono essere supportate da specifiche strutture di sostegno adatte ai volumi di cls da contenere e dalla quota in elevazione da raggiungere. La superficie dei casseri deve essere accuratamente pulita e, se necessario, trattata opportunamente per assicurare che la superficie esterna dei getti risulti regolare e perfettamente liscia.

Ogni cassetatura deve tassativamente prevedere l'esclusione della formazione di spigoli vivi nella struttura mediante la l'uso di appositi smussi.

Per le fasi e le tecniche di disarmo si rimanda, in ogni caso, alle Norme Tecniche cui al D.M. 17.01.2018 ed alla UNI EN 206-1. Dopo il disarmo l'APPALTATORE, a sue spese, deve curare l'asportazione di tutte le sbavature, tagliare tutti i tiranti metallici a 3 cm sotto la superficie del getto ed effettuare i rappezzi necessari, secondo quanto confacente al caso, previa approvazione da parte della D.L. delle modalità esecutive e delle malte da utilizzare. In funzione dell'opera da realizzare, le cassetture possono essere realizzate con pannelli metallici, con pannellature di legno, e/o con l'impiego di tavole di abete dello spessore minimo di cm 2,5. Particolare cura è richiesta per la preparazione della cassaforma esterna di eventuali muri di retta, onde ottenere opere esteticamente apprezzabili.

Qualora previsto in progetto, o richiesto dalla D.L., la cassetatura di talune strutture può essere realizzata in carpenteria metallica a perdere (con barre di armatura premontate) a cura dell'APPALTATORE; in questo caso tali manufatti sono compensati con altre voci di prezzo.

## **2.9. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO**

L'acciaio deve corrispondere alle caratteristiche specificate dalle Norme Tecniche cui al D.M. 17.01.2018. Deve essere impiegato acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo B450C (D.M. 17.01.2018), controllato in stabilimento, per le opere principali.

Le reti elettrosaldate devono corrispondere alle caratteristiche specificate dalla Norme Tecniche cui al D.M. 17.01.2018. Le dimensioni della maglia, il diametro del filo e la misura base dei pannelli sono stabiliti dalla COMMITTENTE.

L'APPALTATORE deve fornire i certificati di controllo, come prescritto dalla normativa succitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato, in originale e copia conforme all'originale ai sensi dell'Art. 14 della Legge n. 15 del 4/01/1968 (e succ. modifiche, sostituzioni e/o integrazioni). La D.L. provvede, in cantiere, al prelievo dei vari spezzoni da sottoporre agli accertamenti sulle caratteristiche fisico-chimiche, coerentemente a quanto disposto al D.M. 17.01.2018 e nella Circolare del Ministero LL.PP n. 29010 dell'1/09/1987; detti spezzoni vengono inviati ad un Laboratorio Ufficiale di analisi a cura e spese dell'APPALTATORE al quale spettano anche gli oneri relativi alle prove stesse.

La costruzione delle armature e la loro messa in opera devono effettuarsi secondo le prescrizioni delle vigenti leggi per le opere in c.a. L'armatura deve essere posta in opera nelle casseforme, secondo le posizioni assegnate dai disegni di progetto, facendo particolare attenzione che le parti esterne di detta armatura vengano rivestite del prescritto spessore di calcestruzzo (copriferro).

Si richiama l'attenzione sulla necessità di provvedere alla prefabbricazione ed al premontaggio delle armature relative alle principali strutture in c.a.; si fa inoltre presente che la suddetta tecnica di premontaggio deve, ove possibile, essere applicata nel modo più generalizzato anche alle altre opere, previa approvazione da parte della D.L. dei sistemi di attuazione.

L'APPALTATORE deve provvedere al reintegro delle connessioni, mediante saldatura elettrica, dei fili di orditura dei pannelli eventualmente dissaldatisi durante i trasporti o nella posa in opera. I pannelli di rete devono essere mantenuti distanti dalle murature, casseri, roccia od altro, a mezzo di appositi distanziatori e devono essere legati o saldati alle armature eventualmente esistenti. La mancanza dei distanziatori atti alla realizzazione di un adeguato copriferro preclude l'autorizzazione al getto da parte della D.L.

## **2.10. MICROPALI**

### **2.10.1. Premessa**

Il ricorso a fondazioni indirette su micropali è necessario solo in caso di accertamento di particolari sfavorevoli condizioni del terreno di imposta delle fondazioni degli aerogeneratori, in funzione delle valutazioni del progettista opere civili in base ai dati riportati nelle relazioni geologiche e geotecniche di progetto.

### **2.10.2. Definizione**

Si definiscono micropali i pali trivellati di fondazione aventi diametro inferiore a 250 mm con fusto costituito da malta o pasta di cemento iniettata in opera a bassa od alta pressione, mediante opportune teste di iniezione, e da idonea armatura di acciaio.

La realizzazione dei micropali deve avvenire secondo quanto riportato negli elaborati di progetto; per quanto ivi non riportato valgono le indicazioni contenute nel presente capitolato speciale, nelle normative vigenti e nella buona regola d'arte cui la D.L. fa riferimento nell'imporre eventuali ordini di servizio.

### **2.10.3. Soggezioni geotecniche e idrologiche**

Le tecniche di perforazione e le modalità di getto devono essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi devono essere messi a punto, a cura e spese dell'APPALTATORE, mediante l'esecuzione di micropali di prova, approvati dalla D.L. prima dell'inizio della costruzione dei micropali.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'APPALTATORE deve farsi carico di presentare documentazione scritta.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né vengono accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

#### **2.10.4. Perforazione**

La perforazione, eseguita mediante rotazione o rotopercussione in materie di qualsiasi natura e consistenza (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), anche in presenza d'acqua, deve essere in generale condotta con modalità ed utensili tali da consentire la regolarità delle successive operazioni di getto, minimizzando il disturbo del terreno nell'intorno del foro e curando di non danneggiare i pali già eseguiti.

In particolare il programma di esecuzione dei micropali nell'ambito di ciascun gruppo deve assicurare la non interferenza delle perforazioni con fori in corso di iniezione o in attesa di riempimento, ove occorre si deve operare anche spostando la perforatrice su gruppi contigui prima di ultimare la perforazione dei pali del gruppo in lavorazione. Detto programma deve comunque essere preventivamente concordato ed approvato dalla D.L.

#### **2.10.5. Armatura dei micropali**

L'armatura metallica portante da inserire all'interno del foro a perforazione ultimata, deve essere costituita da una colonna in tubi di acciaio con caratteristiche meccaniche e geometriche indicate negli elaborati progettuali, in spezzoni manicottati e congiunti fra loro, muniti di finestre costituite da due coppie di fori di 20 mm di diametro, a due a due diametralmente opposti (ogni gruppo di fori deve essere distanziato di circa m 1.50 lungo l'asse del tubo e ricoperto da idoneo manicotto di gomma di lunghezza adeguata); i tubi devono essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei suddetti fori di uscita della malta allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole sono costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili d'acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto; la valvola più bassa deve essere posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

Le armature devono essere poste in opera prima dei getti; la loro posa in opera deve essere effettuata con procedure ed accorgimenti atti a mantenere le colonne di tubi in posto e centrati durante i getti, senza che essi poggino sul fondo del pozzo o vengano in contatto con le pareti, ricorrendo a dispositivi distanziatori e centratori non metallici, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione, in modo da garantire lungo tutto il palo il copriferro netto minimo indicato negli elaborati progettuali.

#### **2.10.6. Getto dei micropali**

La formazione del fusto del palo deve iniziare in una fase immediatamente successiva alla perforazione di ciascun palo. In caso contrario la perforatrice deve rimanere in posizione fino alla successiva ripresa del lavoro e deve provvedere

quindi alla pulizia del perforo, subito prima che inizino le operazioni di posa dell'armatura e di getto della malta.

In ogni caso non deve trascorrere più di un'ora tra il termine della perforazione e l'inizio del getto della malta.

Fanno eccezione solo i micropali perforati interamente in roccia, senza presenza di franamenti e di acqua nel perforo.

Viene inoltre precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del micropalo non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'APPALTATORE procedere al ripristino del palo, sino alla quota di sottoplinto.

La D.L. può richiedere differenti sistemi di esecuzione del getto tra i quali, generalmente:

riempimento a bassa pressione

iniezione ripetuta ad alta pressione

#### **2.10.7. Procedura di cantiere**

Prima di iniziare i lavori di palificazione, l'APPALTATORE deve presentare alla D.L.:

una pianta della/e palificata/e ove tutti i micropali siano contrassegnati con un numero progressivo; sul terreno, la posizione dei micropali deve essere indicata mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun micropalo; su ogni picchetto deve essere riportato il numero progressivo del micropalo, quale risulta dalla pianta di progetto della/e palificata/e;

un programma cronologico di esecuzione dei micropali, elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi delle operazioni di trivellazione sui micropali già eseguiti.

Nel corso dei lavori si deve compilare giornalmente idonea documentazione dei micropali eseguiti, dalla quale risultino tutti gli elementi utili a determinare le caratteristiche tecniche ed esecutive di ciascun micropalo identificato dalla numerazione, quali ad esempio: data, tipo della macchina di trivellazione, numero del micropalo, profondità del micropalo, indicazione delle caratteristiche del terreno e dell'eventuale presenza di falde acquifere, ora di inizio ed ultimazione della perforazione e della cementazione, composizione e lunghezza delle tubazioni di armatura, quantità di malta impiegata per il getto, altre note significative.

#### **2.10.8. Verifica preliminare, controlli in fase d'opera e collaudo dei micropali**

La metodologia di approntamento ed esecuzione delle prove, nonché i criteri di interpretazione dei risultati, fanno riferimento:

al D.M. 11.03.1988 (e successive sostituzioni, modifiche e/o integrazioni);

alle "raccomandazioni sui pali di fondazione" dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI, 1984);

alla letteratura tecnica;

per l'armatura metallica al D.M. 17.01.2018 (e successive sostituzioni, modifiche e/o integrazioni).

Tutte le prove di accettazione, controllo e collaudo previste nel presente Articolo vengono ordinate dalla D.L. a suo insindacabile giudizio, secondo gli elaborati progettuali, la legislazione vigente, e secondo quanto indicato nel presente documento.

Gli oneri per la predisposizione, effettuazione e certificazione delle prove sono esclusivamente a carico dell'APPALTATORE, salvo quanto precisato in merito nelle NORME DI VALUTAZIONE.

#### 2.10.8.1. Verifica preliminare all'esecuzione delle palificazioni

Fermi restando i controlli ed i collaudi in corso d'opera successivamente descritti, si deve provvedere in via preventiva a prove di carico verticale su micropali prototipo spinte, possibilmente, fino a portare a rottura il complesso palo-terreno.

I pali prototipo, a cura e spese dell'APPALTATORE, devono essere eseguiti in ragione dello 0,5% del numero totale dei micropali con un minimo di 2 pali prova e comunque secondo le prescrizioni della D.L.

I micropali prototipo devono essere eseguiti in aree limitrofe a quelle soggette a palificazione, secondo le indicazioni della D.L., e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

I micropali di prova devono essere eseguiti alla presenza della D.L., conformemente a quanto indicato e previsto ai precedenti Articoli "Perforazione", "Armatura dei micropali" e "Getto dei micropali", secondo le indicazioni della D.L. stessa, cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i micropali di progetto.

L'esecuzione della prova di carico a rottura deve essere condotta analogamente alle prove di carico per collaudo, ma rilevando prioritariamente i parametri essenziali a determinare le condizioni di rottura.

Per la reazione al carico di prova si può ricorrere sia alla sollecitazione di micropali appositamente realizzati, sia ad una zavorra di contrasto; la scelta tra le suddette alternative è demandata all'APPALTATORE, cui spetta la organizzazione e la esecuzione dell'intera prova di carico a rottura.

Si assume, convenzionalmente, che una volta raggiunto il valore di carico pari a 3 (tre) volte quello di esercizio la prova può considerarsi conclusa.

Tale prova deve comunque consentire di determinare il carico limite del micropalo e costruire significativi diagrammi dei cedimenti della testa del micropalo in funzione dei carichi e dei tempi.

In ogni caso l'APPALTATORE deve provvedere, a sua cura e spese, all'esecuzione di tutte quelle prove di controllo richieste dalla D.L. tali da dirimere ogni dubbio sulla accettabilità delle modalità esecutive del micropalo prototipo.

Nel caso l'APPALTATORE proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, egli deve dar corso, sempre a sua cura e spese, alle prove tecnologiche sopradescritte

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'APPALTATORE deve farsi carico di presentare documentazione scritta; a mancata presentazione della documentazione preliminare

comporta la non autorizzazione all'inizio dei lavori, né vengono accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

#### 2.10.8.2. Controlli in fase d'opera dei micropali

Deve essere effettuata una serie di controlli finalizzati alla verifica della corretta esecuzione dei pali medesimi.

Sui perfori: stratigrafia, verticalità e inclinazione, condizioni delle pareti, lunghezza; in particolare il controllo della profondità dei perfori, rispetto alla quota di sottoplinto, deve essere effettuato in doppio modo:

- in base alla lunghezza delle aste di perforazione immerse nel foro al termine della perforazione, con l'utensile appoggiato sul fondo;
- in base alla lunghezza dell'armatura.

La differenza tra le due misure deve risultare  $\leq 0,10$  m; in caso contrario si deve procedere alla pulizia del fondo del foro asportandone i detriti accumulatisi, dopo aver estratto l'armatura.

Sulla boiaccia cementizia: peso specifico, tipo di cemento; in particolare, nel corso di iniezione deve essere prelevato un campione di miscela per ogni micropalo, sul quale viene determinato il peso specifico mediante la bilancia descritta successivamente e la decantazione (bleeding) mediante buretta graduata di diametro  $\geq 30$  mm; il peso specifico deve risultare pari ad almeno il 90% di quello teorico, calcolato assumendo  $3 \text{ g/cm}^3$  il peso specifico assoluto del cemento e  $2,65 \text{ g/cm}^3$  quello degli aggregati, nell'ipotesi che non venga inclusa aria.

Nelle prove di decantazione, l'acqua separata in 24 ore non dovrà superare il 3% in volume. Con il campione di miscela devono essere altresì confezionati cubetti di 7 o 10 cm di lato, da sottoporre a prove di resistenza cubica a compressione nella misura di almeno una prova per ogni micropalo.

Per gli eventuali micropali riempiti a gravità, la frequenza dei prelievi deve essere pari ad 1 ogni 10 pali, o frazione.

Le modalità di prova devono essere conformi alle normative vigenti ed alle preventive richieste della D.L.

Sulle armature tubolari: certificazioni di controllo in stabilimento, prove di trazione e chimico-fisiche su spezzoni di tubi prelevati in opera; in particolare l'accettazione delle armature viene effettuata:

- nel caso di armature in barre longitudinali ad aderenza migliorata, in base alla rispondenza al progetto dei vari diametri nominali e delle lunghezze;
- nel caso di armature a tubo di acciaio, in base alle lunghezze, al diametro e allo spessore dei tubi previsti in progetto.



### 2.10.8.3. Collaudo dei micropali

Il collaudo dei micropali viene effettuato mediante prove di carico verticali eseguite su un numero di micropali stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo; tale numero deve essere pari ad almeno il 2% del totale del numero dei pali, con un minimo di due.

Le prove di carico devono essere effettuate facendo riferimento al D.M. 11/3/88 (e successive sostituzioni, modifiche e/o integrazioni) e non prima del trentesimo giorno dalla realizzazione dei pali sottoposti a prova, per garantirne un'adeguata maturazione del conglomerato cementizio.

La scelta dei micropali di prova è affidata alla D.L. e comunque si deve tenere presente la necessità di interessare le diverse situazioni del sottosuolo, evitandone la concentrazione.

Ciascun micropalo deve essere assoggettato ad un carico di collaudo ( $P_{max}$ ) pari a 1,5 volte il carico di esercizio ( $P_e$ ), tale rapporto può essere incrementato, a insindacabile giudizio della D.L. sino a 2,5 volte.

La reazione al carico di collaudo può essere ottenuta sollecitando a trazione i micropali adiacenti a quello sottoposto a prova. La prova deve essere in ogni caso arrestata allorché i micropali tesi raggiungano deformazioni dell'ordine di 5 mm.

In alternativa alla sollecitazione di pali adiacenti, ove necessario, si può ricorrere ad una opportuna zavorra di contrasto. Gli elementi del contrasto devono essere sovradimensionati rispetto al carico massimo da applicare al fine di tenere in conto le maggiori sollecitazioni dovute ad eventuali eccentricità.

Durante l'esecuzione di suddette prove di carico è cura dell'esecutore annotare ed elaborare, per ciascuna prova, i seguenti dati:

- Tabelle complete delle letture: tempo-carico-cedimento, con le indicazioni singole dei tre (o quattro) comparatori e la loro media aritmetica.
- Idem c.s. per le letture ottiche.
- Diagramma carichi-cedimenti totali, per ciascun comparatore e per il valore medio.
- Diagrammi carichi-cedimenti reversibili ed irreversibili (medi).
- Diagramma cedimenti-tempo (a carico costante) per i soli carichi massimi dei cicli per i quali essi sono stati mantenuti più di 1 ora.

La relazione deve comprendere inoltre i seguenti dati:

- n° del micropalo e sue caratteristiche (lunghezza effettiva e diametro);
- modalità di esecuzione e relativa data;
- geometria della prova;
- particolarità in fase di esecuzione del micropalo e/o della prova.

La valutazione dei risultati è esclusiva competenza della D.L., assistita dal Progettista, che informa su eventuali modifiche o correzioni esecutive da porre in atto per il miglioramento dell'efficacia dell'opera; resta inteso che eventuali danni o rotture intervenuti sui micropali in prova per effetto della prova stessa comportano la demolizione ed il rifacimento dei micropali a cura e spese dell'APPALTATORE.

### 2.10.9. Documentazione dei lavori eseguiti

L'esecuzione di ogni singolo micropalo deve essere documentata mediante la compilazione da parte dell'APPALTATORE, in contraddittorio con la D.L., di una apposita scheda sulla quale devono essere registrati i dati seguenti:

- identificazione del micropalo;
- data di inizio perforazione e termine del getto (o iniezione);
- profondità effettiva raggiunta dalla perforazione;
- profondità del foro all'atto della posa dell'armatura;
- assorbimento totale effettivo di miscela di iniezione;

per i micropali formati mediante iniezione ripetuta ad alta pressione, pressioni residue minime e quantità complessive iniettate per ogni fase di iniezione ad alta pressione;

risultati delle misure di peso di volume, di decantazione (acqua separata) e classe di resistenza a compressione.

Tale scheda deve essere riportata su apposito modello che deve essere trasmesso dall'APPALTATORE alla D.L.

## **2.11. PALI TRIVELLATI DI MEDIO E GRANDE DIAMETRO**

### **2.11.1. Premessa**

Il ricorso a fondazioni indirette su pali trivellati di medio e grande diametro è necessario solo in caso di accertamento di particolari sfavorevoli condizioni del terreno di imposta delle fondazioni degli aerogeneratori il cui miglioramento, mediante interventi di bonifica o realizzazione di micropali, non risulta conveniente od efficace, in funzione delle valutazioni del progettista opere civili in base ai dati riportati nelle relazioni geologiche e geotecniche di progetto.

### **2.11.2. Definizione**

Si definiscono pali trivellati di medio e grande diametro quelli aventi diametro compreso tra 400mm e 1200mm, ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato mediante perforazione a rotazione e rotopercussione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi murature, calcestruzzi, trovanti e roccia dura), anche in presenza di acqua c/o in alveo con acqua fluente.

La realizzazione dei pali deve avvenire secondo quanto riportato negli elaborati di progetto; per quanto ivi non riportato valgono le indicazioni contenute nel presente capitolato speciale, nelle normative vigenti e nella buona regola d'arte cui la D.L. fa riferimento nell'imporre eventuali ordini di servizio.

L'APPALTATORE deve aver cura di non provocare inquinamenti di superficie o della falda per incontrollate scariche dei detriti e/o dai fanghi bentonitici; il materiale di risulta deve essere sistematicamente portato alla scarica, secondo quanto previsto nell'Articolo "DISCARICHE", previo trattamento dei fanghi bentonitici, nel caso d'uso, secondo quanto previsto dalla legislazione vigente.

### 2.11.3. Soggezioni geotecniche e idrogeologiche

Le tecniche di perforazione devono essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato; in particolare:

la perforazione "a secco" senza rivestimento è ammessa solo in terreni uniformemente argillosi dove può essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro e senza franamenti del foro stesso;

la perforazione a fango non è consigliabile in terreni molto aperti senza frazioni medio-fini; durante la perforazione occorre tenere conto della esigenza di non peggiorare le caratteristiche meccaniche del terreno circostante il palo; devono quindi essere minimizzati:

- il rammollimento degli strati coesivi;
- la diminuzione di densità relativa degli strati incoerenti;
- la diminuzione delle tensioni orizzontali efficaci proprie dello stato naturale;
- la riduzione dell'aderenza palo-terreno causata da un improprio impegno di fanghi.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi devono essere messi a punto, a cura dell'APPALTATORE, mediante l'esecuzione di perforazioni di prova, approvate dalla D.L., prima dell'inizio della costruzione dei pali di progetto.

### 2.11.4. Perforazione

La D.L. può richiedere la perforazione "a vuoto" del terreno laddove questo non deve essere interessato dal palo.

La D.L., sulla base della natura del terreno in sito, può richiedere i seguenti metodi di perforazione:

perforazione a secco senza rivestimento

perforazione con impiego di tubazione di rivestimento provvisoria

perforazione in presenza di fango bentonitico

#### 2.11.4.1. Attrezzature

La potenza e la capacità operativa delle attrezzature devono in ogni caso essere adeguate alla consistenza del terreno da attraversare ed alle dimensioni dei pali da eseguire nei tempi previsti.

Marcature disposte ad intervalli regolari (1÷2 m) sugli organi di manovra degli utensili di scavo devono consentire il rapido apprezzamento della profondità alla quale gli utensili stanno operando.

La verticalità delle aste di guida rigide deve essere controllata da un indicatore a pendolo disposto sulle stesse.

#### 2.11.4.2. Attraversamento di trovanti e/o formazioni rocciose

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei, non estraibili con i normali metodi di scavo, o di strati rocciosi o cementati e per conseguire una adeguata immersione del palo nei substrati rocciosi di base, si deve far ricorso all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati.

In alternativa, ed in relazione alla natura dei materiali attraversati, possono essere impiegate speciali attrezzature fresanti.

L'uso di queste attrezzature deve essere frequentemente alternato a quello della benna o del secchione, che hanno il compito di estrarre dal foro i materiali di risulta.

#### 2.11.4.3. Controlli in fase d'opera

La D.L. controlla in fase di esecuzione del perforo la rispondenza delle stratigrafie di progetto con quelle effettive.

In presenza di eventuali discordanze o nel caso che alla base del palo si rinvenga un terreno molto più compressibile e/o molto meno resistente del previsto, o comunque altre anomalie, devono essere raccolti tutti gli elementi conoscitivi che consentano alla D.L. la definizione degli eventuali adeguamenti delle modalità operative e al Progettista le eventuali variazioni progettuali.

Alla fine della perforazione si deve misurare, in contraddittorio con la D.L., rispetto alla quota di sottopinto, la profondità del perforo con uno scandaglio; l'operazione deve essere effettuata anche all'inizio ed al termine di eventuali interruzioni prolungate della lavorazione in corrispondenza dei turni di riposo o per altri motivi.

#### 2.11.5. Armatura dei pali

Le armature metalliche devono soddisfare le prescrizioni delle presenti Prescrizioni Tecniche ad essere conformi al progetto.

Le armature trasversali dei pali devono essere costituite da una spirale in tondino esterna ai ferri longitudinali e devono essere preassemblate fuori opera in "gabbie"; i collegamenti devono essere ottenuti con doppia legatura in filo di ferro oppure mediante punti di saldatura elettrica.

Le gabbie di armatura devono essere dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura ed un copriferro netto minimo rispetto alla parete di scavo indicato negli elaborati progettuali.

Si richiede l'adozione di rotelle cilindriche in conglomerato cementizio (diametro 12÷15 cm - larghezza > 6 cm) con perno in tondino fissato a due ferri verticali contigui.

I centratori devono essere posti a gruppi di 3÷4, regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3÷4 m.

Gli assi dei ferri verticali devono essere disposti su una circonferenza con diametro di 15 cm inferiore, a quello nominale; tali misure possono ridursi a 12 cm per barre verticali di diametro inferiore a 18 mm.

Non si ammette 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 deve in alcun caso essere inferiore a 7,5 cm con aggregati inferiori a 2,0 cm, a 10 cm con aggregati di diametro superiore.

Le gabbie di armatura devono essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine, messe in opera prima dell'inizio del getto e mantenute in posto sostenendole dall'alto, evitando in ogni caso di appoggiarle sul conglomerato cementizio già in opera o sul fondo del foro.

## **2.11.6. Formazione del fusto dei pali**

### **2.11.6.1. Preparazione e trasporto del conglomerato cementizio**

Il conglomerato cementizio deve essere confezionato da apposita centrale di preparazione atta al dosaggio a peso dei componenti.

Devono essere impiegati almeno tre classi di aggregati; le classi devono essere proporzionate in modo da ottenere una curva granulometrica che soddisfi il criterio della massima densità (curva di Fuller).

La dimensione massima degli aggregati deve essere inferiore al valore minimo di interspazio fra le armature a comunque non superiore a 20 mm.

Il conglomerato cementizio deve avere la classe di resistenza prevista in progetto e comunque non deve risultare di classe inferiore a C25/30.

Il rapporto acqua/cemento non deve superare il valore di 0,5 nella condizione di aggregato saturo a superficie asciutta.

La lavorabilità deve essere tale da dare uno "slump" al cono di ABRAMS pari a quello indicato negli elaborati progettuali, e comunque in accordo a quanto stabilito dalla D.L.; per le modalità da seguire nello "slump test" nella determinazione dell'abbassamento deve essere fatto riferimento a quanto prescritto successivamente.

Per soddisfare entrambi questi requisiti può essere aggiunto all'impasto un idoneo additivo fluidificante non aerante.

E' ammesso altresì l'uso di ritardanti di presa o di fluidificanti con effetto ritardante.

I prodotti commerciali che l'APPALTATORE propone di usare devono essere sottoposti all'esame ed all'approvazione preventiva della D.L.

I mezzi di trasporto devono essere tali da evitare segregazione dei componenti.

Il conglomerato cementizio deve essere confezionato e trasportato con un ritmo tale da consentire di completare il getto di ciascun palo senza soluzione di continuità e nel più breve tempo possibile; in ogni caso ciascun getto deve venire alimentato con una cadenza effettiva, inclusi tutti i tempi morti, non inferiore a 15 m<sup>3</sup>/h per pali di diametro < 800 mm e di 20 m<sup>3</sup>/h per pali di diametro ≥ 800 mm.

La centrale di confezionamento deve quindi consentire la erogazione nell'unità di tempo di volumi di conglomerato cementizio almeno doppi di quelli risultanti dal più oneroso dei limiti sopra indicati.

Per i pali trivellati in presenza di acqua di falda, può essere prevista la posa in opera di idonea controcamicia in lamierino di adeguato spessore per il contenimento del getto.

### **2.11.6.2. Posa in opera del conglomerato cementizio**

Il getto del conglomerato cementizio deve avvenire impiegando il tubo di convogliamento.

Esso deve essere costituito da sezioni non più lunghe di 2,50 m di un tubo in acciaio avente diametro interno 20-25 cm.

L'interno del tubo deve essere pulito, privo di irregolarità e strozzature.

Il tubo deve essere provvisto, all'estremità superiore, di una tramoggia di carico avente una capacità di  $0,4\div 0,6$  m<sup>3</sup> e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo di convogliamento deve essere eseguita una ulteriore misura del fondo foro.

Per i pali trivellati in presenza di acqua di falda o impiegando fango bentonitico, il tubo di convogliamento deve essere posto in opera arrestando il suo piede a  $30\div 60$  cm dal fondo della perforazione; prima di iniziare il getto si deve disporre entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da una palla di malta plastica oppure da uno strato di 30 cm di spessore di vermiculite granulare o palline di polistirolo galleggianti sul liquido, oppure ancora da un pallone di plastica.

All'inizio del getto si deve disporre di un volume di conglomerato cementizio pari a quello del tubo di convogliamento e di almeno 3,0 o 4,0 m di palo.

Il tubo di convogliamento deve essere accorciato per tratti successivi nel corso del getto, sempre conservando una immersione minima nel conglomerato cementizio di 2,5 m e massima di 6,0 m.

Per pali trivellati a secco non occorre alcun tappo alla sommità del tubo di getto.

#### 2.11.6.3. Scapitozzatura della testa dei pali

Al fine di preparare i piani di posa e di ancoraggio delle fondazioni degli aereogeneratori, l'APPALTATORE deve provvedere alla scapitozzatura della testa dei pali sino a quota imposta fondazione.

Viene precisata la necessità assoluta che la scapitozzatura delle teste dei pali sia eseguita sino alla completa eliminazione di tutti i tratti in cui le caratteristiche del palo non rispondono a quelle previste.

In tal caso è onere dell'APPALTATORE procedere al ripristino del palo sino alla quota di sottoplinto.

L'operazione deve essere eseguita utilizzando mezzi e macchinari di adeguata capacità, al fine di svolgere l'attività a regola d'arte.

Deve essere rimossa la parte superiore del palo (testa), fino al raggiungimento delle quote di imposta della fondazione, con l'avvertenza di non arrecare danno all'armatura ed al cls della parte rimanente; l'armatura deve sporgere (almeno 70-100  $\phi$ , del ferro d'armatura del palo), per garantire l'ancoraggio alla futura fondazione.

Particolare attenzione deve essere posta nel non danneggiare i tubi posti nel palo per gli eventuali controlli non distruttivi (par. successivo: "Esecuzione di misure soniche").

#### 2.11.7. Controlli in fase d'opera

L'APPALTATORE, a sua cura e spese, sotto il controllo della D.L., deve provvedere alla esecuzione di:

una analisi granulometrica ogni 500 mc di inerte impiegato;

una serie di prove di carico a rottura su provini di conglomerato cementizio prelevati in numero e modalità conformi quanto prescritto nelle presenti Prescrizioni Tecniche, nelle normative vigenti e inoltre quando richiesto dalla D.L.;

una prova con il cono Abrams per ogni betoniera o 8 m<sup>3</sup> di conglomerato cementizio impiegato (abbassamento al cono di ABRAMS UNI 9418/89);

il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni palo.

Il rilievo dose per dose (dose = autobetoniera) dell'assorbimento di conglomerato cementizio e del livello raggiunto dallo stesso entro il foro in corso di getto, deve essere fatto impiegando uno scandaglio a base piatta su almeno i primi 10 pali e sul 10% dei pali successivi.

In base a questo rilievo deve essere ricostituito l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto).

#### 2.11.7.1. Prove di progetto su pali pilota

Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (prove di progetto) devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare e ad essi sufficientemente vicini. Esse hanno la finalità di determinare il carico limite del complesso palo-terreno, perciò vanno spinte fino a quel valore del carico per il quale si raggiunge la condizione di rottura del terreno o comunque tali da consentire di ricavare significativi diagrammi dei cedimenti della testa del palo in funzione dei carichi e dei tempi. Ove ciò non sia possibile la prova deve essere eseguita fino ad un carico pari ad almeno 2,5 volte il carico di esercizio: dimensionando opportunamente il sistema di vincolo.

Le prove di carico devono essere effettuate da personale altamente qualificato facendo riferimento al D.M. 11/3/88 (e successive sostituzioni, modifiche e/o integrazioni);

L'ubicazione ed il numero dei pali prova viene stabilita dalla D.L. congiuntamente con il progettista ed il collaudatore in corso d'opera. Tali prove devono essere eseguite a cure e spese dell'impresa, su un numero minimo di due pali pilota.

### **2.11.8. Controlli ad opera finita**

A prescindere dal tipo di controllo eseguito, tali attività devono essere riportate su apposita Relazione, a cura dell'APPALTATORE, contenente una descrizione delle attività svolte, i tipi di controllo eseguiti, l'attrezzatura utilizzata ed i risultati dei controlli effettuati.

#### **2.11.8.1. Prove di carico verticale su pali per collaudo**

A palificata ultimata dovranno eseguirsi, delle prove di carico su singoli pali.

Le prove di carico devono essere effettuate da personale altamente qualificato facendo riferimento al D.M. 11/3/88 (e successive sostituzioni, modifiche e/o integrazioni);

Tali prove ordinate dalla D.L. saranno eseguite a cure e spese dell'impresa; il numero dei pali da sottoporre alla prova di carico deve essere stabilito in base all'importanza dell'opera ed al grado di omogeneità del sottosuolo; tale numero deve essere pari ad almeno il 2% del totale del numero dei pali di ciascuna fondazione, con un minimo di uno per ciascuna fondazione, e devono essere effettuate quando il conglomerato cementizio ha raggiunto una maturazione di almeno 28 giorni.

La scelta dei pali di prova è affidata alla D.L. e comunque si deve tenere presente la necessità di interessare le diverse situazioni del sottosuolo, evitandone la concentrazione. Le modalità di applicazione, la durata del carico e così pure la successione dei cicli di carico e di scarico sono prescritti dalla D.L. anche in funzione della natura dei terreni di fondazione.

Ciascun palo deve essere assoggettato ad un carico verticale massimo pari a 1.5 volte la portata nominale del palo in prova nel caso della prova di collaudo delle palificate.

Il recupero del cedimento durante lo scarico non dovrà essere inferiore ad 1/3 del cedimento totale misurato.

La misura degli spostamenti della testa del palo deve essere riferita a punti fissi non influenzati dalle operazioni di prova. Gli strumenti impiegati per le prove (flessimetri, manometri, martinetti, ecc.) devono essere tarati e controllati.

Tutti i dati della prova devono essere raccolti e presentati in una relazione esplicitiva dove gli elaborati principali devono essere i seguenti:

- pianta palificata con indicazione dei pali sottoposti a prova
- tabelle con riportati tutti i valori rilevati durante la prova
- diagramma carico-cedimento
- diagramma cedimenti-tempo



#### 2.11.8.2. 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, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota devono essere eseguite prove di laboratorio atte a definirne le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio il foro eseguito deve essere riempito mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo del foro.

Il carotaggio deve essere eseguito a cura a spese dell'APPALTATORE, quando ordinato dalla D.L., in corrispondenza di quei pali ove vi siano manifestate inosservanze rispetto alle presenti Prescrizioni Tecniche e alle disposizioni della medesima.

Prospezione sismica in foro con il metodo cross-hole

Per la verifica delle caratteristiche dei materiali di cui si compone il palo e della sua corretta esecuzione devono essere eseguite prove cross-hole.

Tali prove devono essere realizzate all'interno di apposite tubazioni in acciaio di diametro 2" già predisposte prima del getto dei pali, con misura delle onde P e delle onde S sul 50% dei pali realizzati.

#### 2.11.8.3. Scavi attorno al fusto del palo

Sono richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4.0 ÷ 5,0 m di palo. Il fusto del palo deve essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva. Successivamente si deve provvedere a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva. Tali operazioni devono essere eseguite, a cura e spese dell'APPALTATORE, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle presenti Prescrizioni Tecniche e alle disposizioni della D.L.

#### 2.11.9. Documentazione dei lavori eseguiti

L'esecuzione di ogni singolo palo deve comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'APPALTATORE in contraddittorio con la D.L., dei seguenti dati:

identificazione del palo;

data di inizio perforazione e di fine getto;

risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;

profondità effettiva raggiunta della perforazione;  
profondità del fondo foro prima della posa del tubo getto;  
"slump" del conglomerato cementizio (UNI 9418/89);  
assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico del palo;  
"profilo di getto" ove richiesto;  
risultati delle prove di rottura a compressione semplice.

Nella documentazione generale deve inoltre comparire:

una scheda con le caratteristiche delle polveri bentonitiche e relativi additivi eventualmente usati;

una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio, compresi i risultati delle analisi granulometriche degli aggregati di cui al punto precedente.

Tale scheda deve essere riportata su apposito modello, che deve essere trasmesso dall'APPALTATORE alla D.L.

## **2.12. COLONNE IN JET-GROUTING**

L'intervento è una stabilizzazione del terreno con boiaccia di cemento a formare delle colonne di terreno stabilizzato.

La realizzazione del trattamento colonnare a mezzo di jet-grouting avviene in due fasi distinte:

- FASE 1 = perforazione
- FASE 2 = iniezione.

La stabilizzazione avviene per effetto della reazione chimica di presa del cemento dopo che la boiaccia di cemento è stata iniettata nel terreno ad altissima pressione miscelata con quest'ultimo fino a conseguire una sorta di calcestruzzo di non eccelse caratteristiche meccaniche.

L'iniezione della boiaccia avviene ad altissima pressione attraverso gli ugelli di un'asta infissa nel terreno e fatta ruotare; nel dettaglio la sequenza esecutiva risulta:

1^ FASE Infissione alla profondità di progetto dell'attrezzo di perforazione mediante rotazione e/o rotopercussione, la perforazione è agevolata da un getto di acqua che fuoriesce dalla punta.

2^ FASE Chiusura della punta con una pallina di acciaio, immissione di boiaccia di cemento nel circuito ad altissima pressione con fuoriuscita della biacca dagli ugelli laterali ai lati della punta, mentre l'attrezzo ruota e viene gradualmente sollevato di una quantità discreta a mano a mano.

Nella seconda fase l'attrezzo viene fatto risalire ruotando uniformemente, e quindi il getto di ciascun ugello spazza ad ogni giro 360°; il getto esce dall'ugello e penetra nel terreno disgregando, sminuzzando e rimescolando il terreno stesso con la boiaccia iniettata.

Nel caso di trattamento bifluido il getto di aria compressa forma un cono attorno al getto di miscela che ha funzione di impedire l'espansione di quest'ultimo, cioè lo contiene e lo rende più penetrante.

Il trattamento procede dal basso verso l'alto fino a raggiungere la quota di imposta delle fondazioni, dove viene arrestato; dal piano di imposta della fondazione al piano di lavoro ci sarà trattamento a vuoto.

### **2.12.1. PARAMETRI OPERATIVI E REQUISITI**

I requisiti sotto esposti sono quelli che si ritengono più idonei al conseguimento dell'obiettivo e che pertanto dovranno essere adottati in fase di partenza per il campo prova. Sulla base dei risultati di quest'ultimo poi potranno essere apportati alcuni aggiustamenti che l'evidenza dimostrerà necessari. Oltre all'esecuzione con i seguenti parametri, l'Impresa può a sua volta proporre delle modalità operative da attuare nel corso del campo prova, i cui risultati dovranno rispondere alle richieste progettuali di diametro e resistenza. Tutte le modalità adottate in sede di campo prova saranno sottoposte alle medesime verifiche, descritte nel seguito.

Il sistema adottato è monofluido. Per le proposte dell'Impresa si può adottare anche una modalità differente.

Si prevede quindi di operare come segue:

- quantità di cemento = 550 kg/m<sup>3</sup>;
- diametro della colonna > 0.80 m;
- percentuale acqua/cemento ≤ 0.8;
- pressione di iniezione 460-500 bar.

Si considera nel calcolo una fuoriuscita dell'1.5% come materiale di risulta.

Il rapporto cemento acqua, in peso, dovrà essere superiore a  $C/A = 1.25$ . Si utilizzerà un cemento di tipo Pozzolanico. E' ammesso l'uso di piccole quantità di additivo, meglio se addizionato con un accelerante di presa.

### **2.12.2. CAMPO PROVA**

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa dovrà eseguire alcune colonne di prova per mettere a punto i parametri tecnologici nel terreno in oggetto e proporre in detta sede le eventuali modifiche. Il campo prova sarà costituito da un minimo di 3 colonne, fino ad un massimo rappresentato dal numero di colonne che l'Appaltatore riterrà sufficiente per la messa a punto della procedura.

Le modalità esecutive di ciascuna delle colonne dovranno essere accuratamente registrate.

Le colonne eseguite per ciascuna tecnologia indagata avranno la massima lunghezza prevista a progetto e saranno realizzate con sommità a 0.5 m al di sotto del piano di lavoro.

Oltre alla ispezione visiva si procederà ad alcune prove di verifica:

carotaggio del cuore della colonna con prelievo a diverse quote di provini cilindrici da sottoporre a rottura mediante pressa;

prove di vibrazione forzata, per la determinazione del diametro al variare della profondità, eseguito su tutte le colonne.

La colonna eseguita secondo la tecnologia adottata sarà sottoposta a prova di carico

verticale. Il carico di prova sarà 1.5 volte il massimo carico di progetto.

### **2.12.3. CONTROLLI**

In fase di lavorazione i parametri che è possibile controllare visivamente (pressione, velocità di risalita, quantità iniettata, ecc.) dovranno essere continuamente tenuti sotto controllo; per la miscela si dovranno fare dei controlli giornalieri e dopo ogni nuova aggiunta.

Si richiede che l'attrezzatura sia dotata di un sistema di acquisizione dei parametri, sia di perforazione ed iniezione, sia sull'impianto di mescolamento.

Le strisciate di registrazione od i file saranno quindi confrontati con i rilievi effettuati manualmente al fine di garantire la costanza e quindi la qualità della procedura adottata. Sulle colonne già eseguite, a giudizio della Direzione Lavori, dovranno essere effettuati dei carotaggi. Dalle carote prelevate dovranno essere estratti, alla profondità indicata dalla D.L., provini da sottoporre a rottura.

Su di un certo numero di colonne tra quelle eseguite, a discrezione della D.L., si farà una prova di integrità di vibrazione forzata, da testa colonna, per verificare la lunghezza e la costanza di diametro.

### **2.13. TIRANTI**

#### **2.13.1. Definizione**

I tiranti di ancoraggio devono rispondere alle norme prescritte dal D.M. 11.03.88 (e successive sostituzioni, modifiche e/o integrazioni); sono costituiti da elementi orizzontali o suborizzontali di collegamento fra strutture di calcestruzzo semplice ed armato, (verticali o variamente inclinate: muri di contenimento, di controripa, diaframmi, pareti perimetrali di fondazione) ed il terreno retrostante. Hanno lo scopo di assorbire le spinte da monte, per consolidamento di opere preesistenti, oppure in opere da costruire, là dove le conseguenti sollecitazioni non possono essere trasmesse alla base del muro.

I tiranti sono costituiti da nuclei di acciaio armonico ad elevato limite elastico - formati con fili, trecce, trefoli, barre-alloggiati in appositi fori, dove sono avvolti da malta cementizia ed ancorati saldamente al terreno mediante la parte terminale (bulbo); sono sottoposti ad adeguata tensione preventiva attraverso l'apposita testa di ancoraggio.

#### **2.13.2. Esecuzione**

I fori, del diametro di 140-200 mm. e di lunghezza fino a m.25, saranno eseguiti con sonde a rotazione o a roto-percussione, con rivestimento se necessario, e con eventuale impiego di fanghi bentonitici; le iniezioni di malta cementizia, dovranno assicurare dapprima la formazione del bulbo terminale e quindi il rivestimento della parte libera sino alla testata.

La composizione della malta sarà soggetta ad approvazione preliminare da parte della D.L. e sarà stabilita e controllata secondo i criteri indicati dall'AICAP (1993).

I tiranti saranno muniti di tampone che consenta l'iniezione ad alta pressione del bulbo di ancoraggio e di canne a manchettes che rendano possibile l'iniezione ripetuta e selettiva.

La tensione da applicare ai tiranti sarà effettuata solo dopo sufficiente maturazione del bulbo di ancoraggio (28 giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela) e dovrà raggiungere il valore finale previsto a progetto.

Prima di iniziare la tesatura di ogni tirante, saranno tirati singolarmente e con forza opportuna gli elementi componenti, per eliminare le eventuali differenze di lunghezza nella parte libera; la tensione finale al valore di carico verrà raggiunta per successivi incrementi in conformità a quanto indicato nelle raccomandazioni AICAP (1993).

In caso di cedimenti all'atto del tiro, saranno sospese le operazioni per riprendere le iniezioni del bulbo di ancoraggio.

Le opere murarie interessate dai descritti tiranti di ancoraggio saranno costruite in precedenza; o potranno venire eseguite mano a mano che i tiranti si realizzano.

La messa in opera dei tiranti comprende ogni onere relativo all'esecuzione dei tiranti, previsti a progetto, mediante perforazione a rotazione o rotopercolazione attraverso murature e terreni di qualsiasi natura e consistenza e secondo qualsiasi inclinazione su indicazione della D.L. anche in presenza di acqua, compreso:

- la riperforazione del foro in caso di franamenti o la fornitura e la posa in opera della camicia metallica;
- l'impiego eventuale di scalpello per qualunque tempo di lavorazione e, ove occorra, la posa in opera di idonea controcamicia in lamierino per il contenimento del getto della parte in acqua, nonché l'eventuale perdita della stessa;
- l'asportazione e l'allontanamento dei fanghi di rifiuto;
- la fornitura e la posa in opera di tiranti del tipo definitivo a doppia protezione, amati con trefoli d'acciaio armonico diam. 0,6" inguainati singolarmente ed ingrassati. Le operazioni di installazione dei tiranti saranno condotte con cura affinché non risultino danneggiate le guaine di protezione. Le testate dei tiranti saranno protette da un rivestimento munito di giunto impermeabile e riempito di materiale anticorrosivo;
- l'iniezione eseguita a pressione con malta antiritiro, iniettata a mezzo di gruppo miscelatore a pressione regolabile secondo le necessità di impiego fino ad un massimo di due volte il volume teorico risultante dalla perforazione, compresa la fornitura di tubi, valvole e di quant'altro occorra;
- fornitura e posa in opera. delle testate di ancoraggio dei tiranti comprese eventuali fasi di pretensionamento;
- la formazione dei piani di lavoro, di ponteggi atti a sopportare l'ingombro delle macchine;
- il trasporto andata e ritorno dei materiali necessari, il carico e scarico, montaggio e smontaggio, posizionamenti e spostamenti per tutta durata dei lavori ed ogni altro onere;
- le prove di carico.
- il monitoraggio in corso d'opera.

### **2.13.3. Collaudo**

La tipologia ed il numero di prove da effettuare è quello stabilito dalla normativa vigente.

Deve comunque essere effettuata almeno una prova preliminare di sfilamento su un tirante appositamente realizzato. Il tirante sarà preparato esattamente come quelli che verranno successivamente messi in opera a meno di quanto specificato negli elaborati progettuali. La prova verrà condotta fino allo sfilamento oppure al raggiungimento, nei trefoli, di un carico pari a 0,9 volte la forza al limite caratteristico convenzionale elastico o di snervamento dell'armatura. Quest'ultimo valore non dovrà essere mai superato.

Per quanto non direttamente specificato si farà riferimento alle raccomandazioni AICAP (1993).

Nel corso della prova di sfilamento saranno monitorati sia gli incrementi di carico (con precisione non inferiore al 2% del carico ultimo per cui è dimensionata la fondazione) che gli incrementi di allungamento (con precisione non inferiore a 0,1 mm).

Per alcuni tiranti (uno ogni 10 o frazione) scelti dalla D.L., si dovranno lasciare accessibili le teste di ancoraggio, per eventuali controlli o ritature.

Le prove di verifica, da effettuarsi su tutti gli ancoraggi, consistono in un ciclo semplice di carico e scarico; in questo ciclo il tirante deve essere sottoposto ad una forza pari a 1,2 volte quella massima prevista in esercizio, verificando che gli allungamenti misurati siano nei limiti previsti in progetto e/o compatibili con le misure sugli ancoraggi preliminari di prova.

Le altre norme da applicare per il controllo degli acciai, per l'esecuzione delle iniezioni e della tesatura, ecc. sono le stesse del D.M. 17.01.2018 emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5 novembre 1971, n°1086, del D.M. 11 marzo 1988, delle raccomandazioni AICAP (1993) e delle successive sostituzioni, modifiche e/o integrazioni alle norme precedentemente elencate.

## **2.14. RINTERRI - RILEVATI E SOPRASTRUTTURE - BONIFICHE E SOTTOFONDI**

### **2.14.1. Rinterri e colmate**

Gli scavi di fondazione in genere, di fognature, di canalizzazioni etc., che non sono occupati da strutture o rinfianchi di sorta, ad opera ultimata devono essere riempiti (rinterrati), fino alla quota prevista dagli elaborati di progetto, utilizzando i materiali provenienti dagli scavi, se vengono considerati idonei dalla D.L.; solo in casi particolari la D.L. può disporre l'esecuzione dei rinterri con materiale diverso da quello proveniente dagli scavi, precisandone tipo e provenienza.

Il materiale per i rinterri deve essere steso a strati orizzontali di spessore non superiore a 25 cm di altezza e compattato, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso la zona di compluvio, e/o sia profilato secondo quote e pendenze longitudinali e trasversali previste in progetto o disposte in loco dalla D.L. Si deve evitare la formazione di contropendenze, di sacche e ristagni. Si dovrà inoltre porre massima attenzione affinché nelle operazioni di rinterro e riempimento venga usata ogni diligenza poiché la loro esecuzione

proceda per strati orizzontali di eguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilievo o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese poi e trasportate con carriole, barelle ed altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri.

È vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

L'APPALTATORE dovrà consegnare i rilevati con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati e compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e l'espurgo dei fossi.

Nella esecuzione dei rinterri attorno ai plinti degli aerogeneratori deve essere posta particolare cura per la collocazione del/dei cavidotto/i che si innestano nei plinti stessi.

Nella esecuzione di eventuali colmate a schermatura delle piazzole degli aerogeneratori se ne devono maggiorare utilmente le dimensioni affinché con l'asestamento del materiale si pervenga alle dimensioni prescritte in progetto.

L'APPALTATORE non può sospendere l'esecuzione delle colmate senza che siano state date alle stesse configurazioni tali da assicurare lo scolo delle acque meteoriche.

Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni quelle da impiegare nella copertura dei sottostanti pozzetti o cunicoli; oppure infine negli strati inferiori il pietrame di maggiore dimensione, impiegando nell'ultimo strato superiore pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco per impedire alle terre sovrastanti di penetrare e scendere otturando così gli interstizi tra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione di fognature e drenaggi.

#### **2.14.2. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade**

In questo capitolo si fa riferimento alla CNR UNI 10006 che era diventata UNI EN 10006 nel 2002 e che attualmente è stata ritirata e sostituita da: UNI EN 13242:2008,

UNI EN 13285:2004 e UNI 14688-1:2003. In realtà questo è stato fatto per armonizzare le norme in ambito europeo. Tutti i laboratori italiani continuano a fare la classificazione delle terre come materiali da costruzione utilizzando la UNI 10006:2002 perché è l'unica in grado di fornire indicazioni utili per il progettista.

L'esecuzione dei corpi di rilevato e delle soprastrutture (ossatura di sottofondo) per strade e per le piazzole di alloggiamento degli aerogeneratori deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto, nonché alle disposizioni impartite in loco dalla D.L.

E' richiesta particolare attenzione nella preliminare gradonatura dei piani di posa, nella profilatura esterna dei rilevati e nella conformazione planimetrica delle

soprastrutture, specie nelle piazzole.

Ove queste ultime si posano su sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento, allorché la compattazione del terreno in sito non raggiunge il valore prefissato, ed ovunque lo richieda la D.L., si deve provvedere alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione di materiale, come previsto al successivo punto "Bonifica e sottofondi".

La D.L. può ordinare all'APPALTATORE l'esecuzione di rilevati, riempimenti od altro tipo d'interventi, sia all'interno sia all'esterno del cantiere, anche non previsti in progetto, con l'utilizzo del medesimo tipo di materiale e dello stesso grado di compattazione definiti nel presente articolo.

#### 2.14.2.1. Rilevati aridi

Per la formazione dei rilevati L'APPALTATORE deve utilizzare terre appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5 e A3 di cui alla norma CNR-UNI 10006, provenienti da scavi o cave.

L'utilizzo di terre provenienti dagli scavi, escluse quelle di scotico della coltre superficiale, deve essere avvallato dalla D.L. prima del loro impiego; il loro uso può essere subordinato a trattamenti di correzione delle caratteristiche geomeccaniche che possono desumersi dal progetto esecutivo o che possono essere ordinate dalla D.L. in corso d'opera in funzione della caratterizzazione del materiale individuate mediante prove di Laboratorio.

La composizione granulometrica, nonché le caratteristiche del materiale, saranno sistematicamente controllate in cantiere durante l'esecuzione del lavoro mediante analisi granulometrica da eseguirsi a discrezione della D.L.;

Per il dettaglio dei materiali e delle relative modalità di posa in opera e delle fasi costruttive fare riferimento principalmente a quanto riportato negli elaborati di progetto; per quanto ivi non riportato valgono le indicazioni contenute nel presente capitolato speciale, nelle normative vigenti e nella buona regola d'arte cui la D.L. fa riferimento nell'imporre eventuali ordini di servizio.

L'esecuzione del rilevato può iniziare solo quando il terreno in sito risulta scotato, gradonato e costipato con uso di rullo compressore adatto alle caratteristiche del terreno; il costipamento può ritenersi sufficiente quando viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un Modulo di deformazione "Md" di almeno 300 kg/cm<sup>2</sup>, da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 500 mq di area trattata o frazione di essa.

#### 2.14.2.2. Soprastrutture per piazzole e strade

Per la formazione della soprastruttura per piazzole e strade si deve utilizzare esclusivamente il misto granulare di cava Tipo "A" di cui al prospetto III della norma CNR-UNI 10006. L'esecuzione della soprastruttura può avvenire solo quando il relativo piano di posa risulta regolarizzato, privo di qualsiasi materiale estraneo, costipato fino ai previsti valori di capacità portante (pari ad un "Md" di almeno 300 kg/cm<sup>2</sup> per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Md" di almeno 800 kg/cm<sup>2</sup> per piani ottenuti con rilevato) da determinarsi mediante prove di carico su piastra con la frequenza sopra definita.



Durante l'esecuzione dei rilevati e delle soprastrutture la COMMITTENTE si riserva il diritto di verificare in ogni momento la qualità del materiale utilizzato e, se del caso, ordinare l'analisi caratteristica dei materiali presso un Laboratorio Ufficiale a cura e spese dell'APPALTATORE.

Sia nell'esecuzione dei rilevati che delle soprastrutture il materiale deve essere steso a strati di 20-25 cm d'altezza, secondo quanto stabilito nei disegni di progetto, compattati, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso le zone di compluvio, e rifilato secondo progetto.

Il costipamento di ogni strato di materiale deve essere eseguito con adeguato rullo compressore previo eventuale innaffiamento o ventilazione fino all'ottimo di umidità.

Il corpo di materiale può dirsi costipato quando ai vari livelli viene raggiunto il valore di "Md" pari almeno a quello richiesto, da determinarsi mediante prova di carico su piastra con le modalità di seguito descritte; per il primo strato di soprastruttura è richiesto un Md di almeno 800 kg/cm<sup>2</sup> mentre per il secondo strato un Md di almeno 1000 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 2.14.2.3. Prove di carico

Il controllo delle compattazioni in genere viene eseguito su ogni strato, in contraddittorio, mediante una prova di carico su piastra ogni 500 m<sup>2</sup> di area trattata o frazione di essa, e comunque con almeno n. 4 prove per strato di materiale.

A costipamento avvenuto, se i controlli risultano favorevoli, si dà luogo a procedere allo stendimento ed alla compattazione dello strato successivo.

La determinazione del Modulo di deformazione (ved. Norme CNR-UNI 10006 e Bollettino Ufficiale del CNR, Anno I, n° 9, Dic. 1967) deve essere effettuata in corrispondenza del primo ciclo di carico ed i valori di Md sono valutati in corrispondenza dell'intervallo 0,5 – 1,5 Kg/cm<sup>2</sup> per il terreno in sito (scoticato) e 2,5 – 3,5 Kg/cm<sup>2</sup> per il rilevato. Gli incrementi successivi di carico, nelle prove di tutti gli strati, devono essere di 0,5 Kg/cm<sup>2</sup> iniziando da 0,5 e proseguendo poi fino a 3,5 Kg/cm<sup>2</sup>.

Il passaggio al carico immediatamente superiore a quello in esame viene consentito quando il cedimento è inferiore a 0,05 mm dopo tre minuti di applicazione del carico. Le prove effettuate devono essere rappresentate mediante diagramma pressioni-cedimenti.

Il peso del contrasto per le prove deve essere di ca. 5 t.

Per determinare il Md viene adottata la seguente formula:

$$Md = f_o \times \varnothing \times D_p/D_s, \text{ dove:}$$

$f_o$  = 1 per piastre circolari

$p$  = carico unitario trasmesso dalla piastra al terreno (in Kg/cm<sup>q</sup>)

$s$  = cedimento della piastra di carico circolare sottoposta alla pressione "p" (in cm)

$D_p$  = differenza di carico unitario fra due successivi incrementi di carico, (in Kg/cm<sup>q</sup>)

$D_s$  = differenza di cedimento della piastra di carico circolare, sottoposta

all'incremento di carico  $D_p$  (in cm)  
 $\varnothing$  = diametro delle piastre (cm 30)

Per le misure dei cedimenti devono essere impiegati tre comparatori centesimali disposti a 120°C, ancorati a profilati di rinvio, appoggiati ad almeno 1 metro di distanza dalla piastra e dagli appoggi del carico di contrasto.

Il dinamometro del martinetto deve essere sufficientemente sensibile per apprezzare con precisione i valori dei gradini di carico.

Nell'esecuzione della prova la piastra si deve porre su superficie piana ed orizzontale.

#### Prove di compattazione

In aggiunta alle prove di carico, se le caratteristiche e le dimensioni degli elementi costituenti il materiale lo consentono, il corpo di materiale può dirsi costipato quando la percentuale di costipamento rispetto alla densità secca max. A.A.S.T.H.O. modificata raggiunge il 95% in ogni punto del rilevato o della soprastruttura.

Il controllo viene effettuato confrontando la densità secca in sito del rilevato o della soprastruttura con la densità secca max. del materiale ottenuta con la prova A.A.S.T.H.O. modificata in relazione alla massima dimensione degli elementi costituenti il materiale.

I controlli devono essere eseguiti su ogni strato, in contraddittorio, a richiesta della D.L., con le seguenti modalità:

- n. 4 prove di Densità in sito;
- n. 2 prove Densità max. A.A.S.T.H.O. modificata.

Alla fine della fase di montaggio ed avviamento degli aerogeneratori -obiettivo a) richiamato nel precedente Art.1.2 "OGGETTO DEI LAVORI" l'APPALTATORE deve procedere alla regolarizzazione e rullatura della soprastruttura di piazzole e strade realizzate al fine di procedere alle rifiniture previste nella Fase 3 di cui al precedente Articolo già citato; la rullatura deve essere tale da raggiungere la costipazione già ottenuta nella fase precedente con un  $M_d$  di almeno 1000 kg/cm<sup>2</sup>.

La D.L. può richiedere il medesimo intervento su strade già esistenti ed oggetto di transito, ma sconnesse, al fine di migliorarne le caratteristiche di transitabilità.

### **2.14.3. Rilevati per argini di briglie, per tombamenti, per schermature etc., in aree non occupate da piazzole e strade**

Per la formazione dei rilevati costituenti gli argini di briglie a bacino sui corsi d'acqua, per schermature morfologiche delle piazzole o costituenti riempimenti a ridosso di opere di tombamento fossi, di zone depresse o di aree da regolarizzare, devono essere impiegati, per quanto possibile e se giudicati idonei dalla D.L., i materiali provenienti dagli scavi dei piazzali, opportunamente selezionati.

Nel caso in cui detti materiali non risultassero idonei, le materie occorrenti devono essere approvvigionate prelevandole da cave di prestito reperite dall'APPALTATORE ed approvate dalla Direzione Lavori.

E' obbligo dell'APPALTATORE, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'asestamento delle terre affinché, al momento del collaudo, i rilevati eseguiti presentino dimensioni non inferiori a quelle prescritte.

Il rilevato deve essere messo in opera in strati dello spessore di 30 cm, lievemente inclinati verso monte e costipati meccanicamente mediante idonei rulli a punta od a griglia, o pneumatici zavorrati, o con piastre vibranti, regolando il numero dei passaggi e l'umidità tramite ventilazione o innaffiamento in modo da ottenere una Densità secca pari almeno al 90% di quella A.A.S.T.H.O. modificata. Il controllo del costipamento viene effettuato mediante n. 1 prova di Densità in sito in corrispondenza di ciascuno strato.

In alternativa, il rilevato può dirsi costipato allorché in corrispondenza di ciascuno strato si ottenga un modulo di deformazione Md superiore a 400 Kg/cm<sup>2</sup>, da determinarsi mediante prova di carico su piastra nell'intervallo di carico 2,5 – 3,5 Kg/cm<sup>2</sup>, da eseguirsi secondo le modalità descritte al precedente punto "Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade".

Ogni strato deve essere costipato nel modo richiesto prima di procedere a ricoprirlo con altro strato, e deve avere superiormente la sagoma della monta richiesta per l'opera finita, così da evitare ristagni e danneggiamenti.

Non si può sospendere la costruzione del rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione tale da assicurare lo scolo delle acque meteoriche. Nella ripresa del lavoro il rilevato già eseguito deve essere espurgato dalle erbe e cespugli che vi fossero nati, nonché configurato a gradoni, praticandovi inoltre dei solchi per il collegamento delle nuove materie con quelle impiegate in precedenza.

Prima di procedere alla formazione del rilevato deve, con la massima cura, essere preparato e scoticato il piano d'appoggio, che deve essere inoltre tagliato a dentelli. Ove prevista deve essere eseguita la profilatura delle sezioni d'imposta secondo le indicazioni di progetto o della D.L.

#### **2.14.4. Bonifiche dei piani di posa**

I piani di posa in corrispondenza di piazzole o sedi stradali ottenuti per sbancamento ed atti a ricevere la soprastruttura, allorché il terreno di imposta non raggiunge nella costipazione il valore di Md pari a 300 Kg/cm<sup>2</sup>, o i piani di posa dei plinti di fondazione il cui terreno costituente è ritenuto non idoneo dalla D.L. a seguito di una prova di carico su piastra eseguita con le modalità definite nell'articolo successivo "Prova di carico su piastra per verifica piano di posa dei plinti", devono essere oggetti di trattamento di "bonifica" mediante sostituzione di uno strato di terreno - dello spessore indicato in progetto o in loco dalla D.L. - con equivalente in misto granulare arido proveniente da scavi o cava di prestito reperita dall'APPALTATORE.

Le caratteristiche e le modalità di posa di detto materiale devono rispettare quanto già definito al precedente punto "Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade".

Nel caso di piazzole e strade, la bonifica può ritenersi accettabile quando a costipamento avvenuto viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un Md di almeno 300 Kg/cm<sup>2</sup>, da determinarsi mediante prove di carico su

piastra, con le modalità già definite in precedenza e con la frequenza di una prova ogni 500 m<sup>2</sup> di area bonificata, o frazione di essa.

Nel caso di plinti di fondazione, per l'accettazione della bonifica devono essere raggiunti i valori di capacità portante corrispondenti ad un Md definito in corso d'opera dalla D.L. oppure opportunamente specificati negli elaborati di progetto.

**Bonifica con stabilizzazione a calce**

In particolari situazioni, e comunque laddove indicato negli elaborati progettuali e/o stabilito dalla D.L., può essere richiesta la preparazione e bonifica del piano di posa dei rilevati o della fondazione stradale mediante la stabilizzazione a calce.

Tale attività deve essere eseguita con idonei macchinari per uno spessore finito di 30 cm minimo. La stabilizzazione deve essere eseguita con l'apporto di ossido e/o idrossido di calcio micronizzato, in idonea percentuale in peso rispetto alla terra, previo studio (compreso nel prezzo) della miscela ottimale secondo le prescrizioni indicate a progetto e/o stabilite dalla D.L. Deve essere eseguita idonea compattazione fino a raggiungere i valori richiesti di addensamento e modulo di deformazione; compreso la fornitura, la stesa e miscelazione della calce, le prove di laboratorio ed in sito durante il trattamento e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

#### 2.14.4.1. Prova di carico su piastra per verifica piano di posa dei plinti

Se espressamente richieste dalla D.L., prima di realizzare lo strato di magrone su cui posare il plinto, dopo la battitura del terreno di fondazione, si devono eseguire almeno 2 prove di carico con piastra da 30 a 50 cm, secondo le richieste della D.L., con i cicli di carico tra 10-100 kPa, 10-200 kPa, 10-500 kPa, se non diversamente indicato dalla D.L.

Le due prove devono essere ubicate equidistanti dal centro della fondazione, in posizione diametralmente opposta, secondo le indicazioni della D.L.; le prove devono inoltre essere ubicate in corrispondenza della direzione prevalente del vento in sito.

L'APPALTATORE deve fornire alla D.L., entro il giorno successivo all'esecuzione della prova, il risultato della prova stessa ed il grafico relativo.

### 2.15. **SCOGLIERE IN PIETRAMME**

L'entità degli scavi e le caratteristiche meccaniche dei terreni interessati dalla realizzazione di opere di vario genere, può rendere opportuna l'adozione, al piede di talune scarpate di scavo, di strutture di contenimento di tipo "flessibile" costituite da scogliere in pietrame.

L'esecuzione delle scogliere deve avvenire per campioni di lunghezza max 15 m, curando di provvederne l'ultimazione nel più breve tempo possibile; non si può pertanto lasciare scoperto il fronte di scavo (che deve avere in genere pendenza 1/1) atto all'appoggio della scogliera se non per il tempo occorrente all'immediata posa della stessa.

La scogliera deve avere appoggio continuo su massetto in calcestruzzo magro, dello spessore di 20 cm, inclinato del 10% sull'orizzontale verso monte.

Onde evitare il progressivo intasamento della parte drenante della scogliera, essa deve essere completamente rivestita in geotessile, adeguatamente soprammontato.

Il geotessile deve avere peso non inferiore a 250 g/m<sup>2</sup>, resistenza a trazione trasversale non inferiore a 700 N/5 cm ed altre caratteristiche come prescritto al successivo Art. "GEOTESSILE".

Per la captazione e l'allontanamento delle acque drenate deve essere alloggiata, nel corpo drenante, una tubazione microfessurata in barre rigide di acciaio zincato, con diametro 300 mm ed altre caratteristiche come da Art. "DRENAGGI DI SUPERFICIE/Tubazione di scolo".

Il corpo drenante della scogliera deve essere realizzato, nella forma e dimensioni previste in progetto, con materiale arido selezionato di caratteristiche e pezzatura come da Art. "DRENAGGI DI SUPERFICIE/Corpo drenante". Detto materiale deve essere posto in opera con mezzo meccanico entro il telo geotessile, quindi deve essere opportunamente profilato con la pendenza di progetto, prima della chiusura del telo.

A ridosso del corpo drenante cui sopra deve essere steso, pure con mezzo meccanico, uno strato di transizione - dello spessore medio di 20-30 cm - in materiale arido di cava avente pezzatura max 30 mm e granulometria Tipo "B" come risulta dalla Norma CNR-UNI 10006. Pure questo strato di materiale deve essere profilato con la pendenza di progetto.

A completamento della scogliera viene steso, sullo strato di transizione ora detto, una coltre di terreno vegetale dello spessore 30 cm, atta all'inerbimento, che costituirà il paramento esterno della scogliera. Il terreno vegetale deve essere opportunamente selezionato prima del trasporto a piè d'opera, deve essere privo di radici ed erbe infestanti, ricco di humus, profilato e regolarizzato accuratamente (a mano se necessario), e adeguatamente consolidato, inseminato ed innaffiato.

La pendenza del paramento finito deve risultare esattamente quella di progetto e la sua superficie deve risultare inerbita alla consegna delle opere alla COMMITTENTE.

## **2.16. GEOTESSILE**

Per la realizzazione di opere specifiche quali drenaggi, scogliere, etc. e dovunque la D.L. ne ritenga necessario l'utilizzo, è richiesta la fornitura e posa in opera di geotessile, adatto all'uso specifico richiesto, secondo metodologie ed istruzioni che devono essere definite in cantiere. Il geotessile deve essere costituito da tessuto in fibra di polipropilene (tipo Propex o simili) o da "tessuto non tessuto" in fibra di poliestere (tipo Drenotex o simili) a filamenti continui coesionati meccanicamente, senza uso di collanti o componenti chimici. I materiali di cui l'APPALTATORE propone l'utilizzo devono essere preventivamente approvati dalla D.L. sulla base di esauriente documentazione e certificazione tecnica che ne giustifichi l'uso per la funzione richiesta.

### **2.16.1. Geotessile per drenaggi**

Per esecuzione di trincee drenanti, di microdreni e per drenaggi a tergo di opere in calcestruzzo, devono essere utilizzati geotessili aventi funzione di filtro contro il passaggio di particelle solide all'interno del corpo drenante. Il telo deve avere peso non inferiore a 200 g/m<sup>2</sup>, resistenza a trazione trasversale - su striscia di 5 cm - non

inferiore a 500 N (secondo UNI 8202 - parte 8<sup>^</sup>), allungamento 50–70%, permeabilità verticale all'acqua (con battente 100 mm d'acqua) non inferiore a 30 l/m<sup>2</sup> sec. Il telo deve essere posto in opera, generalmente, con sovrammonti di almeno 25 cm lungo l'asse del drenaggio e di almeno 40 cm sul corpo del materiale drenante nel senso trasversale all'asse del drenaggio, salvo diverse prescrizioni di progetto.

La tipologia di geotessile per drenaggi deve essere utilizzata, con la stessa funzione di filtro precedentemente descritta, come separazione del terreno vegetale di ripristino delle piazzole dalla sottostante ossatura carrabile.

### **2.16.2. Geotessile per scogliere**

Per l'esecuzione di eventuali scogliere in pietrame deve essere utilizzato geotessile avente funzione di filtro, come al punto precedente, ma del peso di 250 g/m<sup>2</sup> e con resistenza a trazione trasversale di 700 N/5cm. Per le altre caratteristiche e per la posa in opera vale quanto prescritto al punto precedente.

### **2.16.3. Geotessile per separazione**

Per la separazione di rilevati o soprastrutture dai relativi piani di posa, per evitare il rischio di contaminare con argille o limi il materiale arido di riporto, o comunque a discrezione delle D.L., devono essere sempre (a meno di differenti prescrizioni di progetto o disposizioni della D.L.), utilizzati geotessili aventi funzione di separazione e quindi di trattenimento delle particelle più fini del terreno in sito. Il telo deve avere peso non inferiore a 300 gr/m<sup>2</sup>, resistenza a trazione trasversale c.s. non inferiore a 900 N, resistenza alla perforazione (Persoz) non inferiore a 3000 N. I teli devono essere stesi in opera con sovrammonti minimi di 30 cm, curando di evitarne il contatto con ciottoli spigolosi o di dimensioni notevoli rispetto alla granulometria dominante.

## **2.17. GABBIONATE E MANTELLATE**

Per la sistemazione di aree connesse o adiacenti alle piazzole degli aereogeneratori e/o per regimazione idraulica di fossati limitrofi, può essere richiesta la realizzazione di gabbionate e mantellate in varie forme e dimensioni, secondo necessità.

Prima della messa in opera dei gabbioni e dei materiali metallici e per ogni partita ricevuta in cantiere, l'APPALTATORE deve consegnare alla D.L. il relativo certificato di collaudo e garanzia, rilasciata dalla Ditta che ha fabbricato i manufatti metallici, redatto a norma dalla circolare del Ministero LL.PP. n. 2078 del 27.08.1962.

La D.L. deve procedere quindi al prelievo di campioni ed ai collaudi della zincatura sia dei fili della rete sia del filo per le cuciture secondo le norme previste dalla succitata circolare.

La costruzione dei manufatti deve avvenire poggiando gli stessi su superfici regolarizzate e consolidate, atte a sostenere il peso delle opere ed a non essere svuotate ed erose dalle acque in movimento; ad opere finite si deve provvedere al rinfianco e/o rinterro perimetrale, allorché previsto o richiesto dalla D.L., secondo quanto definito in merito al precedente apposito Articolo.

### 2.17.1. Gabbionate

I gabbioni devono essere del tipo a scatola e devono avere forma prismatica di varie dimensioni; devono essere realizzati con rete metallica a doppia torsione, con maglia esagonale 8x10 cm, tessuta a macchina con trafilato a ferro del diametro 3 mm, a forte zincatura, come previsto dalla Circolare citata in precedenza.

La rete costituente gli elementi deve avere maglie uniformi, essere esente da strappi ed avere il perimetro rinforzato con filo di diametro maggiorato rispetto a quello della rete stessa, inserito nella trama della rete o ad essa agganciato meccanicamente in modo da impedire lo sfilamento e dare sufficiente garanzia di robustezza. Prima del riempimento si deve procedere al montaggio degli elementi mediante cucitura dei singoli spigoli in modo da ottenere le sagome previste. Le cuciture devono essere eseguite in modo continuo passando il filo entro ogni maglia e con un giro doppio di due maglie. Il filo da impiegarsi nelle cuciture deve avere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete, con diametro non inferiore a 2,2 mm. Con le stesse modalità si deve procedere quindi a collegare fra loro i vari elementi in tutte le superfici di contatto, in modo da ottenere la sagoma dell'opera di progetto. Le cuciture devono essere tali da creare una struttura monolitica e di massima resistenza; sia i singoli elementi sia le gabbionate nel suo insieme devono presentare una perfetta struttura geometrica.

Prima e durante il riempimento devono essere apposti, all'interno dei singoli gabbioni, un adeguato numero di tiranti atti ad impedire sfiancamenti e deformazioni, i tiranti devono essere costituiti da filo di ferro a forte zincatura - ciascuno in unico spezzone di filo - agganciati alla rete metallica con legature abbraccianti due o tre maglie. Nei gabbioni di base devono essere apposti non meno di cinque tiranti verticali per metro quadrato, in quelli in elevazione i tiranti devono essere disposti orizzontalmente all'interno della scatola e in senso trasversale ad essa, per agganciare le pareti opposte, in numero di sei per ogni gabbione.

A riempimento ultimato, il coperchio deve essere opportunamente teso per farlo aderire ai bordi delle pareti verticali lungo le quali si effettueranno le dovute cuciture, passando sempre il filo entro ogni maglia e con giro doppio ogni due maglie. Nell'allestimento, unione e chiusura degli elementi è vietata ogni attorcigliatura dei fili di bordatura.

Per il riempimento dei gabbioni devono essere usati ciottoli o scapoli di cava non friabili e non gelivi, comunque di qualità approvata dalla D.L.

E' escluso il pietrame alterabile all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera viene in contatto; in particolare il materiale di riempimento, sia ciottoli sia pietrame in scapoli, deve avere dimensioni minime superiori al doppio della maglia utilizzata e deve essere assestato a mano dentro l'elemento in modo da avere il minor numero possibile di vuoti, senza provocare lo sfiancamento delle pareti.

In particolare si deve avere cura di collocare il migliore per qualità, regolarità delle forme e dimensioni a ridosso delle pareti del gabbione, specie per le pareti in vista dove l'assetto del pietrame deve essere tale da costituire un regolare parametro di faccia vista privo di schegge e con connessioni disposte a regola d'arte. In presenza delle tubazioni dei microdreni si attueranno quelle lavorazioni necessarie a permettere il passaggio del tubo in p.v.c attraverso il gabbione evitandone sia lo schiacciamento che la variazione di pendenza.

Con l'elevazione degli strati di gabbioni, si deve procedere al riempimento dei vuoti a tergo con materiale ghiaioso costipato.

### **2.17.2. Mantellate**

Le mantellate devono essere costituite da materassi a tasche - con interasse 1 m - del tipo Reno, della larghezza di 2 m, della lunghezza da tre a 6 m e dello spessore di cm 25.

I materassi devono essere realizzati con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale di 5x7 cm e filo diametro 2 mm.

Per ciò che riguarda la zincatura, le legature, la metodologia di realizzazione, etc., vale quanto già definito per le gabbionate, con l'ulteriore prescrizione di effettuare un fitto reticolo di ancoraggi del materasso a terra, mediante spuntoni di ferro.

Il materiale di riempimento deve essere costituito da pietrame di cava, con composizione compatta, ad elevato peso specifico, non friabile né gelivo, e di dimensioni tali da non fuoriuscire dalla maglia della rete e da realizzare il maggiore costipamento possibile.

## **2.18. TERRE RINFORZATE**

### **2.18.1. Descrizione**

Le terre rinforzate sono strutture per il contenimento o la stabilizzazione di scarpate e rilevati e agiscono abbinando la presenza di elementi di rinforzo resistenti a trazione con paramenti sul fronte esterno realizzati in modo da consentire la crescita delle piante.

Il rinforzo può essere eseguito:

- a) con geosintetici
- b) con griglia metallica e geosintetici
- c) con griglia e armatura metallica
- d) con rete metallica a doppia torsione

### **2.18.2. Prescrizioni generali:**

pendenza massima del fronte esterno di max 65° per consentire alle piante di ricevere almeno in parte l'apporto delle acque meteoriche;

presenza di uno strato di terreno vegetale verso l'esterno a contatto con il paramento;

rivestimento verso l'esterno con una stuoia sintetica o organica che trattenga il suolo consentendo la radicazione delle piante erbacee;

idrosemina con miscele adatte alle condizioni di intervento con quantità minima di seme di 60g/m<sup>2</sup>, collanti, ammendanti, concimanti e fibre organiche (mulch) in quantità tali da garantire la crescita e l'autonomia del cotico erboso. A miglior garanzia di riuscita del cotico erboso le stuoie frontali dovranno, ove tecnicamente possibile, essere preseminate e preconciate;



messa a dimora di specie arbustive pioniere locali per talea (10 x m lineare per ogni strato) o piante radicate in quantità minima di 1 ogni m<sup>2</sup>, che svolgono nel tempo le seguenti funzioni:

consolidamento mediante radicazione dello strato esterno della terra rinforzata;

copertura verde della scarpata con effetto combinato di prato-pascolo arbustato che più si avvicina agli stadi vegetazionali delle scarpate naturali in condizioni analoghe;

raccolta e invito delle acque meteoriche, sopperendo in tal modo all'eccessivo drenaggio dell'inerte e all'eccessiva verticalità

realizzazione di un sistema di drenaggio a tergo della struttura in terra rinforzata che non impedisca però la crescita delle radici.

L'impiego delle specie arbustive sulle terre rinforzate va considerato quindi una condizione indispensabile per dare autonomia naturalistica, stabilità superficiale e collaudabilità a questo tipo di interventi.

### **2.18.3. Fasi esecutive**

L'APPALTATORE deve indicativamente procedere secondo le seguenti fasi esecutive:

scavo di sbancamento fino alla quota di progetto;

scotico dello strato superficiale per una profondità di media di 20 cm;

compattazione del fondo dello scavo fino a raggiungere la densità di almeno il 95% della prova AASHO modificata;

riempimento fino a raggiungere la quota di terreno preesistente e compattazione fino a raggiungere almeno il 95% della prova AASHO modificata;

gradonatura della scarpata;

posa in opera di teli geotessili stesi lungo il piano orizzontale, posizionati ad interasse non superiore a 1 m,

posa in opera di strati di spessore max = 50cm (strati non superiori a 50cm per i gruppi A1, A2, A3 e A4, e 30cm per il gruppo A6) dei terreni da rilevato con pendenza trasversale pari a circa il 2%, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche;

essiccazione o inumidimento delle le terre fino ad ottenere l'umidità' ottimale corrispondente alla densità massima rilevata da prove di compattazione;

compattazione degli strati in modo da raggiungere in ogni punto la densità secca pari al 90% della densità AASHTO modificata con modulo di deformazione minimo pari a 20 N/mm<sup>2</sup> su ciascuno strato, per tutta la superficie dello stesso;

ripiegatura del telo geotessile.

La realizzazione deve comunque avvenire secondo quanto riportato negli elaborati di progetto; per quanto ivi non riportato valgono le indicazioni contenute nel presente capitolato speciale, nelle normative vigenti e nella buona regola d'arte cui la D.L. fa riferimento nell'imporre eventuali ordini di servizio.

Per il dettaglio dei materiali e delle relative modalità di posa in opera e delle fasi costruttive fare riferimento a quanto riportato negli elaborati progettuali.

**2.18.4. Caratteristiche dei geosintetici**

Per la realizzazione della scarpata in terra rinforzata si devono utilizzare teli geotessili costituiti da filamenti di poliestere ad alta tenacità rivestiti con guaina protettiva in polietilene, aventi resistenza minima a trazione longitudinale e trasversale pari rispettivamente a 80 kN/m e 5 kN/m.

I geosintetici dovranno rispettare inoltre le seguenti caratteristiche:

Durabilità minima prevista di 120 anni in terreni naturali con  $1.6 < \text{pH} < 13$  e temperature fino a 40°C sulla base dei relativi risultati delle prove di Laboratorio. Si raccomanda di proteggere il prodotto dall'esposizione solare entro 4 mesi dalla data di installazione.

Inerzia chimica totale, imputrescibilità, inattaccabilità da parte di roditori e microrganismi, insensibilità agli agenti atmosferici e all'acqua salmastra, stabilità ai raggi ultravioletti ottenuta mediante additivi quantitativi di nerofumo.

marchiatura CE in conformità alle norme EN 13249, 13250, 13251, 13253, 13254, 13255, 13257 e 13265 (e successive modifiche);

Il Sistema Qualità del Produttore deve essere certificato a fronte delle norme UNI EN ISO 9001:2000.

Le geogriglie devono essere certificate dall'ITC (Istituto per le Tecnologie della Costruzione)

Le caratteristiche prestazionali sopra esposte dovranno essere confermate con una dichiarazione di conformità, redatta dal produttore ed all'occorrenza accompagnata dalle relative prove di laboratorio, rilasciata per ogni 10.000mq di materiale consegnato.

**2.18.5. Caratteristiche dei terreni da rilevato**

Il materiale da utilizzarsi per il corpo del rilevato può provenire dagli scavi all'interno del cantiere, qualora giudicato idoneo dalla D.L.

Generalmente devono essere impiegati esclusivamente materiali appartenenti ai gruppi A1 e A3 (con coefficiente di uniformità maggiore o uguale a 7, e comunque con pezzatura massima non superiore 71 mm), A2-4 e A2-6 di cui alla norma CNR-UNI 10006.

**2.18.6. Prove di controllo**

Prima che venga messo in opera uno strato successivo, ogni strato di rilevato deve essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La procedura delle prove di seguito specificata deve ritenersi come minima e deve essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'APPALTATORE deve eseguire le prove di controllo in contraddittorio con la D.L. nei punti indicati dalla D.L. stessa. Tali prove possono essere eseguite oltre che nel laboratorio dell'APPALTATORE anche da un laboratorio esterno. Il personale addetto deve comunque essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili deve essere tale da poter esperire le prove in sito e in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste. Prima di iniziare i lavori l'APPALTATORE deve sottoporre alla D.L. l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove deve essere trascritto tempestivamente su appositi moduli.

Tutti gli oneri conseguenti alla effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'Impresa.

La frequenza delle seguenti prove deve essere di almeno 1 ogni 500-1000 m<sup>3</sup>:

classificazione CNR-UNI 10006;

costipamento AASHTO Mod. CNR;

densità in sito CNR 22;

carico su piastra CNR 9-70317;

Il controllo dell'umidità deve essere effettuato in rapporto alle condizioni meteorologiche e delle caratteristiche dei materiali di riporto.

Sulle terre rinforzate devono essere anche eseguite prove di resistività, ph, solfuri, solfati e cloruri con frequenza non inferiore a 1 ogni 500-1000 m<sup>3</sup>.

**2.19. MANUFATTI IN LAMIERA ZINCATA**

Ove previsto in progetto o richiesto dalla D.L. si deve provvedere alla fornitura e posa in opera di manufatti portanti in lamiera zincata, generalmente ondulata, costituiti da elementi prefabbricati e componibili in opera mediante ganci o bullonatura, secondo determinate forme standard, tipo Armco Finsider o Fracasso o equivalenti. La scelta dei manufatti da utilizzare e lo spessore delle lamiere deve essere preventivamente concordato con la D.L.

**2.19.1. Elementi tubolari**

Devono essere utilizzati per condotte portanti (singole o affiancate) in tombamenti o attraversamenti stradali di corsi d'acqua, in tombini stradali, e per condotte drenanti (del tipo microfessurato od a giunti aperti, in vari diametri); possono eventualmente essere utilizzati anche per cassonatura di scavi a pozzo (disposti con asse verticale) e per eventuali altri usi richiesti dalla D.L.

**2.19.1.1. Condotte portanti**

Per gli elementi a struttura portante in lamiera ondulata, con onda normale alla generatrice, valgono le seguenti prescrizioni:

l'acciaio della lamiera ondulata deve essere della qualità di cui alle norme A.A.S.T.H.O. M 167-70 e A.A.S.T.H.O. M 36-70, con un contenuto in rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40%, spessore con tolleranza UNI (Norma UNI 6681-6682-6683) e carico unitario di rottura non minore di 34 kg/mm<sup>2</sup>; deve essere protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo, praticata dopo l'avvenuto taglio e piegatura dell'elemento, in quantità non inferiore a 305 gr/m<sup>2</sup> per faccia;

la verifica della stabilità statica delle strutture deve essere effettuata in funzione dei diametri e dei carichi esterni applicati, adottando uno dei metodi della Scienza delle Costruzioni, sempre però con un coefficiente di sicurezza non inferiore a 4; tale verifica è a carico dell'APPALTATORE e deve essere prodotta alla COMMITTENTE prima dell'inizio dei montaggi;

le strutture finite devono essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, scalfitture, parti non zincate, etc.

La COMMITTENTE si riserva di far assistere proprio personale ad una qualunque fase della fabbricazione dei manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate.

L'APPALTATORE deve presentare alla COMMITTENTE una valida certificazione, rilasciata dal produttore o dal fornitore del materiale, attestante le sue caratteristiche fisiche e la sua esatta composizione chimica (può essere richiesto il certificato dell'analisi di colata dell'acciaio).

La COMMITTENTE si riserva di far eseguire apposita analisi, presso un Laboratorio Ufficiale, su campioni prelevati in contraddittorio con l'APPALTATORE, per accertare la corrispondenza del materiale, acciaio e zincatura, a quanto richiesto; questa eventuale prova è a carico dell'APPALTATORE.

Per tutti i manufatti, i pesi in rapporto allo spessore delle lamiere ed ai vari diametri impiegati, debbono risultare da tabelle fornite dal fabbricante, con tolleranza del 5% in più o in meno.

Le strutture impiegate per condotte portanti devono essere, in genere, del tipo "ad elementi incastrati" per tombini con diametro fino a m 1,5 e del tipo "a piastre multiple" per diametro maggiore di 1,5 m, costituite da due mezze sezioni ondulate o da più settori, curvati ai raggi prescritti.

Per gli elementi incastrati l'ampiezza dell'onda deve essere di mm 67,7 (pollici 2 e 2/3) e la profondità di mm 12,7 (1/2 pollice); per le piastre multiple l'ampiezza dell'onda deve essere di mm 152,4 (pollici 6) e la profondità di mm 50,8 (pollici 2).

Le giunzioni fra gli elementi incastrati devono avvenire a mezzo di appositi ganci doppi, in acciaio zincato a caldo; nel montaggio del tubo le sovrapposizioni circolari devono essere sfalsate con passo pari circa a metà larghezza degli elementi.

Le giunzioni tra le piastre multiple devono avvenire a mezzo di bulloni di diametro non inferiore a 3/4 di pollice ed appartenenti alla classe G8 (UNI 3740) in acciaio zincato, con speciali rondelle atte ad assicurare la perfetta adesione; per le condotte costituite da due elementi, nel montaggio del tubo, le sovrapposizioni circolari devono essere sfalsate con passo pari circa a metà larghezza degli elementi.

Per la posa in opera delle condotte portanti deve essere predisposta un'adeguata sede, ricavando nel piano di posa (costituito da terreno naturale o eventuale rilevato preesistente) un vano opportunamente profilato, e accuratamente compattato, secondo la sagoma da ricevere ed interponendo, fra il terreno e la tubazione, un cuscinetto di materiale granulare (10-70 mm) dello spessore di almeno 30 cm. Il rinterro dei quarti inferiori delle condotte deve essere fatto a strati di 15 cm utilizzando anche i normali mezzi costipanti dei rilevati, salvo che per le parti immediatamente adiacenti alle strutture, dove il costipamento deve essere fatto con pestelli pneumatici o a mano. Occorre evitare che i mezzi costipatori lavorino a "contatto" della struttura metallica onde evitare il deterioramento della zincatura.

Il manufatto deve risultare conforme alla normativa e legislazione vigente.

#### **2.19.1.2. Condotte drenanti**

Per le condotte drenanti devono essere impiegate, secondo progetto, tubazioni aventi struttura portante costituita da lamiera d'acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco, in modo che una sezione normale alla direzione dell'onda rappresenti una linea simile ad una senoide; l'acciaio della lamiera ondulata, di spessore minimo mm 0,8 - con tolleranza UNI (Norme UNI EN 10051) - deve avere carico unitario di rottura non inferiore a 34 kg/mm<sup>2</sup>, e essere protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo il processo Sendzmir con 480 grammi nominali di zinco per metro quadrato; l'ampiezza dell'onda deve essere di mm 38 (pollici 1 1/2) ed una profondità di mm 6,35 (1/4 pollice).

Ove richiesto, sulle condotte devono essere praticati dei fori del diametro di 9 mm (tolleranza 1 mm) distribuiti in serie longitudinali con interesse di 38 millimetri, tutti disposti in un quarto di tubo.

I diametri sono generalmente compresi tra 200 e 300 mm, le barre devono avere lunghezza di almeno 6 m e essere collocate in opera sia mediante manicotti di

giunzione bullonati e pezzi speciali, pure in acciaio zincato, sia a giunti aperti, secondo le prescrizioni contenute nei progetti e/o impartite dalla D.L.

## **2.19.2. Elementi per canalizzazioni aperte**

Devono essere utilizzati per il convogliamento e l'allontanamento delle acque di superficie e devono essere costituiti da lamiera ondulata in acciaio zincato e sagomata come a seguito descritto.

L'ondulazione deve avere ampiezza d'onda di mm 67,7 (pollici 2 e 2/3) e profondità di mm 12,7 (1/2 pollice); la zincatura essere del tipo a bagno caldo (praticata dopo l'avvenuto taglio e piegatura dell'elemento) in quantità non inferiore a 305 gr/m<sup>2</sup> per faccia; l'acciaio della lamiera ondulata deve essere della qualità di cui alle norme A.A.S.H.O. M167-70 e A.A.S.H.O. M36-70 con un contenuto in rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40%, carico unitario di rottura non minore di 34 Kg/mm<sup>2</sup>.

La posa in opera deve avvenire con la massima cura per evitare danneggiamenti alla zincatura del manufatto; deve essere preparata una adeguata sede di posa, tassativamente priva di elementi lapidei, che deve preventivamente essere rivestita di sabbia; a posa avvenuta si deve provvedere al rinterro della sede di alloggiamento con sabbia o terreno fine; dovunque si possa presentare pericolo di scivolamento e/o di spostamento del manufatto, questo deve essere opportunamente trattenuto ed ancorato al terreno; in ogni caso debbono essere posti in atto tutti quegli accorgimenti tesi a garantire la continuità di appoggio della canale sul terreno.

### **2.19.2.1. Canalette semicircolari**

Costituite da elementi con onda normale alla generatrice- della lunghezza di 0,61 m e di luce variabile tra 0,40 e 1,20 m, spessore lamiera tra un minimo di 1,5 mm ed un massimo di 2,7 mm, con tolleranza UNI; assemblati mediante collegamento bullonato, con l'ausilio di elementi di rinforzo e di sostegno costituiti da piastre sagomate, angolari longitudinali, trasversali e verticali delle dimensioni adeguate alla luce delle canalette ed alla pendenza con la quale esse sono poste in opera.

### **2.19.2.2. Canalette trapezoidali**

Costituite da elementi con onda parallela alla generatrice- della larghezza in testa di 45 – 75 cm ed alla base di 28 – 47 cm, dell'altezza totale di 16 – 20 cm, spessore lamiera variabile da un minimo di 1,5 mm ad un massimo di 2,7 mm; l'assemblaggio degli elementi deve avvenire mediante collegamento bullonato.

## **2.20. DRENAGGI CONTRO-MURO**

Sul paramento interno di muri o di altre opere in calcestruzzo, ed ovunque lo richieda la D.L., devono essere eseguiti drenaggi per la captazione e l'evacuazione delle acque provenienti dai terreni. I drenaggi possono essere realizzati, secondo quanto previsto in progetto o richiesto dalla D.L., come segue:

con scapoli di pietrame arenaceo e calcareo assestati a mano, eventualmente rifioriti in testa con pietrame di minori dimensioni;

con materiale arido di cava, di pezzatura minima 30 mm e massima 100 mm.

L'acqua drenata deve essere convogliata nelle canalette appositamente predisposte nei getti, oppure nelle tubazioni forate o fessurate in p.v.c. o in PEAD collocate a tergo delle pareti verticali, oppure deve essere fatta defluire dalle estremità delle opere stesse e/o dalle tubazioni in p.v.c. collocate nei getti trasversalmente alle pareti delle strutture.

Il drenaggio deve essere alloggiato entro un geotessile drenante con tipologia e prescrizioni di posa in opera cui all'Art. "GEOTESSILE/Geotessile per drenaggi".

## **2.21. GIUNTI STRUTTURALI**

Per separare strutture di diversa natura e permettere movimenti differenziali, ovvero per consentire la dilatazione delle strutture stesse, con o senza tenuta idraulica, si devono realizzare giunti come appresso descritto.

### **2.21.1. Separazione strutturale**

Separazione verticale tra fondazioni e terreno o tra strutture adiacenti di cls.:  
deve essere realizzata mediante l'interposizione di lastre di polistirolo espanso, spessore 1-3 cm, tra le strutture da separare o giuntare.

Separazione tra strutture in acciaio e calcestruzzo (ove richiesto):  
deve essere realizzata mediante interposizione tra le due strutture, di cartonfeltro bitumato dello spessore di mm. 2.

Separazione verticale tra strutture adiacenti in cls. con tenuta agli agenti atmosferici ed alle acque in genere:

deve essere realizzata mediante:

- separazione come previsto al precedente punto a);
- asportazione del polistirolo per la profondità di almeno 1 cm;
- spalmatura di primer da cls. per il mastice cui a seguito, sui due fronti della fuga precedentemente ottenuta previa pulizia da polvere od untuosità delle superfici di cls.;
- intasamento a rifiuto con mastice Sikaflex 1a o prodotto equivalente, mediante estrusione da siringa con apposita pistola;
- rasatura di pulizia del mastice esuberante.

### **2.21.2. Giunto di tenuta idraulica**

Deve essere così realizzato:

- inglobamento, durante il getto delle pareti o solette da giuntare, di nastro Sika 0-20 o 0-32 a seconda dello spessore delle strutture, sull'asse delle strutture stesse;
- interposizione, ai lati del nastro ed ortogonalmente al medesimo, di lastre di polistirolo espanso dello spessore di cm 2;
- asportazione, a getto solidificato e dal lato esposto alle acque, del polistirolo per una profondità di almeno cm 3;

- pulizia delle superfici di cls., all'interno della sede ottenuta, da polvere o untuosità;
- spalmatura della sede del giunto con primer GA della Sika o equivalente;
- riempimento della sede del giunto con resina epossidica "Colmagiunto" della Sika o equivalente, fino a cm 2 dalla superficie esterna;
- completamento del riempimento del giunto con malta di calce idraulica.
- 

### **2.21.3. Giunto water-stop**

Per la ripresa di getto tra platee e pareti in c/a, quando sia richiesto dalla D.L., devono essere forniti e posti in opera cordoli espansivi composti da miscela di gomma butilica e bentonite sodica tipo WA RX della Soc. VOLTECO od equivalenti, a sezione rettangolare di mm 20x25 o di mm 10x15 in funzione dello spessore del calcestruzzo.

I cordoli devono essere posizionati, all'interno delle gabbie d'armatura delle pareti, nella mezzera dello spessore delle pareti stesse ed ivi bloccati mediante apposita rete metallica e mediante chiodatura ogni 20–30 cm di lunghezza.

I nastri rimangono pertanto inglobati nei getti di calcestruzzo delle pareti ed attiveranno la loro azione di impedimento delle infiltrazioni d'acqua solo nei casi in cui siano da questa raggiunti.

### **2.22. MALTE**

Le malte per le murature, per le stuccature e per gli intonaci - da confezionarsi con sabbia lavata, vagliata e scevra da sostanze terrose, organiche, cloruri ed altre impurità - devono essere dei seguenti tipi:

tipo a) malta cementizia con cemento (tipo II/III/IV classe 32,5 N/mm<sup>2</sup>), dose 400 Kg/m<sup>3</sup> di impasto;

tipo b) malta di calce idraulica con Kg. 400 di calce idraulica per m<sup>3</sup> di impasto;

tipo c) malta bastarda eseguita con Kg 250 di calce idraulica e Kg. 150 di cemento (tipo II/III/IV classe 32,5 N/mm<sup>2</sup>) per m<sup>3</sup> di impasto.

### **2.23. Barre di acciaio ad aderenza migliorata**

La normativa prevede due tipi di acciaio per cemento armato, B450C e B450A, che devono essere saldabili e ad aderenza migliorata, ovvero dotati di nervature o indentature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati:

- quelli laminati a caldo denominati B450C (ad alto grado di duttilità)
- quelli trafilati a freddo denominati B450A (a basso grado di duttilità)

Entrambi sono caratterizzati dai seguenti valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura:

- $f_y \text{ nom} = 450 \text{ N/mm}^2$
- $f_t \text{ nom} = 540 \text{ N/mm}^2$



Gli acciai laminati a caldo B450C devono rispettare i requisiti indicati nella tabella 1 riportata nell'immagine seguente.

Gli acciai trafilati a freddo B450A devono rispettare i requisiti indicati nella tabella 2 riportata nell'immagine seguente.

tabella 1

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq 450$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq 540$ (N/mm <sup>2</sup> )
(ft/fy)k rottura unitaria/snervamento unitario	$\geq 1,15$ $\leq 1,35$
(fy/fy nom)k snervamento unitario/450 N/mm <sup>2</sup>	$\leq 1,25$
Allungamento (Agt)K	$\geq 7,5\%$
Diametro del mandrino utilizzato per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento per almeno di 20° senza cricche	4ø per $\phi < 12$ mm 5ø per $12 \leq \phi \leq 16$ mm 8ø per $16 < \phi \leq 25$ mm 10ø per $25 < \phi \leq 50$ mm

tabella 2

	<b>CARATTERISTICHE</b>
Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq 450$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq 540$ (N/mm <sup>2</sup> )
(ft/fy)k rottura unitaria/snervamento unitario	$\geq 1,05$
(fy/fy nom)k snervamento unitario/450 N/mm <sup>2</sup>	$\leq 1,25$
Allungamento (Agt)K	$\geq 2,5\%$
Diametro del mandrino utilizzato per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento per almeno di 20° senza cricche	4ø per $\phi \leq 10$ mm

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue a temperatura ambiente di 20 + 5°C, piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti in forno a 100°C, procedendo successivamente al suo raffreddamento in aria ed al parziale raddrizzamento per almeno 20°.

Dopo la prova il campione non deve presentare rotture, cricche od altre alterazioni.

Gli acciai B450C, se prodotti in barre, hanno diametro compreso tra 6 e 40 mm, mentre se prodotti in rotoli hanno diametro minore o uguale a 16 mm.

Gli acciai B450A se prodotti in barre hanno diametro compreso tra 5 e 10 mm, mentre se prodotti in rotoli hanno diametro minore o uguale a 10 mm.

Per gli acciai trafilati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute prima per 60 minuti a 100 + 10°C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente. Il trattamento ha lo scopo di rilassare rapidamente il materiale, le cui fibre rimangono in tensione dopo la lavorazione.

## 2.24. Prodotti qualificati

Gli acciai per essere impiegati devono essere qualificati.

Per esserlo devono provenire da acciaierie che hanno ricevuto da parte del Consiglio Superiore dei LL.PP. l'attestato di qualificazione.

In detto certificato è riportato il nome dell'acciaieria, lo stabilimento di produzione, il marchio, la saldabilità, il diametro, se si tratta di barre o di rotoli, etc. (catalogo schede sul sito web del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti).

**2.25. Controlli di accettazione in cantiere**

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori. È opportuno che gli stessi siano effettuati prima della messa in opera del lotto di spedizione e, comunque, entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

Tre forme di controllo sono obbligatorie per tutte le tipologie di acciaio:

- 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.

**2.25.1. Definizioni**

**Lotto di produzione:** riferito a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante contrassegni al prodotto finito (rotolo, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Deve avere valori omogenei delle grandezze nominali (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed è compreso tra 30 e 120 t.

**Forniture:** lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

**Lotti di spedizione:** lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

Gli acciai devono essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento (in assenza di norma armonizzata, il sistema di gestione della qualità deve essere coerente con la UNI EN ISO 9001:2008).

Tutti i prodotti in acciaio per impiego strutturale devono essere qualificati.

La valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata:

mediante marcatura CE, quando sia applicabile (ad es. i laminati e i relativi profilati IPE, HE, UPN, ecc. devono essere provvisti obbligatoriamente di marcatura CE)

attraverso la qualificazione del Servizio Tecnico Centrale (STC) L'attestato di qualificazione rilasciato da tale ente ha validità 5 anni.

Le forniture di acciaio provenienti dallo stabilimento di produzione devono essere accompagnate:

Nel caso in cui sussista l'obbligo della marcatura CE:

da copia della Dichiarazione di conformità CE, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario

dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

Nel caso in cui non sussista l'obbligo della marcatura CE:

da copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, riportante un timbro in originale con almeno la data di spedizione ed il destinatario

dal documento di trasporto con la data di spedizione ed il riferimento alla quantità, al tipo di acciaio, al destinatario.

Qualora le forniture siano effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il STC, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora l'unità marchiata venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Il campionamento, si legge nella sopracitata Circolare, viene generalmente effettuato su tre diversi diametri opportunamente differenziati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in numero di 3 spezzoni (di 1,30 m, come solitamente richiesto), marchiati, per ciascuno dei diametri selezionati, 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.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato che esso abbia i requisiti previsti dal D.M.17/01/2018, si potrà recare presso il medesimo centro dove, il Direttore Tecnico del Centro di Trasformazione, preleverà i campioni da inviare presso un laboratorio autorizzato secondo le disposizioni dello stesso Direttore dei Lavori, munendoli di sigle, etichettature indelebili, ecc. che assicurino che essi sono effettivamente quelli prelevati.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati secondo la norma UNIEN ISO 15630-1:2004, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto, riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi tra i valori minimi e massimi riportati nella tabella 3.

Tabella n. 3

Caratteristica		Valore limite		note
Tensione di snervamento	fy minima	425	(N/mm <sup>2</sup> )	(450-25) N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento	fy massima	572	(N/mm <sup>2</sup> )	(450 x(1 ,25+0,02)) N/mm <sup>2</sup>
Agt minimo		<,6,0%		per acciai B450C

Agt minimo		<,;2,0%	per acciai B450A
Rottura unitaria/snervamento unitario		1,13:5 (ftfY):5 1,37	per acciai B450C
Rottura unitaria/snervamento unitario		ftfY <': 1,03	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento		Senza cricche	per tutti

Se i tre risultati della prova soddisfano i valori indicati nella suddetta tabella, il lotto consegnato è da considerarsi conforme.

Se ciò non accadesse, il lotto va considerato conforme solo se la media di 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori saranno compresi tra il valore minimo ed il valore massimo sopra riportati.

Il prelievo di questi ulteriori 10 provini va fatto alla presenza del produttore o suo rappresentante, che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove in Laboratorio.

Se anche i tre risultati della prova soddisfano i valori indicati nella suddetta tabella, il lotto consegnato è da considerarsi conforme, il lotto deve essere respinto ed il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori pubblici.

Riassumendo: la CM 617 - capitolo 11.3.2.1004 - puntualizza che i controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e devono essere svolti entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale. Il campionamento deve essere effettuato su tre diversi diametri, opportunamente differenziati nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in numero di tre spezzoni, marchiat per ciascuno dei diametri selezionati, 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. (lunghezza spezzone richiesta =130 cm). Inoltre, si ribadisce che gli stabilimenti di produzione di acciai qualificati non sono tenuti ad allegare alle forniture copia dei certificati rilasciati dal Laboratorio incaricato che effettua i controlli periodici di qualità. Si precisa al riguardo, che i predetti certificati non sono significativi ai fini della fornitura, trattandosi di documenti riservati al servizio tecnico centrale per i controlli semestrali nell'ambito del mantenimento e rinnovo della qualificazione. Tali certificati, peraltro, non possono sostituire i certificati relativi alle prove effettuate dal direttore dei lavori, che devono essere rilasciati dai laboratori nell'ambito dei controlli obbligatori di cantiere.

**2.26. RETI E TRALICCI ELETTRICALDATI**

Vanno effettuate le prove di trazione, piegamento e distacco al nodo su entrambi i fili delle reti e sui correnti dei tralicci, verificando che la rottura avvenga al di fuori dei punti di saldatura.

Le reti ed i tralicci realizzati con acciaio B450 C hanno un diametro compreso tra 6 e 16 mm, mentre quelli realizzati con acciaio B450 A hanno diametro compreso tra 5 e 10 mm.

Per effettuare le prove sono necessari 3 campioni di 120 x 120 cm per le reti e tre campioni di 150 cm di lunghezza per i tralicci (dimensioni richieste da gran parte dei Laboratori ALP).

**2.27. CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE**

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati comunque prima della messa in opera del prodotto, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

Tabella n. 3

Caratteristica		Valore limite		note
Tensione di snervamento	fy minima	425	(N/mm <sup>2</sup> )	(450-25) N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento	fy massima	572	(N/mm <sup>2</sup> )	(450 x(1 ,25+0,02)) N/mm <sup>2</sup>
Agt minimo		<:,6,0%		per acciai B450C
Agt minimo		<:,2,0%		per acciai B450A
Rottura unitaria/snervamento unitario		1,13:5 (ftlfY):5 1,37		per acciai B450C
Rottura unitaria/snervamento unitario		ftlfy <': 1,03		per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento		Senza cricche		per tutti

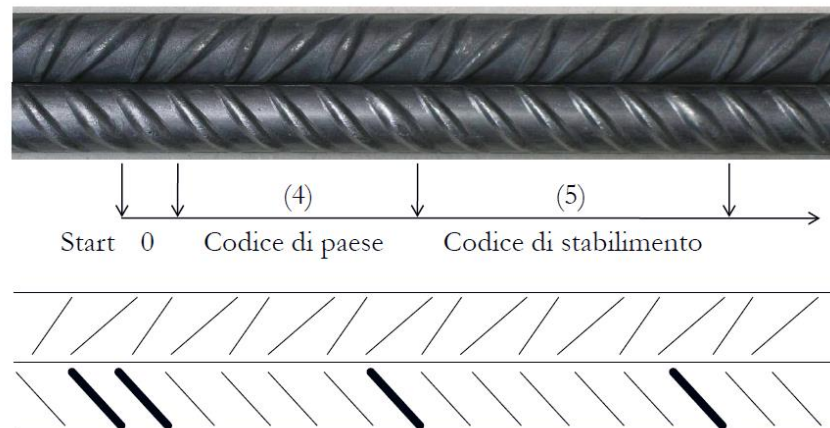
Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 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.

#### 2.27.1.1. Identificazione del produttore

Su un lato della barra/rotolo vengono riportati dei simboli che identificano l'inizio di lettura del marchio (due barre ingrossate consecutive), l'identificazione della nazione e dello stabilimento.



## 2.27.2. ACCIAI PER STRUTTURE METALLICHE

### 2.27.2.1. Profilati d'acciaio

Per ogni fornitura di 30 t occorre un controllo su di un minimo di tre saggi (almeno uno sullo spessore minimo ed uno sullo spessore massimo). Per i profilati IPE, HE le provette per la prova vanno ricavate solamente dalle ali.

Sulle provette ricavate dal profilato, oltre alla prova di trazione, verrà eseguita la prova di piegamento e di resilienza. Nella prova di piegamento non devono comparire cricche mentre il valore della resilienza non deve essere inferiore a 27J.

### 2.27.2.2. Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il riferimento dell'Attestato deve essere riportato sul documento di Trasporto.

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

Il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera del prodotto, è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare eventuali forniture non conformi.

### 2.27.2.3. Centri di trasformazione

Si definisce Centro di Trasformazione, nell'ambito degli acciai, un impianto esterno al cantiere che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre, rotoli, reti, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili, quali ad esempio elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc) o preassemblati (gabbie di armatura) pronti per la messa in opera.

Il Centro di Trasformazione deve dotarsi di un sistema di gestione della qualità, certificato da un organismo di adeguata competenza che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

I Centri di Trasformazione sono tenuti ad eseguire presso un laboratorio autorizzato una serie di controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche sia meccaniche che geometriche del materiale originario anche sul prodotto lavorato.

I Centri di Trasformazione sono tenuti a dichiarare, depositando prescritta documentazione, la loro attività al Servizio Tecnico Centrale il quale dichiara poi l'avvenuta presentazione della suddetta dichiarazione. Essa deve essere confermata annualmente al suddetto Servizio Tecnico Centrale previa dichiarazione che nulla è variato rispetto al precedente deposito ovvero siano descritte le variazioni avvenute. In sostanza una sorta di carta di identità del Centro stesso che risulti inequivocabilmente "identificabile". Scopo principale dell'operazione di qualifica del Centro di Trasformazione è quello di bloccare tutti i materiali di provenienza sconosciuta.

I requisiti minimi del Centro sono: 1. Avere al proprio interno un direttore tecnico in grado di leggere i progetti oltre che di controllare la produzione, 2. Avere un Sistema di Qualità per la gestione di procedure e documentazione.

Sul sito web del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Servizio Tecnico Centrale della Presidenza Del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sono elencati i Centri di Trasformazione con "Dichiarazione di attività", nonché tutte le schede degli acciai qualificati.

Ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da:

- Dichiarazione sul documento di trasporto degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività rilasciata 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. Il Direttore dei Lavori inoltre può richiedere copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare eventuali forniture non conformi.

La documentazione suddetta deve essere prodotta dal Direttore dei Lavori al Collaudatore che riporterà nel certificato di collaudo gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito il materiale lavorato.

## **2.27.3. CARATTERISTICHE MECCANICHE ACCIAIO**

### **2.27.3.1. Modulo elastico**

Il valore del modulo elastico  $E_s$  dell'acciaio è indipendente dalla resistenza del materiale. Il D.M.17/01/2018 non dà indicazioni specifiche per le barre per cemento armato, ma suggerisce il valore 210.000 MPa per la carpenteria metallica.



2.27.3.2. Aderenza acciaio-calcestruzzo Tensioni di aderenza secondo normativa

La solidarietà tra calcestruzzo e barre d'acciaio è garantita dall'aderenza che si sviluppa lungo la superficie di una barra immersa nel calcestruzzo, assicurando così la trasmissione di sforzi di scorrimento (tensioni di aderenza) tra i due materiali. Essa è dovuta sia all'adesione chimica molecolare, che alla compenetrazione geometrica, legata alla scabrosità delle superfici di contatto.

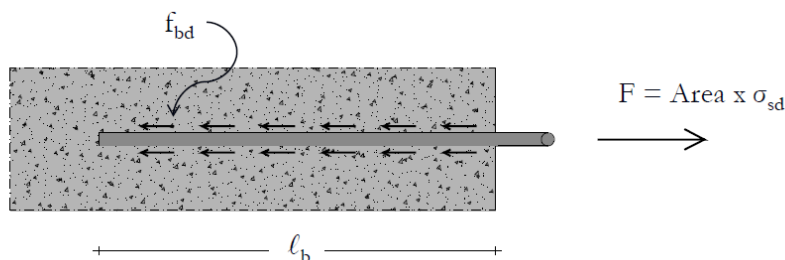
2.27.3.3. Lunghezza di ancoraggio

Per impedire lo sfilamento di una barra da un blocco di calcestruzzo, è necessario che essa vi sia immersa per una lunghezza tale da consentire la trasmissione al calcestruzzo dell'intera forza di trazione esercitata dalla barra.

Un valore base di riferimento della lunghezza di ancoraggio può essere considerato

$$l_b = \sigma_{sd} \phi / 4 f_{bd},$$

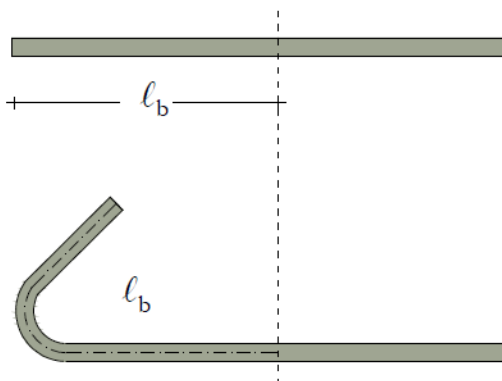
dove  $\sigma_{sd}$  è la tensione di progetto che sollecita la barra, mentre  $f_{bd}$  è la tensione di aderenza.



2.27.3.4. Lunghezza di ancoraggio

L'ancoraggio di una barra può essere realizzato in diversi modi: dritto, a piega o a gancio (uncini).

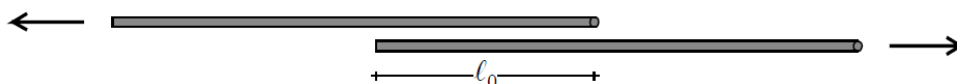
L'ancoraggio delle barre può essere utilmente migliorato mediante uncini terminali. Se presenti, essi possono essere computati nella effettiva misura del loro sviluppo in asse alla barra. In assenza di uncini la lunghezza di ancoraggio deve essere in ogni caso non minore di 20 diametri, con un minimo di 150 mm.



### 2.27.3.5. Giunzioni per sovrapposizione secondo normativa

Poiché le barre hanno lunghezza limitata, è spesso necessario effettuare delle giunzioni. Le sovrapposizioni vanno fatte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La lunghezza del tratto di sovrapposizione ( $l_0$ ) non deve essere inferiore a 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro.



## 2.28. PITTURE SU OPERE IN METALLO

### 2.28.1. Normativa applicabile

Si intendono applicate le seguenti norme:

UNI EN ISO 2812-2:2007: "Pitture e vernici - Determinazione della resistenza ai liquidi - Parte 2: Metodo per immersione in acqua"

UNI EN ISO 9117-6:2012: "Prodotti vernicianti. Prova di essiccamento apparente completo"

UNI EN ISO 3251:2008: "Pitture, vernici e materie plastiche - Determinazione del contenuto di sostanze volatili"

UNI EN ISO 2811-1:2011: "Pitture e vernici - Determinazione della densità - Metodo del picnometro"

UNI EN ISO 3668:2002: "Pitture e vernici - Confronto visivo del colore delle pitture"

UNI EN ISO 3248:2001: "Pitture e vernici - Determinazione dell'effetto del calore"

UNI ISO 4627:1989: "Prodotti vernicianti. Valutazione della compatibilità di un prodotto con la superficie da verniciare. Metodi di prova."

UNI EN ISO 1514:2005: "Pitture e vernici - Pannelli unificati per le prove"

Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

### 2.28.2. Prescrizioni di carattere generale

#### 2.28.2.1. Attrezzatura

Il tipo di tutta l'attrezzatura che si prevede di usare dovrà essere sottoposta all'approvazione della Direzione Lavori.

I pennelli ed i rulli dovranno essere del tipo, della superficie e delle dimensioni adatte alle vernici che si impiegheranno ed al tipo di lavoro che si sta eseguendo e non dovranno lasciare impronte.

L'attrezzatura per la verniciatura a spruzzo (air-less) sarà impiegata solo dove ne verrà concesso l'impiego e sarà corredata da pistole di tipo idoneo ad ogni singolo

impiego. L'eventuale compressore ad aria verrà installato in posizione concordata con la Direzione Lavori.

Tutta l'attrezzatura sarà mantenuta sempre in ottime condizioni di funzionamento. Si raccomanda perciò la pulizia più accurata al termine di ogni giornata di lavoro.

#### 2.28.2.2. Applicazione

Le vernici saranno della consistenza dovuta per ogni tipo di superficie, finitura e metodo di applicazione (seguire le istruzioni del fabbricante per l'applicazione del rispettivo prodotto).

Il lavoro potrà essere eseguito soltanto quando la temperatura avrà raggiunto i 9° C o più, e quando le condizioni saranno tali da poter ottenere i migliori risultati. Le superfici, sulle quali dovrà essere applicata la vernice, dovranno essere pulite, levigate, compatte ed asciutte. Le zone in cui dovrà essere eseguito il lavoro saranno ben aerate. Le zone non accessibili all'applicazione a spruzzo verranno verniciate con pennello e, qualora non fossero raggiungibili con il pennello, si useranno altri mezzi concordati con la Direzione Lavori.

##### Applicazione a pennello

Ciascuna mano verrà applicata pennellando in modo che aderisca completamente alla superficie, la vernice sarà tirata in maniera liscia ed uniforme, senza colature, interruzioni, bordi sfuocati od altri difetti ed in modo da risultare compatta ed asciutta prima che venga applicata la seconda mano.

Bisognerà osservare il tempo minimo indicato dal fabbricante per l'applicazione fra una mano e l'altra.

##### Applicazione a spruzzo

Dovrà essere effettuata prima in un senso e quindi nel senso opposto fino a coprire tutta la superficie.

La vernice che sarà impiegata dovrà essere solo del tipo a spruzzo. Si dovranno ricoprire opportunamente le superfici circostanti perché non si abbiano a sporcare altri manufatti.

##### Colori e modalità di colorazione

Le mani di fondo avranno un colore costante.

Potranno essere richieste varie combinazioni di colori per le diverse stanze e zone. In generale i muri ed i soffitti avranno colore diverso tra loro.

Ogni successiva mano del medesimo colore dovrà essere di tonalità leggermente diversa da quella definitiva. Le tubazioni per i vari impianti saranno colorate secondo le norme ISO-UNI, salvo diverse prescrizioni allegate. Superfici finite

Presenteranno unità di spessore, colore e lucentezza. I bordi delle verniciature attigue ad altri materiali o altri colori saranno nitidi, puliti, senza sovrapposizioni.

#### 2.28.2.3. Caratteristiche dei materiali e condizioni di fornitura generalità

La DL, ai fini dell'accettazione di tutti i materiali, ha facoltà di procedere a controlli su campioni della fornitura e di richiedere attestati di conformità della fornitura alle prescrizioni di progetto.

Tutti i materiali devono essere prodotti da aziende che operino secondo un sistema di qualità aziendale certificato ISO 9002 ovvero che possano dimostrare di operare secondo i medesimi criteri e principi in modo da garantire il controllo di qualità del prodotto

Tutti i materiali dovranno pervenire in cantiere in recipienti originali chiusi, muniti di marchi e sigilli, recanti chiaramente leggibile il nome della ditta produttrice, la marca e la qualità, i recipienti dovranno essere aperti solo al momento dell'impiego ed in presenza di un incaricato della D.L.

In generale, tutte le pitture dovranno corrispondere ai seguenti requisiti:

nel recipiente, ci dovrà essere un prodotto omogeneo, non precipitato, indurito o comunque in grado di non poter essere mescolato facilmente con una mestola fino a divenire un buon corpo uniforme adatto all'applicazione;

se tenuta in un recipiente chiuso per un periodo di 48 ore, la pittura non dovrà formare pellicole superficiali;

la pittura dovrà essere agevolmente applicabile a pennello o con altro sistema indicato dalla D.L., di buona fluidità e facile da stendersi.

### **2.28.3. Modalità di esecuzione**

La prima mano di antiruggine, a base di minio oleofenolico o cromato di zinco, deve essere applicata dopo aver preparato adeguatamente le superfici.

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 ed altri imbrattamenti ed 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 30 µm.

La tonalità di colore di ciascuna mano deve essere differente in modo da permettere l'agevole accertamento dell'effettivo numero delle passate applicate.

Le operazioni saranno le seguenti:

Decapaggio delle opere eseguite con panni imbevuti di solvente approvato.

Asportazione con panno asciutto della patina lasciata dal solvente, da eseguire dopo 2 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 di 30 µm minimo.

Applicazione a pennello di una mano a finire di smalto sintetico per uno spessore di 25 µm minimo.

**2.28.4. Certificazioni, campionature e prove**

L'appaltatore dovrà effettuare almeno sei prove di tinteggiatura con colori e tonalità diverse, secondo le indicazioni del Piano Colore ovvero della D.L. all'atto dell'esecuzione.

La D.L. potrà disporre, quando lo ritenga opportuno, anche in corso lavori, il prelievo di campione di materiale per l'esecuzione da parte dell'appaltatore di prove di laboratorio ufficiale, al fine di accertare l'idoneità dei prodotti forniti e la loro rispondenza ai requisiti prescritti. In caso di riscontrata inidoneità e/o non rispondenza, con variazione del 5% in meno alle prescrizioni, i materiali già forniti dovranno, su ordine della D.L. essere allontanati e sostituiti con altri idonei; per variazioni comprese tra 0% e 5%, la D.L. potrà disporre, a suo giudizio, il rifiuto dei materiali o la sua accettazione.

L'Appaltatore dovrà inoltrare alla D.L. una completa documentazione descrittiva riguardante pitture, vernici, smalti etc. Inoltre, dovrà indicare chiaramente i tipi di prodotti che intenderà usare e di conseguenza dovrà fornire alla D.L. tutte le informazioni necessarie per dimostrare la conformità dei prodotti ai requisiti prescritti.

**2.28.5. Modalità di conservazione e cura**

I contenitori delle vernici dovranno essere conservati in deposito nelle confezioni originali integre, sigillate, all'interno di luoghi freschi ed asciutti. Il tempo massimo di stoccaggio sarà di un anno.

**2.28.6. Criteri di misurazione**

La pitturazione si misurerà sviluppando l'effettiva superficie trattata.

**2.28.7. Criteri di accettazione**

Le opere eseguite si intenderanno accettate solo se risponderanno a quanto prescritto nei punti relativi ai materiali da utilizzare e alle modalità di esecuzione, nonché alle campionature e prove effettuate.

**2.28.8. Tinteggiature**

Tinteggiatura di superfici mediante idropittura.

**2.28.9. Normativa applicabile**

Si intendono applicate le seguenti norme:

UNI EN ISO 2812-2:2007: "Pitture e vernici - Determinazione della resistenza ai liquidi - Parte 2: Metodo per immersione in acqua"

UNI EN ISO 3678:1998: "Prodotti vernicianti. Prova di essiccamento apparente completo."

UNI EN ISO 3251:2008: "Pitture, vernici e materie plastiche - Determinazione del contenuto di sostanze volatili"

UNI EN ISO 2811-1:2011: "Pitture e vernici - Determinazione della densità - Parte 1: Metodo con picnometro"

UNI EN ISO 3668:2002: "Prodotti vernicianti. Confronto visivo del colore delle pitture"

UNI EN ISO 3248:2001: " Pitture e vernici - Determinazione dell'effetto del calore"

UNI ISO 4627:1989: "Prodotti vernicianti. Valutazione della compatibilità di un prodotto con la superficie da verniciare. Metodi di prova."

UNI EN ISO 1513:2010: "Pitture e vernici - Controllo e preparazione dei campioni di prova"

UNI EN ISO 4624:2006: "Pitture e vernici - Misura dell'adesione mediante prova di trazione" Per tutte le norme citate si intendono applicate le successive modifiche ed integrazioni.

#### **2.28.10. Prescrizioni di carattere generale**

Tutti i prodotti dovranno essere forniti in cantiere in recipienti originali sigillati, di marca qualificata, recanti il nome della ditta produttrice, il tipo e la qualità del prodotto, le modalità di conservazione e di uso, e la data di scadenza.

I recipienti, da aprire solo al momento dell'impiego in presenza della Direzione Lavori, non dovranno presentare materiali con pigmenti irreversibilmente sedimentati, addensamenti, gelatinizzazioni o degradazioni di qualunque genere.

Quando una parte di vernice venisse estratta, i contenitori verranno richiusi col loro coperchio originale.

Salvo diversa prescrizione, tutti i prodotti dovranno risultare pronti all'uso, non essendo consentita alcuna diluizione con solventi o diluenti, tranne che nei casi previsti dalle ditte produttrici e con prodotti e nei rapporti indicati dalle stesse nelle schede tecniche di prodotto.

In ogni caso devono essere di tipo e composizione tale da non alterare né sminuire minimamente le caratteristiche del prodotto da diluire. Risulta di conseguenza assolutamente vietato preparare pitture e vernici in cantiere, salvo le deroghe concessa dalla D.L.

In questo caso le vernici pronte a pennello devono essere miscelate in quantità limitate all'uso immediato e risultare di colore uniforme, con densità e corpo tali da coprire perfettamente le superfici sulle quali devono essere applicate.

Le vernici dovranno essere opportunamente rimescolate prima della estrazione dalle latte e dovranno essere completamente eliminati tutti i grumi, le sostanze gommosi o pellicole di superficie prima del loro impiego. Durante l'uso si ripeterà frequentemente la mescolatura perché i pigmenti siano sempre mantenuti in sospensione.

La Direzione dei Lavori e la Direzione Artistica avranno la facoltà di variare, a loro insindacabile giudizio, le opere elementari elencate in appresso nei seguenti paragrafi, sopprimendone alcune od aggiungendone altre che ritenesse più particolarmente adatte al caso specifico e l'Appaltatore dovrà uniformarsi a tali prescrizioni senza potere perciò sollevare eccezioni di sorta.

Ogni pitturazione e tinteggiatura dovrà essere preceduta da un'accurata preparazione delle superfici. Per le opere murarie dovrà essere accertata l'avvenuta stagionatura del supporto.

Sarà scopo della preparazione ottenere il massimo risultato sia per quanto concerne l'adesione al supporto che per l'uniformità di aspetto delle superfici.

Ciascuna mano dovrà coprire totalmente quella precedente. Le successive mani delle pitture, vernici e smalti, dovranno essere applicate, qualora non altrimenti disposto, con intervallo non inferiore a 24 ore una dall'altra e sempreché la mano sottostante risulti perfettamente essiccata. Qualora per ragioni di carattere eccezionale, l'intervallo si dovesse protrarre oltre i termini previsti, si dovrà procedere, prima di applicare la successiva mano, alla ripulitura generale per eliminare la polvere ed i residui estranei.

Le operazioni di verniciatura non devono essere effettuate con temperatura inferiore a + 10°C e/o con umidità dell'ambiente superiore all'85%.

Le opere eseguite dovranno, ove possibile, essere protette da correnti d'aria, dall'acqua, dal sole e dalla polvere finché non risultino bene essiccate, preparazione delle superfici e verniciatura dovranno essere programmate in modo che le scorie che si formano durante la preparazione non vadano a cadere sopra superfici verniciate di fresco e comunque con la pittura ancora umida.

Si dovrà adottare ogni precauzione e mezzi necessari per evitare spruzzi di tinte, pitture, vernici o smalti sulle opere già eseguite, (pavimenti, rivestimenti, infissi, pareti, vetri, rubinetterie, apparecchi sanitari, ecc.), a tale scopo dovranno essere predisposte dall'Appaltatore opportune protezioni.

Se richiesto, le opere eseguite dovranno essere delimitate e riquadrate con filettature e fasce, anche sopra colore, secondo le disposizioni della Direzione Lavori e della Direzione Artistica.

#### **2.28.11. Caratteristiche dei materiali e condizioni di fornitura**

Tutti i materiali dovranno pervenire in cantiere in recipienti originali chiusi, muniti di marchi e sigilli, recanti chiaramente leggibile il nome della ditta produttrice, la marca e la qualità, i recipienti dovranno essere aperti solo al momento dell'impiego ed in presenza di un incaricato della D.L..

In generale, tutte le pitture dovranno corrispondere ai seguenti requisiti:

nel recipiente, ci dovrà essere un prodotto omogeneo, non precipitato, indurito o comunque in grado di non poter essere mescolato facilmente con una mestola fino a divenire un buon corpo uniforme adatto all'applicazione;

se tenuta in un recipiente chiuso per un periodo di 48 ore, la pittura non dovrà formare pellicole superficiali;

la pittura dovrà essere agevolmente applicabile a pennello o con altro sistema indicato dalla D.L., di buona fluidità e facile da stendersi.

#### **2.28.12. Modalità di esecuzione**

Deve essere anzitutto applicata, sulle superfici da trattare, una mano di fondo isolante, impiegando il prodotto consigliato dalla ditta Fornitrice.

Dopo la completa essiccazione della mano di preparazione si procede all'applicazione delle due mani di tinta, intervallate l'una dall'altra di almeno 12 ore.

Le operazioni saranno le seguenti:

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 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 minimo 50 µm (interni) e 70 µm (esterni).

### **2.28.13. Certificazioni, campionature e prove**

L'appaltatore dovrà effettuare almeno sei prove di tinteggiatura con colori e tonalità diverse, su un campione di parete di almeno 5 mq di superficie comprensivo di serramenti, secondo le indicazioni del Piano Colore ovvero della D.L. / D.A. all'atto dell'esecuzione.

La D.L. potrà disporre, quando lo ritenga opportuno, anche in corso lavori, il prelievo di campione di materiale per l'esecuzione da parte dell'appaltatore di prove di laboratorio ufficiale, al fine di accertare l'idoneità dei prodotti forniti e la loro rispondenza ai requisiti prescritti. In caso di riscontrata inidoneità e/o non rispondenza, con variazione del 5% in meno alle prescrizioni, i materiali già forniti dovranno, su ordine della D.L. essere allontanati e sostituiti con altri idonei; per variazioni comprese tra 0% e 5%, la D.L. potrà disporre, a suo giudizio, il rifiuto dei materiali o la sua accettazione.

L'Appaltatore dovrà inoltrare alla D.L. una completa documentazione descrittiva riguardante pitture, vernici, smalti etc. Inoltre, dovrà indicare chiaramente i tipi di prodotti che intenderà usare e di conseguenza dovrà fornire alla D.L. tutte le informazioni necessarie per dimostrare la conformità dei prodotti ai requisiti prescritti.

### **2.28.14. Modalità di conservazione e cura**

I contenitori delle vernici dovranno essere conservati in deposito nelle confezioni originali integre, sigillate, all'interno di luoghi freschi ed asciutti. Il tempo massimo di stoccaggio sarà di un anno.

### **2.28.15. Criteri di misurazione**

La pitturazione si misurerà sviluppando l'effettiva superficie trattata.

### **2.28.16. Criteri di accettazione**

Le opere eseguite si intenderanno accettate solo se risponderanno a quanto prescritto nei punti relativi ai materiali da utilizzare e alle modalità di esecuzione, nonchè alle campionature e prove effettuate.



**2.29. OPERE A VERDE****2.29.1. Caratteristiche dei materiali e condizioni di fornitura****2.29.1.1. Generalità**

Tutto il materiale agrario (es. terra di coltivo, concimi, torba, etc.) e il materiale vegetale (es. alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, etc.) occorrente per la sistemazione delle aree a verde, dovrà essere delle migliori qualità, senza difetti e in ogni caso con qualità e pregi uguali o superiori a quanto è prescritto dal presente Capitolato, dal progetto e dalla normativa vigente. S'intende che la provenienza sarà liberamente scelta dall'Appaltatore purché, a giudizio insindacabile della DL, i materiali siano riconosciuti accettabili. L'Appaltatore è obbligato a notificare, in tempo utile alla DL la provenienza dei materiali per il regolare prelevamento dei relativi campioni.

I materiali provenienti da località scelte dall'Appaltatore dovranno avere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti ufficiali vigenti in materia e/o definiti dalle Norme Tecniche; essi dovranno essere giudicati idonei dalla DL prima della loro messa in opera. L'approvazione dei materiali consegnati sul posto non sarà tuttavia considerata come accettazione definitiva: la DL si riserva infatti la facoltà di rifiutare, in qualsiasi momento, quei materiali e quelle provviste che si siano, per qualsiasi causa, alterati dopo l'introduzione sul cantiere. L'Appaltatore fornirà tutto il materiale agrario e vegetale indicato nei disegni di progetto, nelle quantità necessarie alla realizzazione della sistemazione.

I materiali in genere, da impiegarsi per i lavori in appalto, dovranno corrispondere come caratteristiche a quanto stabilito dalle Norme Tecniche e dalle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni, dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta di volta in volta a giudizio della DL la quale si assicurerà che i materiali da acquistare provengano da produttori di provata capacità e serietà.

L'approvazione dei materiali spediti sul posto, non va considerata come accettazione finale, e il Committente si riserva il diritto di analizzarli per confrontarli con i requisiti prescritti dalle Norme Tecniche.

Qualora la DL rifiuti una qualsiasi provvista perché ritenuta non atta all'impiego, l'Appaltatore dovrà sostituirla a sua cura e spese con altra che risponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

La DL ha altresì la facoltà di rifiutare, in ogni tempo, i materiali o provviste che si siano alterati dopo l'introduzione in cantiere e che per qualsiasi causa non siano più conformi alle condizioni del contratto.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della DL, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

#### 2.29.1.2. Terra da giardino

L'apporto di terra nei giardini si fa o per colmare delle depressioni o per formare delle aiuole o per cambiare del terreno inadatto alle colture che si vogliono praticare. Per terra da giardino si intende un terreno di medio impasto (costituito all'incirca da 22% di argilla, 60% di sabbia,

10% di materie organiche, 8% di calcare), prelevato dallo strato attivo di appezzamenti coltivati o prativi, esente da materiali sterili e grossolani (pietrame, frammenti di tufo, calcinacci e qualsiasi altro materiale inadatto alle colture) e da rizomi, bulbi, semi di piante infestanti. La terra dovrà essere scaricata con le modalità e nel luogo che sarà indicato dalla DL e dovrà essere sparsa fino a raggiungere i piani di livello che saranno indicati dalla DL stessa.

Se la terra dovrà servire per la formazione di aiuole oppure per sostituire altra terra inadatta alle coltivazioni, dovrà essere accuratamente scelta e provenire dallo strato più superficiale (non oltre 30 cm di profondità). Si pretenderà anche una maggiore purezza della terra, che dovrà provenire possibilmente da terreni umiferi, con una percentuale di materia organica superiore a quella innanzi indicata per i terreni di medio impasto.

### 2.29.2. Modalità di esecuzione

#### 2.29.2.1. Terra di coltivo riportata

L'Appaltatore prima di effettuare il riporto della terra di coltivo dovrà accertarne la qualità per sottoporla all'approvazione della DL.

#### 2.29.2.2. Pulizia generale del terreno

L'area oggetto della sistemazione viene di norma consegnata all'Appaltatore con il terreno a quota di impianto. Qualora il terreno all'atto della consegna non fosse idoneo alla realizzazione dell'opera per la presenza di materiale di risulta o di discarica abusiva, i preliminari lavori di pulitura del terreno saranno eseguiti in base all'Elenco prezzi e in accordo con la DL.

### 2.29.3. Lavorazioni preliminari

L'Appaltatore, prima di procedere alla lavorazione del terreno, dovrà provvedere all'eventuale abbattimento delle piante da non conservare, al decespugliamento, alla eliminazione delle specie infestanti e ritenute a giudizio della DL non conformi alle esigenze della sistemazione, all'estirpazione delle ceppaie e allo spietramento superficiale.

#### 2.29.3.1. Lavorazione del suolo

Su indicazione della DL, l'Appaltatore dovrà procedere alla lavorazione del terreno fino alla profondità necessaria preferibilmente eseguita con l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzi specifici a seconda della lavorazione prevista dagli elaborati di progetto.

Le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno in tempera, evitando di danneggiarne la struttura e di formare suole di lavorazione.

Nel corso di questa operazione l'Appaltatore dovrà rimuovere tutti i sassi, le pietre e gli eventuali ostacoli sotterranei che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori provvedendo anche, su indicazione della DL, ad accantonare e conservare le preesistenze naturali di particolare valore estetico (es. rocce, massi, etc.) o gli altri materiali che possano essere vantaggiosamente riutilizzati nella sistemazione.

Nel caso si dovesse imbattere in ostacoli naturali di rilevanti dimensioni che presentano difficoltà ad essere rimossi, oppure manufatti sotterranei di qualsiasi natura di cui si ignori l'esistenza (es. cavi, fognature, tubazioni, reperti archeologici, etc.), l'Appaltatore dovrà interrompere i lavori e chiedere istruzioni specifiche alla DL, restando essa responsabile di qualunque danno conseguente alla mancata osservanza della norma sopra citata.

#### 2.29.3.2. Apporto di terra di coltivo

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'Appaltatore in accordo con la DL, dovrà verificare che il terreno in sito sia adatto alla piantagione: in caso contrario dovrà apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato per i prati, e a riempire totalmente le buche e i fossi per gli alberi e gli arbusti, curando che vengano frantumate tutte le zolle e gli ammassi di terra.

La terra di coltivo rimossa e accantonata nelle fasi iniziali degli scavi sarà utilizzata, secondo le istruzioni della DL, insieme a quella apportata. Le quote definitive del terreno dovranno essere quelle indicate negli elaborati di progetto e dovranno comunque essere approvate dalla DL.

#### 2.29.4. **Manutenzione**

Successivamente l'Appaltatore provvederà alla manutenzione del prato fino al 24° mese del collaudo o consegna anticipata oltre alla prevista manutenzione da espletarsi fino a collaudo.

In particolare, si specifica che la manutenzione comprende:

gli innaffiamenti necessari per la formazione del manto erboso, compreso l'onere per il noleggio di tubi, manicotti, idranti, ovvero, ove occorra, per il noleggio di autobotti;

il perfezionamento e/o l'integrazione della semina, qualora si constatasse la presenza di radure e di aree o compatte, anche per causa imputabile ad asportazione del seme a seguito di agenti atmosferici;

il tagli dell'erba con frequenza, in funzione del tipo di prato delle essenze che lo compongono e della stagione. Il taglio dovrà essere eseguito regolarmente evitando danneggiamenti ad alberi, cespugli e piante da fiore disposti nei prati o nelle aiuole. E' compreso nella manutenzione l'onere della raccolta del materiale di risulta dei tagli, nonché il carico ed il trasporto alle discariche;

le risemine con il medesimo miscuglio di sementi di impianto da effettuare ogni volta necessario, affinché la coltura prativa risultai costantemente compatta e omogenea. Le risemine eseguite mediante scarificazione del terreno, spandimento del seme e ricarico con terriccio concimato;

la mondata ed il diserbo delle principali e più dannose erbe infestanti da eseguirsi a mano.

le irrigazioni a pioggia di frequenza ed entità in funzione dei periodi stagionali, della natura del terreno;

le concimazioni complementari di superficie con concime minerale di nitrato ammonico in ragione di q.li 3 per ettaro o concime a titolo di azoto equivalente.

#### **2.29.5. Falciture, diserbi e sarchiature**

Oltre alle cure colturali normalmente richieste, l'Appaltatore dovrà provvedere, durante lo sviluppo delle specie prative e quando necessario, alle varie falciture del tappeto erboso.

L'erba tagliata dovrà essere immediatamente rimossa salvo diverse disposizioni della DL. Tale operazione dovrà essere eseguita con la massima tempestività e cura, evitando la dispersione sul terreno dei residui rimossi.

I diserbi dei vialetti, dei tappeti erbosi e delle altre superfici interessate dall'impianto devono essere eseguiti preferibilmente a mano o con attrezzature meccaniche. L'eventuale impiego di diserbanti chimici dovrà attenersi alle normative vigenti.

Le superfici di impianto interessate da alberi, arbusti e cespugli perenni, biennali, annuali, etc. e le conche degli alberi devono essere oggetto di sarchiature periodiche.

#### **2.29.6. Concimazioni**

Le concimazioni devono essere effettuate nel numero e nelle quantità stabilite dal piano di concimazione.

#### **2.29.7. Difesa della vegetazione infestante**

Durante l'operazione di manutenzione l'Appaltatore dovrà estirpare, salvo diversi accordi con la DL, le specie infestanti e reintegrare lo stato di paccime quando previsto dal progetto.

#### **2.29.8. Certificazioni, campionature e prove**

##### **2.29.8.1. Generalità**

Se richiesto, l'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo per le analisi e prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese sia per il prelievo, la formazione e l'invio per i campioni, sia per le corrispondenti prove ed esami che dovranno essere eseguiti, a norma degli standards internazionali correnti, da Istituti indicati o approvati dal Committente. I risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla DL, previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei lavori e dell'Appaltatore, e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e

la conservazione. L'Appaltatore presenterà i risultati delle analisi prima della spedizione dei materiali, nei casi in cui essi fossero richiesti dalla DL.

Non saranno sottoposti ad analisi i prodotti standard impacchettati e sigillati, già accompagnati da certificazioni delle caratteristiche fornite dalla ditta produttrice.

Inoltre, la DL potrà richiedere, se lo riterrà necessario prima di dare benestare all'esecuzione, campionature e prove di materiali, di installazioni e di piantagione, da eseguirsi sul posto in tratti di manufatti già pronti o comunque dove riterrà più opportuno.

## **2.29.9. Modalità di conservazione e cura**

### **2.29.9.1. Materiale vegetale**

Una volta giunte a destinazione, tutte le piante dovranno essere trattate in modo che sia evitato loro ogni danno; il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva (o la sistemazione in vivaio provvisorio) dovrà essere il più breve possibile.

In particolare, l'Appaltatore curerà che le zolle e le radici delle piante che non possono essere immediatamente messe a dimora non subiscano ustioni e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

### **2.29.10. Criteri di misurazione**

#### **2.29.10.1. Terre e terricci**

La terra da coltivo per il riempimento delle buche o dei fossi sarà pagata a metro cubo definitivamente sistemato a dimora.

### **2.29.11. Criteri di accettazione**

Le opere eseguite si intenderanno accettate solo se risponderanno a quanto prescritto nei punti relativi ai materiali da utilizzare e alle modalità di esecuzione, nonché alle campionature e prove effettuate.

## **2.30. IMPERMEABILIZZAZIONI E GEOCOMPOSITI**

### **2.30.1. Guaina bituminosa**

Al piano di stacco delle murature, ed ovunque richiesto dalla D.L., deve essere eseguita una impermeabilizzazione con guaina prefabbricata in bitume dello spessore non minore di 3 mm, opportunamente ancorata (anche a fiamma se richiesto) al supporto murario.

## **2.30.2. Rivestimento bituminoso**

Dove richiesto dalla D.L. (es.: parte inferiore della torre dell'aerogeneratore se a contatto diretto con il terreno) l'APPALTATORE deve fornire e porre in opera un rivestimento bituminoso costituito da bitumi selezionati emulsionati in acqua, cariche speciali di granulometria fine ed additivi tipo PLASTIMUL della COMMITTENTE MAPEI od altro prodotto equivalente di altra ditta di chiara fama, nazionale od estera.

### **2.30.2.1. Preparazione del supporto**

Le superfici sulle quali va effettuato il rivestimento bituminoso sono preliminarmente interessate, ove necessario, da interventi di risanamento e ripristino del calcestruzzo corticale e/o dell'intonaco sovrapposto e/o della pulitura e sgrassaggio se altre tipologie di superficie.

La preparazione del supporto per l'applicazione del rivestimento protettivo consiste quindi nella sua accurata pulizia mediante idrolavaggio in pressione; ove ritenuto necessario dalla D.L. si deve procedere alla sabbatura e/o idrosabbatura o altro idoneo procedimento di particolari zone del supporto; prima di procedere all'applicazione del rivestimento bituminoso la superficie da impermeabilizzare deve essere inumidita.

### **2.30.2.2. Modalità di applicazione**

Il rivestimento deve essere applicato a pennello o spatola, in almeno due strati, in ragione di 1 Kg/m<sup>2</sup> per superfici verticali e di 3.5 Kg/m<sup>2</sup> per superfici orizzontali.

Il primo strato (primerizzazione) deve essere composto dal prodotto diluito con il 45÷50% di acqua, mescolato fino ad omogeneità e steso a pennello; a completo asciugamento (dopo 3÷6 ore) si deve procedere all'applicazione del secondo strato, composto dal prodotto puro, a spatola o a pennello.

La D.L. può anche richiedere l'inserimento nel secondo strato -a fresco- di una rete in fibra di vetro a maglie quadre di 4x 4 mm al fine di migliorare la resistenza a trazione del prodotto; in tal caso il secondo strato deve essere applicato in due fasi, una prima a spatola nello spessore non inferiore a 2 mm successiva applicazione della rete e quindi stesa di una seconda mano di prodotto puro, nello spessore non inferiore a 1 mm.

La temperatura ambiente non deve essere inferiore a + 5°C.

Il rivestimento non va applicato in caso di pioggia imminente.

## **2.30.3. Geocompositi**

Ove indicato nei disegni di progetto o richiesto dalla D.L., l'APPALTATORE deve fornire e porre in opera un geocomposito per la captazione ed il trasporto delle acque in trincea in terra. Il geocomposito drenante (tipo Pacdrain della Italdreni o similari) è costituito da un'anima termoformata in PEAD a cuspidi simmetrica avvolta da un geotessile non tessuto da filo continuo spunbonded; l'anima del geocomposito ha uno spessore di 6 mm ed un'altezza di 900 mm con una resistenza a compressione non inferiore a 450 kPa.

Il rivestimento in geotessile include una tasca posta alla base dell'anima, dentro alla quale viene installato, con l'ausilio di una apposita cordella, il tubo drenante di diametro compreso tra 100 e 160 mm. La posa deve avvenire in modo da garantire la verticalità del geocomposito all'interno della trincea e la successiva compattazione del reinterro.

#### **2.30.4. Pasta bituminosa**

La pasta di asfalto per stratificazioni impermeabilizzanti di terrazzi, coperture, fondazioni, ecc., risulterà dalla fusione di:

- 60 parti in peso di mastice di asfalto naturale (in pani);
- 4 parti in peso di bitume naturale raffinato;
- 36 parti in peso di sabbia vagliata, lavata e ben secca.

Nella fusione i componenti saranno ben mescolati perché l'asfalto non carbonizzi e l'impasto diventi omogeneo.

La pasta di asfalto sarà distesa a strati e a strisce parallele, dello spessore prescritto con l'ausilio delle opportune guide di ferro, compressa e spianata con la spatola e sopra di essa, mentre è ancora ben calda, si spargerà della sabbia silicea di granulometria fine uniforme la quale verrà battuta per ben incorporarla nello strato asfaltico.

Nelle impermeabilizzazioni eseguite con l'uso di cartafeltro e cartonfeltro questi materiali avranno i requisiti prescritti e saranno posti in opera mediante i necessari collanti con i giunti sfalsati.

Qualsiasi impermeabilizzazione sarà posta su piani predisposti con le opportune pendenze.

Le impermeabilizzazioni, di qualsiasi genere, dovranno essere eseguite con la maggiore accuratezza possibile (specie in vicinanza di fori, passaggi, cappe, ecc.); le eventuali perdite che si manifestassero in esse, anche a distanza di tempo e sino al collaudo, dovranno essere riparate ed eliminate dall'APPALTATORE, a sua cura e spese, compresa ogni opera di ripristino.

#### **2.31. TINTEGGIATURE**

Le superfici murarie da tinteggiare, siano in calcestruzzo che intonacate, siano esistenti che di nuova costruzione, (anche superfici di manufatti prefabbricati), devono essere convenientemente raschiate, stuccate con idoneo materiale (approvato dalla COMMITTENTE) per eliminare ogni scabrosità e per ottenere una perfetta intasatura, e quindi carteggiate.

Gli intonaci da tinteggiare debbono essere perfettamente asciutti.

L'applicazione della prima mano d'imprimatura deve avvenire entro il più breve tempo possibile dalla preparazione delle superfici; ciascuna mano deve essere applicata quando quella sottostante sia completamente asciutta.

Dopo l'applicazione della mano di fondo del ciclo di tinteggiatura si deve eseguire una ulteriore stuccatura e carteggiatura con carta abrasiva.

Prima di iniziare le applicazioni l'APPALTATORE ha inoltre l'obbligo di eseguire, nei luoghi e con le modalità prescritte dalla D.L., i campioni dei vari colori di finitura, sia per la scelta delle tinte che per il genere d'esecuzione, e di ripeterli eventualmente con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione della D.L.

L'APPALTATORE deve infine adottare ogni precauzione e mezzo per evitare spruzzi o macchie di tinte sulle opere finite (pavimentazioni, rivestimenti, pannellature, manufatti metallici, opere di finitura, ecc.) restando a suo carico ogni lavoro necessario per riparare i danni eventualmente arrecati.

Tutte le applicazioni devono essere eseguite con pennello o con rullo.

Su tutti gli intonaci interni si applica prima una mano di idoneo appretto quale preparazione di fondo, quindi si stendono a pennello due mani successive di tempera fine nei colori scelti dalla COMMITTENTE.

Sugli intonaci esterni si applica una pittura protettiva plastica, respirante, a base di resine insaponificabili e cristalli di quarzo, data in due mani di colore in ragione di Kg 1/m<sup>2</sup> previa mano di sottofondo impregnante indurente (esclusi prodotti formanti pellicole) in ragione di Kg 0,12/m<sup>2</sup> di prodotto puro.



**2.32. RIVESTIMENTO IN LASTRE DI PIETRA NATURALE**

Ove previsto nei disegni di progetto e secondo prescrizioni della D.L., l'APPALTATORE deve utilizzare rivestimenti costituiti da lastre di pietra, di forma irregolare, della natura della pietra locale; detti elementi, dello spessore minimo di 2÷3 cm, devono essere posti in opera con idonea malta. E' cura ed onere dell'APPALTATORE adottare qualsiasi magistero per la formazione di immorsature, spigoli, lesene e la sigillatura finale.

**2.33. ESECUZIONE DI TRACCE**

Ove richiesto dalla COMMITTENTE devono essere eseguite tracce su superfici murarie e/o su pavimentazioni esterne (marciapiedi): tali tracce devono avere andamento orizzontale e verticale e serviranno a contenere tubazioni e cavetterie.

Nell'esecuzione delle tracce non è ammesso l'uso dei martelli meccanici, se non espressamente approvato dalla D.L.

La sezione delle tracce di norma non deve superare quella strettamente necessaria alle tubazioni e cavetterie; maggiori rotture, comunque comprese nel prezzo delle tracce medesime, si realizzeranno in corrispondenza di scatole di derivazione, per apparecchi a terra, etc..

Le tracce devono essere successivamente chiuse mediante scaglie di laterizio e malta cementizia, evitando sempre l'impiego di gesso.

**2.34. ESECUZIONE CAVIDOTTI****2.34.1. Premessa**

Negli scavi appositamente eseguiti (già descritti nel precedente Art. "SCAVI/Scavi a sezione obbligata/Scavi per cavidotti") sia in sedi stradali che in terreno naturale, l'APPALTATORE deve provvedere alla posa in opera corde di terra di terra, degli eventuali (laddove i cavi non siano posti direttamente a contatto con il terreno) tubi guida dei cavi MT, BT e fibre ottiche e delle eventuali protezioni.

I cavidotti vanno realizzati secondo quanto previsto nei disegni di progetto, o disposto in loco dalla D.L., utilizzando i cavi in aggregazioni diverse onde costituire le varie tipologie di cavidotti necessari caso per caso.

**2.34.2. Esecuzione**

L'APPALTATORE per l'esecuzione dei cavidotti ha il compito di:

- realizzare lo scavo a sezione obbligata con profondità da p.c. e larghezza indicate nei disegni di progetto;
- predisporre l'idonea segnaletica regolamentare per la sicurezza del transito stradale, sia diurna che notturna nel caso di realizzazione di cavidotti in sede stradale;
- effettuare la posa in opera delle corde di terra, con le relative giunzioni, alloggiate in letti di sabbia/terra vegetale;

- effettuare la posa degli eventuali tubi guida in PVC corrugato o PEHD;
- rinterro parziale con sabbia vagliata;
- fornire e porre in opera le lastre in c.a.v. (o in materiale specificato negli elaborati progettuali) di protezione dei cavi laddove eventualmente previsto ed indicato negli elaborati progettuali;
- fornire e porre in opera il nastro di segnalazione (nastro monitore);
- eseguire il rinterro delle trincee: il volume dello scavo deve essere riempito con il materiale precedentemente scavato, con la prescrizione che, qualora il cavidotto percorra tracciati in aperta campagna, lo strato di riempimento a piano campagna deve essere, per uno spessore di almeno 30 cm, in terreno vegetale precedentemente accantonato nell'esecuzione degli scavi; un cippo di segnalazione deve essere posto a p.c. in corrispondenza di eventuali incroci di cavidotti, giunzioni, derivazioni;
- eseguire le connessioni per i cavi di terra alle armature dei plinti, ai collettori di terra, alle strutture metalliche;
- effettuare le prove eventualmente richieste dalla D.L. e/o previste dalle normative, atte a verificare la corretta esecuzione delle attività realizzate e del materiale impiegato;

I cavidotti, in funzione della quantità e tipologia dei cavi possono assumere le configurazioni riportate nei disegni tipici.

Nel disegno relativo al tracciato dei cavidotti viene indicato il tracciato di massima dei cavidotti e le sezioni tipiche che potrebbero assumere gli stessi nell'impianto in oggetto; tali indicazioni devono essere considerate come preliminari in quanto in sede di progetto esecutivo possono essere richieste configurazioni di cavidotti diverse da quelle indicate nel disegno ma comunque comprese tra quelle indicate nei disegni tipici.

Per motivi di ottimizzazione dei programmi delle attività di cantiere vi può essere la necessità di realizzare i cavidotti nella fase iniziale delle attività, prima dell'esecuzione dei plinti degli aereogeneratori, ai quali tali cavidotti devono essere collegati; in questo caso la realizzazione dei cavidotti deve avvenire in due stadi di seguito descritti.

#### Primo stadio (antecedente la costruzione di plinti degli aereogeneratori)

I cavidotti devono essere realizzati, come descritto in dettaglio nel seguito, fino ad una distanza di circa 30 m (o comunque dove indicato nei disegni di progetto esecutivo o dalla D.L.) dall'area di realizzazione dei plinti degli aereogeneratori. Nel punto di interruzione i tubi guida devono essere opportunamente raccolti e protetti in modo che i rotoli così formati non interferiscano con le attività di costruzione dei plinti ed i cavi non subiscano danneggiamenti.

La lunghezza dei tubi guida raccolti deve essere tale da raggiungere il centro del relativo fusto dell'aereogeneratore con una scorta di circa 5 metri.

#### Secondo stadio (dopo la costruzione dei plinti degli aereogeneratori)

I tubi guida raccolti in precedenza devono essere posti in opera, proseguendo i cavidotti già realizzati, fino a raggiungere la testa dei plinti.

Di seguito vengono descritte sinteticamente le caratteristiche di posa in opera dei tubi guida e della corda di terra; il progetto esecutivo che verrà consegnato all'APPALTATORE per la realizzazione delle opere esplicherà più in dettaglio i medesimi argomenti.

### **2.34.3. Posa tubi guida**

I tubi guida dei cavi elettrici devono essere posati negli scavi, secondo le tipologie previste nei disegni di progetto, alla profondità definita negli elaborati del progetto o secondo indicazioni impartite in loco dalla D.L.

Le disposizioni di massima dei tubi guida all'interno dei cunicoli in funzione della quantità e tipologia dei cavi richiesti sono indicate nelle configurazioni riportate nei già citati disegni tipici allegati.

Un nastro segnalatore od una rete, posti alle profondità indicate nelle sezioni, deve segnalare la presenza del cavidotto.

**L'imbocco delle tubazioni deve essere munito di idoneo dispositivo atto a evitare lesioni alla guaina del cavo.**

### **2.34.4. Posa cavi per conduttori di terra interrati**

Il conduttore di terra per la realizzazione dei dispersori di impianto deve essere posto in opera, laddove previsto ed indicato negli elaborati progettuali, secondo la tipologia prevista nei disegni di progetto, alla profondità definita negli elaborati del progetto o secondo indicazioni impartite in loco dalla D.L.

La corda deve essere interrata in uno strato di sabbia vagliata o terreno vegetale di spessore non inferiore a 30 cm circa ubicato in fondo allo scavo della trincea; a copertura del suddetto strato deve essere steso un primo strato di materiale precedentemente scavato dello spessore totale di 30÷40 cm, salvo diverse indicazioni riportate negli elaborati di progetto. Nel caso della rete di terra dell'impianto eolico, un nastro segnalatore od una rete, posti all'estradosso del primo strato di copertura del terreno vegetale o di sabbia vagliata e ad opportuna distanza dalla corda stessa, deve segnalarne la presenza.

Nel caso della maglia disperdente di sottostazione, la corda deve essere interrata ad una profondità di posa di circa 25 cm dal piano di sbancamento della sottostazione stessa.

## **2.35. TUBI GUIDA PER CANALIZZAZIONI ELETTRICHE**

### **2.35.1. Tubazioni in PEAD corrugati a doppia parete**

Se richiesti dalla D.L. devono essere impiegati tubi in Polietilene ad alta densità (PEAD), tipo Dielectrix FU 15 o equivalenti, con resistenza allo schiacciamento di 750 N (Normativa NF-USE-NFC 68-171) Certificato con Sorveglianza IMQ, con le seguenti caratteristiche:

- diametro esterno 40 mm, passo di corrugatura 7.04 mm +/- 1% ;
- dal diametro esterno 50 mm al 90 mm, passo di corrugatura 9.86 mm +/- 1%;

- dal diametro esterno 110 mm al 160 mm, passo di corrugatura 12.32 mm +/- 1%;
- per il diametro esterno 200 mm, passo di corrugatura 16.43 mm +/- 1%.

I colori dei tubi devono essere:

- verde: per condutture telefoniche,
- blu: per condutture a fibre ottiche,
- giallo: per condutture elettriche fuori terra (quindi con pericolo di urti accidentali),
- rosso: per condutture elettriche interrate.

Le condutture devono essere fornite in rotoli complete di manicotti di giunzione e di tirafilo per un rapido infilaggio dei conduttori.

### **2.35.2. Tubi protettivi flessibili "tipo corrugato"**

#### Caratteristiche

I tubi corrugati flessibili devono essere conformi alle Norme CEI EN 50086-2-2 e CEI EN 50086-2-4 (CEI 23-46) rispondenti alla "Classificazione" della resistenza all'urto - "Normale".

I tubi devono essere in polietilene ad alta densità per la struttura esterna e polietilene a bassa densità per la guaina interna.

Per diametri esterni  $d_{est} \leq 50$  mm è ammesso l'utilizzo di materiale termoplastico a base di PVC autoestinguento.

La struttura deve essere realizzata da un tubo esterno corrugato e guaina interna liscia priva di asperità.

Il raggio minimo di curvatura ammesso senza alterazioni delle caratteristiche meccaniche è pari a 5 volte il diametro esterno.

Nelle giunzioni devono essere garantite le caratteristiche di protezione meccanica dichiarate per il tubo.

I tubi devono essere confezionati in rotoli ciascuno dotato di manicotto di giunzione.

All'interno dei tubi deve essere posizionato un filo sonda per facilitare l'inserimento di una fune tiracavo.

I tubi devono essere provvisti di marcatura, applicata su una etichetta apposta alle due estremità del tubo, riportante il materiale impiegato, sigla costruttore, anno fabbricazione, sigla CEI EN 50086-2-2, CEI EN 50086-2-4/ tipo "N".

### **2.36. TUBI P.V.C. INSERITI IN OPERE DI CALCESTRUZZO**

Devono essere impiegati tubi corrugati in PVC (tipo 300 - UNI 7443 e succ. modifiche) con giunti saldati a mastice, nei vari diametri e con spessore standard, dotati di apposita certificazione sia sul tipo di materiale che sui metodi di impiego.

I suddetti tubi devono essere scelti con dimensione interna maggiore o uguale a quanto indicato sui disegni ed in accordo con la D.L..

I tubi devono essere forniti ed inseriti, prima dei getti, nelle opere di calcestruzzo semplice ed armato (cordoli, briglie, muri, etc.) in qualunque forma e dimensione, con le pendenze e le altre prescrizioni di progetto o definite in loco dalla D.L.;

durante la posa in opera dei suddetti tubi, i raggi di curvatura devono rispettare le prescrizioni del costruttore e le modalità di posa dei cavi da contenere; detti raggi di curvatura, non devono comunque essere inferiori a 5 volte il diametro della tubazione stessa o secondo quanto specificato negli elaborati progettuali.

Per la loro giunzione, devono essere utilizzati esclusivamente i giunti previsti dalla ditta produttrice.

**2.37. TUBI P.V.C. O PEAD PREFORATI**

I tubi per la realizzazione dei drenaggi in PVC o PEAD, devono essere a sezione circolare, corrugata, flessibile e microfessurata, rivestita con filtro geotessile di tessuto non tessuto del peso di 150 g/mq, con diametro minimo di 200 mm.

Devono essere impiegati tubi nei vari diametri e con spessore standard, dotati di apposita certificazione sia sul tipo di materiale che sui metodi di impiego.

I suddetti tubi devono essere scelti con dimensione interna maggiore o uguale a quanto indicato sui disegni ed in accordo con la D.L..

I tubi devono essere forniti ed inseriti, nei drenaggi in qualunque forma e dimensione, con le pendenze e le altre prescrizioni di progetto o definite in loco dalla D.L..

Per la loro giunzione, devono essere utilizzati esclusivamente i giunti previsti dalla ditta produttrice.

**2.38. POZZETTI**

E' prevista la realizzazione di pozzetti in calcestruzzo, sia da gettare in opera che del tipo prefabbricato, da utilizzare per fognature, per canalizzazioni elettriche e idrauliche, per ispezione di dispersori di terra, etc., secondo i disegni di progetto e le disposizioni impartite in loco dalla D.L.; la loro profondità è legata a quella delle relative canalizzazioni e, qualora ubicati in terreni agricoli, devono sporgere di circa 40 cm per impedire il transito su di essi di macchine agricole.

Può essere richiesto, oltre alla esecuzione del pozzetto e relativa copertura attrezzata, il solo completamento di pozzetti esistenti fino alla quota definitiva del piano campagna mediante rialzamento delle pareti ed installazione di chiusini, griglie, lastre di copertura, oppure la esecuzione parziale di pozzetti ed in questo caso si deve provvedere all'apposizione di chiusure provvisorie atte comunque ad evitare danni ed infortuni.

**2.38.1. Pozzetti realizzati in opera**

Debbono essere costruiti in calcestruzzo con classe di resistenza minima  $R_{ck}$  25 N/mm<sup>2</sup>, con pareti di spessore 15 o 20 cm, con fondo in calcestruzzo di tipo e spessore pari alle pareti o con fondo drenante costituito da cm 25 ÷ 30 di ciottoli di fiume o di cava, con armatura in Fe B 38 K nel cordolo portataleio.

Debbono avere dimensioni nette interne di cm 50x50, 70x70, 80x80, 100x100 con lunghezza variabile, secondo disegni di progetto. Lo spessore delle pareti e del fondo è previsto di 20 cm solo per i pozzetti con dimensioni interne superiori a 80x80 cm.

**2.38.2. Pozzetti prefabbricati**

Debbono essere forniti e posti in opera pozzetti in c.a.v. di dimensioni nette interne da cm 40x40 a cm 100x100, compatibilmente con le disposizioni previste nei disegni di progetto o quelle impartite dalla D.L., sia del tipo ad elemento unico con profondità standard e sia del tipo ad anelli.

I pozzetti debbono essere provvisti di lapidino in c.a.v. con relativo chiusino e debbono essere allettati su sottofondo in calcestruzzo con classe di resistenza minima  $R_{ck}$  20 N/mm<sup>2</sup> dello spessore minimo di 10 cm. I pozzetti con dimensioni interne maggiori di 50x50 cm debbono avere spessore delle pareti non inferiore a 10 cm. I pozzetti prefabbricati vengono generalmente impiegati in zone non carrabili sia per la raccolta e il raccordo di pluviali, sia per scarichi civili, sia per la derivazione ed il raccordo delle vie cavi.

**2.39. CHIUSINI E GRIGLIE PER POZZETTI**

Debbono essere forniti e posti in opera, secondo progetto chiusini e griglie in ghisa del tipo unificato e conforme alle normative vigenti. I chiusini debbono avere coperchio antisdrucchiabile con nervature portanti, piani di chiusura rettificati, telaio bullonato smontabile, ed essere adatti al carico di transito di 6 ton. per asse; debbono essere dati in opera, completi di verniciatura con due mani di vernice bituminosa nera. I chiusini debbono avere dimensioni tali da poter essere posti

direttamente sulle pareti sia dei pozzetti aventi dimensioni interne di cm 50x50 sia di quelli aventi dimensioni interne di cm 70x70; per pozzetti con dimensioni interne superiori la posa dei chiusini richiede l'esecuzione di apposito cordolo in calcestruzzo armato solidale con le pareti. I chiusini in ghisa per pozzetti con dimensioni interne cm 70 x 70 possono pure essere richiesti nella versione ermetica tipo Lamperti. Infine possono essere richiesti chiusini prefabbricati in cemento armato vibrato (spessore minimo 10 cm) per pozzetti ubicati fuori delle aree di transito pesante (autocarri).

L'APPALTATORE deve farsi approvare dalla D.L. il tipo e relativo peso di ciascun elemento in ghisa che intende porre in opera, pena la rimozione e la sostituzione dei manufatti.

Nell'effettuare la posa in opera dei telai metallici si deve aver cura di collegare gli stessi al cordolo in c.a. dei pozzetti e di mantenerne la parte superiore allo stesso livello del piano finito della strada o del piazzale, come risulta dai particolari dei disegni di progetto.

#### **2.40. IMPIANTO DI TERRA AEROGENERATORI E STAZIONE**

Per "impianto di terra di protezione e funzionamento" si intende quell'insieme di conduttori di terra ai quali è affidato il compito di disperdere corrente verso terra; esso viene realizzato in conformità alla Normativa vigente ed agli elaborati di progetto e configurazioni standard progettuale del Fornitore.

La messa a terra di protezione e funzionamento ha il compito di:

- a) limitare eventuali tensioni su quelle parti di impianto elettrico (motori, quadri elettrici, apparecchiature elettriche, etc.) o su strutture metalliche (carpenterie, conduit, passerelle, etc) che di norma non sono in tensione ma che potrebbero essere messe in tensione fortuitamente a causa di eventi o guasti;
- b) dare la possibilità di funzionamento regolare e sicuro al sistema impianti elettrici e ad altre parti di impianto, collegando al conduttore di terra punti determinati di circuiti elettrici e/o apparecchiature.

Lo sviluppo di dettaglio dell'impianto di terra viene definito nella documentazione di progetto esecutivo.

Le attività di necessarie alla realizzazione dell'impianto di terra sono essenzialmente costituite da:

##### **2.40.1. Maglia di terra di sottostazione:**

realizzazione di impianto di terra costituito da una rete magliata in corda di rame nudo interrata, secondo gli elaborati di progetto, mediante la giunzione con morsetti a compressione adatti allo scopo per la realizzazione della geometria richiesta. La maglia sarà inoltre composta delle diramazioni della corda per le connessioni a terra delle singole apparecchiature elettriche presenti nell'area di stazione, oltre che la messa a terra del locale quadri, dell'impianto di illuminazione e degli altri impianti tecnologici presenti nell'area stessa. Sarà a cura dell'APPALTATORE la fornitura e la posa in opera di tutto quanto necessario (conduttori, morsettiera, collettori di terra, piastre, dispersori verticali, ecc.) per l'esecuzione della maglia a regola d'arte (CEI 11-1).

**2.40.2. Maglia di terra di aerogeneratore/torre anemometrica:**

realizzazione di dispersore intenzionale di terra costituito da più anelli di corda di rame nuda interrata, secondo la sezione tipica di interramento contenuta nei disegni di progetto, che circoscrivono la torre di ciascun aerogeneratore e (dove richiesto) la/e torre anemometrica; gli anelli devono essere interconnessi in più punti con la struttura metallica della torre stessa; sarà compresa nella realizzazione la posa in opera dei necessari collettori di terra.

**2.40.3. Rete di terra dell'impianto eolico:**

- realizzazione di dispersore lineare di terra costituito dal collegamento fra gli anelli di terra dei singoli aerogeneratori, laddove viene richiesto nel progetto esecutivo; detto collegamento deve essere realizzato in corda di rame nuda interrata secondo le possibili sezioni di scavo e relative modalità di posa descritte al precedente articolo "ESECUZIONE CAVIDOTTI";
- giunzioni di collegamento nei punti indicati nel disegno di progetto esecutivo; detto collegamento deve essere realizzato in corda di rame nuda interrata secondo la sezione tipica di interramento della corda di terra;
- 

**2.40.4. Fornitura e posa dei materiali**

L'APPALTATORE deve fornire e porre in opera tutti i materiali necessari alla realizzazione di quanto descritto al punto precedente, e tipicamente:

- fornitura e posa in opera di corda di rame nuda avente le seguenti caratteristiche:
  - Materiale: rame elettrolitico CU-ETP 99.9%
  - Stato superficiale: nudo
  - Stato fisico: crudo o ricotto
  - Tolleranza: secondo norme CEI 7-1
  - Sezione: da 50 a 120 mm<sup>2</sup>
- fornitura e posa in opera di collettori di terra costituiti tipicamente da piastre di rame opportunamente forate e fissate alla base alla quale devono essere collegati tutti i conduttori per la messa a terra delle masse e delle masse estranee presenti sull'impianto;
- fornitura e posa in opera degli accessori (morsetti a compressione, morsetti a pettine, bulloni a fissaggio in acciaio inox, capicorda a compressione, viterie, etc) necessari per eseguire le terminazioni e le giunzioni.

Eventuali deviazioni dai materiali sopra elencati saranno esplicitate sugli elaborati progettuali.

**2.40.5. Interramento della corda di terra**

L'APPALTATORE deve posare la corda di terra secondo quanto indicato all'articolo "ESECUZIONE CAVIDOTTI/ Posa cavi per conduttori di terra interrati".



#### **2.40.6. Ampliamento impianto di terra esistente**

Nel caso in cui l'impianto eolico sia un ampliamento di uno esistente, l'impianto di terra deve essere realizzato ex novo solo per i tratti eccedenti rispetto a quello esistente. Tutte quelle macchine (evidenziate nei disegni esecutivi) che insistono sul vecchio impianto di terra, devono essere a questo interconnesse. L'interconnessione deve essere realizzata, partendo dall'anello perimetrale posto intorno all'aerogeneratore considerato, collegandosi in due punti alla corda di terra esistente mediante:

- posa in opera all'interno della sezione di scavo congiuntamente ai tubi guida dei cavi MT, BT e fibre ottiche (secondo le sezioni indicate a progetto);
- posa in opera all'interno di sezioni di scavo appositamente realizzate per la sola corda di terra.

In corrispondenza dell'incrocio con il vecchio cavidotto, contestualmente allo scavo per gli attraversamenti di cui al precedente Articolo "SCAVI/Scavi a sezione obbligata/Scavi per cavidotti/Attraversamento cavidotti esistenti", l'APPALTATORE deve provvedere al reperimento della corda di terra esistente ed al collegamento elettrico, tramite morsetti a compressione, tra questa e le corde provenienti dai nuovi aerogeneratori.

#### **2.41. CORDOLI E ZANELLE**

Ove previsto nei disegni di progetto debbono essere forniti e posti in opera cordoli e/o zanelle alla francese in elementi prefabbricati di calcestruzzo vibrocompresso. I cordoli debbono avere dimensioni di cm 15x25, e debbono essere posti in opera in elementi di ml. 1 di lunghezza per i tratti rettilinei, ed in segmenti di minor lunghezza per la formazione di curve; debbono essere allettati su letto di cls. con classe di resistenza minima  $R_{ck}$  20 N/mm<sup>2</sup> e stuccati con malta cementizia; tali cordoli debbono sporgere fuori dal piano stradale finito di 5 – 10 cm circa. Le zanelle alla francese, a semplice o doppia pendenza, possono avere larghezza da cm 25 a cm 50 secondo necessità, lo spessore minimo deve comunque non essere inferiore ad 6 cm e la lunghezza per tratte rettilinee deve essere di 1 m; anche le zanelle debbono essere poste in opera allettate su calcestruzzo con classe di resistenza minima  $R_{ck}$  20 N/mm<sup>2</sup> e debbono essere perfettamente stuccate nei giunti perimetrali con malta cementizia onde evitare infiltrazioni d'acqua; ove necessario debbono pure essere posizionate con pendenza verso i pozzetti di raccolta acque.

#### **2.42. RECINZIONI, CANCELLI, DELIMITAZIONI**

##### **2.42.1. Recinzione definitiva**

La recinzione di tipo definitivo deve essere realizzata, su basette di cls. con classe di resistenza minima  $R_{ck}$  25 N/mm<sup>2</sup>, con montanti in ferro a T del tipo UNI 5785-66 delle dimensioni di 60x60x7 mm (peso Kg/ml 6,23) ed altezza m 2,50, provvisti di n°3 fori e di testa a punta di lancia; i montanti debbono essere murati per almeno 30 cm nelle basette in cls ed essere posti ad un interasse di m 2,50.

Se finalizzata alla perimetrazione di un fondo chiuso l'altezza della recinzione dal piano di campagna deve in ogni punto risultare non minore di 2 m, se finalizzata ad altro uso l'altezza può essere ridotta ad 1,5 m dal piano di campagna.

I profilati debbono essere del tipo zincato a caldo secondo le prescrizioni delle Norme CEI 7 - 6 Ediz. VII 1968 fasc. 239 e verniciati in opera con 1 mano di fondo epossiammidico dello spessore di 50 micron e una mano di finitura poliuretanica da 40 micron di colore verde. La COMMITTENTE si riserva di far effettuare all'APPALTATORE le prove di qualità previste dalle stesse Norme su alcuni profilati.

Deve essere quindi posta in opera una rete plastificata tipo Plasitor 50 della Ditta BEKAERT o similare, colore verde, a maglia sciolta di 50 x 50 mm, formata da filo di ferro zincato plastificato di diametro di almeno 2,7mm, tesata con taglie e fissata a tre fili zincati plastificati, di 3 mm. di diametro, tesati con tenditori. In corrispondenza delle interruzioni la rete deve terminare con un tondo in acciaio inox inserito nelle maglie per tutta l'altezza della rete e fissato al montante con bulloni ad occhio pure in acciaio inox.

In alternativa ai montanti metallici, ove richiesto dalla COMMITTENTE, la recinzione può essere realizzata con pali in c.a.v. delle dimensioni di 10x10 cm circa alla base e di cm 7x8 in testa, con altezza m 2,50; i pali debbono essere infissi per almeno 30 cm nel terreno ed essere posti ad un interasse non superiore a m 2,50; i pali terminali e quelli di angolo devono essere completi di puntone laterale sempre in c.a.v. delle dimensioni di circa 9x9 cm e dell'altezza di m. 2.20.

Se richiesto dalla D.L., in localizzazione ove sia necessario interromperne la continuità elettrica, la recinzione deve essere interrotta ogni 20 m di tratta rettilinea ed in ogni angolo orizzontale, con doppi montanti distanziati di cm 10, entrambi muniti di puntoni.

#### **2.42.2. Recinzione di delimitazione in rete**

Va realizzata con paletti di legno duro con diametro 10 cm ed altezza m 1,35 -di cui almeno m 0,30 infissi nel terreno- posti ad interasse di m 2,50; fra i paletti deve essere tesata una rete di acciaio zincato tipo Ursus Leger della Ditta BEKAERT o similare (da pecore) dell'altezza di m 1,02, formata da otto fili orizzontali degradanti da 10 a 20 cm di interasse, con fili verticali equidistanti, del peso complessivo di kg. 0,444/ ml. Ove richiesto dalla COMMITTENTE debbono essere pure realizzati dei cancelli in legno e rete di acciaio c.s., ad ante di larghezza 2, ÷3,5 m ed altezza 1 m.

#### **2.42.3. Recinzione di delimitazione in filo spinato**

Va realizzata con paletti di legno duro decorticati posti ad interasse di m 2,50 collegati da più ordini di filo di ferro spinato zincato (composto da 2 fili del diametro 1,7 mm, del peso non inferiore a 5 Kg/100 m) tipo Motto della Ditta BEKAERT o similare, disposti orizzontalmente ad interasse di 30÷35 e solidarizzati ai paletti mediante appositi chiodi ad U in acciaio zincato; inoltre ogni filo orizzontale deve essere avvolto attorno al paletto ogni 5 m ; per le recinzioni di altezza 1,5 m o superiore devono essere apposti anche 2 fili di ferro spinato diagonali per ogni campata , unenti la testa di ogni paletto con la base dei due adiacenti.

Il paletti in legno deve avere diametro non minore di 10 cm per recinzioni di altezza 1 m , non minore di 13 cm per recinzioni di altezza 1,5 m e non minore di 15÷17

cm per recinzioni di altezza 2 m ; le lunghezze dei paletti devono essere tali da consentirne l'infissione nel terreno per almeno 30 cm nelle recinzioni alte 1 m e per almeno 50 cm in quelle alte 2 m.

Ove richiesto dalla COMMITTENTE debbono essere pure realizzati dei cancelli in legno e filo spinato c.s., ad ante di larghezza 2÷3 m ed altezza eguale alla recinzione.

#### **2.42.4. Recinzione di delimitazione in rete e filo spinato**

Va realizzata con paletti di legno duro decorticati con diametro 15÷17 cm ed altezza m 2,55 -di cui almeno m 0,50 infissi nel terreno- posti ad interasse di m 2,50; fra i paletti deve essere tesata una rete di acciaio- come sopra descritta, dell'altezza di m 1,02, sormontata da 2 o 4 ordini di filo di ferro spinato -come sopra descritto- per costituire rispettivamente recinzione di altezza 1,5 o 2 m.

Ove richiesto dalla COMMITTENTE debbono essere pure realizzati dei cancelli in legno, rete e filo spinato c.s., ad ante di larghezza 2÷3 m ed altezza eguale alla recinzione.

#### **2.42.5. Cancelli metallici**

Per l'accesso entro aree delimitate da recinzioni di tipo definitivo devono essere posizionati dei cancelli realizzati in profilati di acciaio -assieme per elettrosaldatura- verniciato (come da Ciclo 2 del precedente Articolo TRATTAMENTO PROTETTIVO DEI MANUFATTI IN ACCIAIO) e rete plastificata. Ogni cancello è costituito da due ante a bandiera di altezza 2 m e di larghezza da 2 a 3 m, completo di paletto di fermo centrale e chiusura a lucchetto.

In alternativa alla tipologia sopra descritta, ove richiesto dalla D.L., i cancelli possono essere realizzati in profilati scatolari di acciaio, assieme per elettrosaldatura e successivamente zincati a caldo, con tamponamento delle ante in pannelli grigliati elettrofusi di acciaio zincato (a maglia quadrata di 60 x 60 mm ca costituita da piatti verticali di 25 x 3 mm collegati orizzontalmente da tondi del diametro 5 mm) solidarizzati al telaio mediante bulloneria inamovibile.

In ogni caso le cerniere debbono essere in acciaio inox e vanno opportunamente applicate ai pilastri di sostegno (in c.a. o in acciaio).

#### **2.42.6. Staccionate in legno**

Ove indicato in progetto o richiesto dalla D.L. debbono essere realizzate delle staccionate in legno per la delimitazione di piazzole, di strade e di altre aree non segregate e quindi oggetto di fruizione, sia pianeggianti che acclivi, con varie disposizioni planimetriche; tali staccionate debbono quindi assolvere sia alla funzione di protezione per persone ed animali, sia alla funzione di riqualificazione architettonica e paesaggistica dell'area su cui vengono installate, per tali motivi si richiama l'attenzione dell'APPALTATORE sulla cura che è necessario porre nella realizzazione dei manufatti in discorso.

La staccionata deve essere costituita da paletti in legno duro (castagno ad altra essenza adatta allo scopo) decorticati, con diametro 10 cm ca ed altezza m 1,30 -di cui almeno m 0,30 infissi nel terreno- posti ad interasse di m 1,50; fra paletti

contigui devono essere apposte una traversa orizzontale e due diagonali incrociate, in pali di identico legno e con diametro 7÷8 cm ca, solidarizzate ai montanti verticali mediante tre chiodi in acciaio zincato per ciascuna estremità di ogni elemento suddetto, previ tagli ed intagli atti a rendere stabile il manufatto ed a limitarne la discontinuità.

#### **2.42.7. Recinzione definitiva area sottostazione**

La recinzione di tipo definitivo deve essere realizzata, su un fondo di calcestruzzo di resistenza minima Rck 15 N/mm<sup>2</sup> (magrone) con impianto fondiario di cls. con classe di resistenza minima Rck 25 N/mm<sup>2</sup>, conforme a quanto prescritto ai punti 2.15, 2.16, 2.17, 2.19. Per quanto concerne le dimensioni si farà riferimento agli elaborati progettuali dedicati. Solidamente alla struttura di fondazione verranno posti in opera, annegandoli nella struttura, pilastri prefabbricati per recinzione in cls (cls o acciaio?). delle dimensioni h=1,20 m e interasse 22 cm.

Ove richiesto si provvederà alla fornitura e montaggio di cancelli di ingresso carrabile scorrevoli su guide. Le qualità, la natura e le dimensioni delle cancellate saranno oggetto di apposite tavole progettuali. A ciascun lato delle cancellate verranno gettati in opera due pilastri in cls. armato atti a sostenere le guide superiori e con valenza di demarcazione del varco carrabile.

#### **2.43. OPERE DI RACCOLTA E CONVOGLIAMENTO ACQUE METEORICHE**

I canali di gronda, converse e scossaline, saranno montate in opera, secondo le disposizioni degli elaborati progettuali e comunque in accordo con le indicazioni della D.L., saranno compresi i pezzi speciali, le cicogne di sostegno per gli elementi orizzontali e verticali (con supporto di ancoraggio) ed ogni altro onere per dare l'opera finita a regola d'arte comprese. Potranno essere in acciaio zincato, spessore 6/10, oppure in rame.

#### **2.44. REGIMAZIONE ACQUE DI SUPERFICIE**

Ove previsto dai disegni di progetto ed ovunque richiesto dalla D.L., in qualsiasi fase del programma lavori, debbono essere realizzate opere di regimazione e canalizzazione delle acque di superficie, atte a prevenire i danni provocati dal ruscellamento delle acque piovane ed a canalizzare le medesime verso i compluvi naturali.

##### **2.44.1. Cunette**

Le cunette sono realizzate in terra, a sagoma trapezia, con materiale anche argilloso, mediante opere di scavo e/o profilatura comunque eseguite, secondo le dimensioni e le pendenze di progetto, fino al raccordo con l'opera di presa. I fossi di guardia sono assimilati alle cunette.

##### **2.44.2. Canalette**

Trapezoidali (Tipo ANAS)

In calcestruzzo vibrato prefabbricato, di forma trapezoidale ad incastro (dimensioni cm 54x42–33x13–16); esse possono essere posizionate in opera:

- a) direttamente sul terreno, mediante solcatura della superficie di posa, allettamento e rinfiacco in terreno vegetale;
- b) su letto di calcestruzzo magro "a fresco" dello spessore di 8–10 cm , mediante solcatura della superficie di posa, rinfiacco pure in calcestruzzo.

#### Semicircolari

Costituite da elementi prefabbricati semicircolari in calcestruzzo vibrato delle dimensioni di metà tubo  $\varnothing$  200–300 mm posti su letto di calcestruzzo magro "a fresco" dello spessore di 8–10 cm , mediante solcatura della superficie di posa e rinfiacco pure in calcestruzzo.

In ogni caso i bordi superiori delle canalette debbono risultare al pari della superficie finita sulla quale si trovano, di qualunque natura essa sia.

#### In scapoli di pietra

Costituite da elementi di pietra locale di colore bruno o simile al terreno naturale, con dimensioni minime di 15 cm, cementati e posti su letto di calcestruzzo magro "a fresco" dello spessore di 8–10 cm , mediante solcatura della superficie di posa a formare una canaletta tipo semicircolare di larghezza utile interna in pianta di 50 cm.

In ogni caso i bordi superiori delle canalette debbono risultare al pari della superficie finita sulla quale si trovano, di qualunque natura essa sia.

### **2.44.3. Canali semicircolari**

Per la raccolta, il convogliamento e l'allontanamento delle acque meteoriche sono previste in progetto, o vengono richieste dalla D.L., delle canalizzazioni costituite da elementi prefabbricati semicircolari in calcestruzzo vibrato delle dimensioni di metà tubo  $\varnothing$  300÷500 mm; detto elemento semicircolare viene posto in opera - entro apposito scavo - su letto e rinfiacco di calcestruzzo con classe di resistenza minima  $R_{ck}$  20 N/mm<sup>2</sup> dello spessore di 15 cm; la superficie esterna dei rinfiacci deve essere rettilinea e lisciata a fresco alla quota del bordo del semitubo; il canale, allorché realizzato sul piano di campagna, deve essere rinfiacciato con terreno vegetale.

### **2.44.4. Canali trapezi**

Per fossi di guardia e/o per convogliamento delle acque verso i fossi naturali può essere richiesta l'esecuzione di canalizzazioni costituite da elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrato a sezione trapezoidale delle dimensioni esterne medie di cm 55x55 e lunghezza 80 – 100 cm, del tipo ad incastro, da porre in opera - entro apposito scavo - su letto di sabbia o di magrone, con rinfiacco in terreno vegetale e stuccatura dei giunti interni.

### **2.44.5. Attraversamenti stradali**

Gli attraversamenti stradali possono essere realizzati, salvo diverse indicazioni riportate negli elaborati del progetto esecutivo e disposizioni impartite dalla D.L., con tubazioni di opportuno diametro in calcestruzzo centrifugato o in lamiera ondulata in

acciaio inglobati in un getto di calcestruzzo Classe 200 o in materiale arido costipato proveniente dagli scavi.

#### 2.44.5.1. Attraversamenti stradali con grigliato

I grigliati stradali, qualora non in contrasto con gli elaborati progettuali o con le prescrizioni fornite dalla D.L. sono costituiti da una canale di calcestruzzo della con classe di resistenza minima  $R_{ck}$  25 N/mm<sup>2</sup>, con larghezza interna cm 50 e profondità max cm 60, armata in Fe B 38 K come da disegni di progetto. Le pareti ed il fondo hanno spessore cm 20, il fondo ha pendenza 1% verso lo scarico, salvo diverse indicazioni riportate sugli elaborati progettuali o impartite dalla D.L.

Il manufatto deve essere dato completo di controtelaio zancato in angolare di opportune dimensioni (di norma 100x65x7 mm) in acciaio, ove trova sede la griglia di copertura. Ove occorrente, alle estremità della canale debbono essere realizzati i pozzetti pure in c.a., gettati in opera o prefabbricati, delle dimensioni interne 50x50xprof.80 cm, completi di lastre di copertura in c.a. e svani trapezoidali di raccordo alle cunette.

**2.45. PALI PER ILLUMINAZIONE ESTERNA**

Ove previsto dai disegni di progetto debbono essere realizzate opere atte all'illuminazione degli spazi esterni della sottostazione di trasformazione. Pertanto si procederà con la fornitura e la posa in opera di pali in lamiera o prefabbricati in c.a., comunque previa approvazione da parte della D.L. successiva all'analisi delle specifiche tecniche, di altezza rispetto al piano strada non inferiore ai 7m. I manufatti saranno provvisti di fondazione in c. a. Rck 25 N/mm<sup>2</sup>, su sottofondazione in cls. Rck 15 N/mm<sup>2</sup> (magrone). Il palo verrà posizionato all'interno della cavità ricavata nella fondazione per una profondità di 90 cm., lo spazio eccedente dovrà essere riempito con sabbia per 70 cm., per assicurare il corretto posizionamento dell'elemento verticale, e completato con un collare di cls per i restanti 20 cm. A lato di ciascun palo sarà prevista la realizzazione di un pozzetto, con copertura rimovibile per ispezioni, gettato in opera oppure prefabbricato (previa approvazione della tipologia da parte della D.L.) dove andranno inseriti i cavi provenienti dal palo.

**2.46. CONSOLIDAMENTO AREE IN PENDIO**

Per opere di consolidamento di aree in pendio, se non altrimenti specificato nei disegni di progetto e qualora ritenuto necessario dalla D.L., l'APPALTATORE deve far ricorso all'utilizzo di georeti o al metodo delle viminate e fascinate.

**2.46.1. Georeti**

Sono costituite da stuoie dello spessore da 10 a 25 mm realizzate mediante la sovrapposizione di piu' griglie in polipropilene estruso (tipo Enkzmat della ditta AKZO, Multimat della ditta TENAX o similari). Dette stuoie, che devono essere poste in opera su un substrato livellato costituito da un terreno fertile, libero da massi, ceppi d'albero ecc.; devono essere posate con sovrapposizione in favore di corrente ed il loro ancoraggio alla sommità' ed al piede del pendio deve essere eseguito mediante la realizzazione di una trincea ed assicurato lungo tutti i lati da appositi picchetti in ferro uncinati (Ø 6 mm) infissi nel terreno per circa 50 cm; nei punti ove la rete non risulti a contatto con il substrato, questa deve essere fissata con dei picchetti aggiuntivi. Infine del essere eseguita l'operazione di riempimento delle stuoie e delle trincee con terra vegetale preventivamente concimata ed idonea alla semina.

**2.46.2. Vimate-Fascinate**

Per opere di consolidamento di vaste aree in pendio, su richiesta della D.L., l'APPALTATORE deve far ricorso al sistema delle fascinate o vimate le quali sono realizzate con sviluppo lungo le curve di livello del terreno (isoipse). Esse sono costituite da picchetti di sostegno, diametro 60-80 mm e lunghezza fuori terra 25-30 cm, i quali vengono infissi nel terreno per circa 60 cm ad interasse di circa 50 cm; detti picchetti costituiscono sostegno per le fascinate/vimate realizzate mediante intreccio, attorno ai picchetti medesimi, di fascine o rami vivi poco ramificati della lunghezza di almeno 150 cm. La parte retrostante la fascinata/viminata, immediatamente a monte di questa, viene riempita con terra vegetale preventivamente concimata ed idonea per la successiva piantumazione

delle essenze arboree. Detta terra di coltura deve essere reperita a cura dell'APPALTATORE ed essere selezionata prima del trasporto a piè d'opera affinché risulti già priva di radici, sassi, erbe infestanti e cotiche erbose e deve essere trattata con concime organico del tipo e nella quantità approvati dalla D.L. L'opera così realizzata deve consentire la piantumazione a tergo di essenze arboree autoctone caratterizzate da apparato radicale capace di agire a sostegno del terreno (ad esempio robinie, ontani ecc.).

### **2.46.3. Briglie in pali di castagno**

Negli interventi di regimazione, di rettifica e di regolarizzazione di esistenti corsi d'acqua può essere richiesta la realizzazione di briglie in pali di castagno le quali, con funzione di sbarramento e di risalto, vengono disposte trasversalmente all'asse di deflusso delle acque e costituiscono valido presidio contro l'erosione delle sponde e degli alvei dei fossi, contribuendo a regimare la velocità delle acque. Dette briglie vengono costituite mediante pali in castagno, del diametro da 15 a 25 cm e lunghezza massima fuori terra di 100 cm, i quali debbono venire infissi nel terreno con opportuna profondità (almeno 150 cm) ad interasse di circa 100 cm. Detti pali costituiscono sostegno per la formazione dei diaframmi orizzontali i quali vengono realizzati mediante traversi in castagno, del diametro di 8–10 cm, disposti a tergo con continuità in senso verticale- tra un palo e l'altro e legati a questi, oltreché tra loro, mediante filo di ferro zincato del diametro di 2,5 mm. La lunghezza minima di detti traversi deve essere di almeno 250 cm; ogni briglia in legno come sopra realizzata deve intestarsi infissa in ognuna delle due sponde del corso d'acqua per almeno 1 metro oltre la sagoma del terreno rimodellato. Qualora se ne rilevi la necessità i pali infissi per il sostegno della briglia possono essere coadiuvati da puntoni obliqui, pure in pali di castagno dello stesso diametro, intestati opportunamente nelle sponde a valle della briglia. La parte retrostante la briglia (a monte) deve essere riempita con scapoli in pietrame assestati a mano, con ciottoli di fiume e con ghiaia opportunamente assortiti, fino alla soglia di stramazzo della briglia stessa.

### **2.46.4. Sponde di fossi in pali di castagno**

Negli interventi di regimazione, di rettifica e di regolarizzazione di esistenti corsi d'acqua può essere richiesta la realizzazione di tratte di sponda di fosso mediante graticciati in pali di castagno; questi hanno la funzione di contenimento del terreno di sponda, vengono disposti parallelamente all'asse di deflusso delle acque e costituiscono valido presidio contro l'erosione delle sponde e contro il conseguente scalzamento al piede dei pendii soprastanti. Detti graticciati vengono costituiti mediante pali in castagno, del diametro da 15 a 25 cm e lunghezza massima fuori terra di 100 cm, i quali debbono venire infissi nel terreno con opportuna profondità (almeno 150 cm) ad interasse di circa 100 cm. Detti pali costituiscono sostegno per la formazione dei diaframmi longitudinali di sponda i quali vengono realizzati pure mediante pali in castagno, del diametro di 8–10 cm, disposti a tergo dei pali infissi e legati a questi, oltreché tra loro, mediante filo di ferro zincato del diametro di 2,5 mm. Questi pali longitudinali debbono essere sovrapposti con continuità per tutta l'altezza fuori-terra dei pali verticali, la loro lunghezza minima deve essere di almeno 250 cm. Ogni tratta di sponda come sopra realizzata deve essere opportunamente puntonata mediante pali obliqui intestati nel terreno e, ove necessario, deve essere



tirantata collegando mediante filo di ferro zincato del  $\varnothing$  4 mm- le teste dei pali verticali ad appositi picchetti metallici infissi nel terreno ad opportuna distanza dal fosso. La parte retrostante il graticciato (a monte) deve essere riempita con scapoli in pietrame assestati a mano, con ciottoli di fiume e con ghiaia opportunamente assortiti, fino alla soglia della briglia stessa.

#### **2.46.5. Protezioni spondali in legno e talee**

Negli interventi di sistemazione e rinaturalizzazione di sponde di fossi può essere richiesta la realizzazione di palizzate vive di protezione e consolidamento costituite da pali in larice o castagno del diametro di 10÷25 cm posti alternativamente in senso longitudinale (elementi di lunghezza 4 m) ed in senso trasversale (elementi di lunghezza 1,5 ÷ 2 m) a formare un castello in legname, fissati tra loro con chiodi di ferro e tondini in acciaio; il castello deve essere via via interrato con una pendenza del 10÷15% verso monte e con il paramento in pendenza del 30÷50% pure verso monte per garantire la miglior crescita delle piante; l'intera struttura deve essere riempita con le terre provenienti dallo scavo, negli interstizi tra i pali orizzontali vanno collocate talee legnose di salici, tamerici od altre specie adatte alla riproduzione vegetativa, nonché piante radicate di specie arbustive pioniere; rami e piante debbono sporgere per almeno 25 cm dalla palizzata ed arrivare fino al terreno naturale.

L'altezza delle palizzate non supera generalmente il metro fuori terra, nel senso longitudinale -parallelo al letto del fosso- la lunghezza è variabile mentre l'altezza è generalmente decrescente in modo da raccordarsi gradatamente con la morfologia del terreno; spesso le palizzate si susseguono lungo il fosso in più riprese.

#### **2.46.6. Protezioni di pendio in legno e talee**

Negli interventi di sistemazione e rinaturalizzazione di pendii naturali od ottenuti da interventi di riprofilatura può essere richiesta la realizzazione di palizzate vive di protezione e consolidamento costituite da pali singoli in larice o castagno del diametro di 20÷25 cm posti in senso longitudinale (elementi con lunghezza di almeno 4 m) secondo le isoipse del terreno, trattenuti in posizione da puntoni infissi nel terreno con direzione pressoché ortogonale allo stesso, del diametro di 15 cm, lunghezza 0,6÷0,7 m di cui almeno la metà infissa nel terreno, posti ad interasse di 1÷1,5 m; gli elementi longitudinali devono essere solidarizzati ai puntoni mediante chiodature e legature in filo di ferro zincato; a tergo dei pali longitudinali va sistemato del terreno vegetale selezionato in modo da ottenere una fascia ad andamento pianeggiante fino al bordo superiore dei pali stessi; nel volume di terra così sistemata vanno collocate talee legnose di salici, tamerici od altre specie adatte alla riproduzione vegetativa, nonché piante radicate di specie arbustive pioniere.

La disposizione delle palizzate nelle pendici può essere la più varia, come pura la lunghezza delle tratte che si possono susseguire in senso longitudinale e secondo la pendenza del terreno.

#### **2.46.7. Palizzate di contenimento terre**

Negli interventi di sistemazione e rinaturalizzazione di terreni in pendio può essere richiesta la realizzazione di palizzate di contenimento di terrazzamenti in terra –di sviluppo contenuto entro i 10 m per lato e di altezza generalmente non superiore

agli 80 cm- mediante graticciati in pali di legno decorticati; questi hanno la funzione di contenimento del terreno, vengono disposti con il lato più sviluppato parallelo alle isoipse del terreno e con il lato/i corto ortogonale al precedente fino ad intestarsi francamente nel pendio. In genere i terrazzamenti che vengono a formarsi con tale sistema servono per l'impianto di cespugliature ed essenze arboree già sviluppate, sono spesso costituiti da due soli lati ciascuno dei quali va a raccordarsi gradatamente con la morfologia del terreno e si susseguono lungo il pendio su più livelli. Detti graticciati sono costituiti da pali in legno duro (castagno od altra essenza adatta), del diametro di circa 15 cm e lunghezza massima fuori terra di 100 cm, i quali debbono venire infissi nel terreno con profondità almeno eguale a quella fuori terra, ad interasse di circa 150÷200 cm; a tergo di questi pali debbono essere disposti, in senso longitudinale orizzontale, altri pali in legno (stessa essenza) del diametro di 8–10 cm, legati sia a quelli verticali sia tra loro mediante filo di ferro zincato del diametro di 2,5 mm; i pali longitudinali debbono essere sovrapposti con continuità per tutta l'altezza fuori terra dei pali verticali; la loro lunghezza minima deve essere di almeno 250 cm; negli angoli debbono essere incrociati alternativamente e sporgere almeno 5÷8 cm dal filo del paramento esterno. Ove necessario, nei tratti con maggiore sopraelevazione, i lati dei terrazzamenti devono essere opportunamente puntonati mediante pali obliqui intestati nel terreno, oppure tirantati collegando mediante filo di ferro zincato del  $\varnothing$  4 mm le teste dei pali verticali ad appositi picchetti metallici infissi nel terreno a tergo ed a opportuna distanza. La parte retrostante il graticciato (a monte) deve essere riempita con terra proveniente da scotico delle coltri, ed in superficie da terra vegetale concimata; immediatamente a ridosso dei pali in legno vanno posti scapoli in pietrame assestati a mano con funzione drenante.

#### **2.46.8. Bordature di contenimento**

Negli interventi di sistemazione e rinaturalizzazione di terreni in pendio può essere richiesta la realizzazione di percorsi pedonali lungo i quali occorre fare ricorso ad elementi di bordatura per il contenimento del terreno lungo il sentiero e nelle scalinate. Generalmente detti elementi di bordatura assumono altezze non superiori ai 20÷30 cm fuori terra e sono disposti sia in senso longitudinale sia in senso trasversale rispetto allo sviluppo dei camminamenti; essi vengono realizzati – analogamente alle palizzate cui all'articolo precedente- mediante pali di legno decorticati (castagno od altra essenza adatta) del diametro di circa 10 cm e lunghezza 50÷70 cm, i quali vengono infissi nel terreno con profondità almeno eguale a quella fuori terra, ad interasse di circa 1÷1,2 m e sostengono altri pali in legno (stessa essenza) di pari diametro disposti a tergo in senso longitudinale o orizzontale, legati sia a quelli verticali sia tra loro mediante filo di ferro zincato del diametro di 2,5 mm; nella formazione di scalinate ogni gradino deve essere sorretto da almeno due pali verticali; i pali longitudinali debbono essere sovrapposti con continuità per tutta l'altezza fuori terra dei pali verticali. Ove necessario, nei tratti con maggiore sopraelevazione, i manufatti di contenimento devono essere opportunamente puntonati o tirantati come sopra descritto; in ogni caso la parte loro retrostante deve essere riempita con terra battuta e/o con materiale arido costipato avendo cura che comunque sia consentito il drenaggio delle acque superficiali.

**2.47. MANUFATTI IN PIETRAMA A SECCO**

I manufatti in pietra a secco vanno realizzati solo ove indicati nei documenti di progetto o esplicitamente richiesti dalla D.L., nelle forme e dimensioni come sopra precisate, utilizzando il pietrame presente sulla coltre dei luoghi di intervento, già dilavato e scevro da materie terrose, possibilmente già ossidato ed eroso dall'azione degli agenti atmosferici; l'esecuzione dei manufatti deve essere affidata a personale qualificato ed esperto delle tecniche costruttive caratteristiche del luogo.

Nel far presente che ai manufatti in oggetto si intende far ricorso prevalentemente per le opere di rinaturalizzazione, qualificazione architettonica e sistemazione paesaggistica dei siti di intervento, si richiede esplicitamente che essi vengano realizzati con la massima cura, si presentino di buona qualità e di efficace funzione, siano strutturalmente stabili, affidabili e durabili nel tempo.

Per garantire le suddette ultime caratteristiche si richiede che preliminarmente alla realizzazione dei manufatti si proceda alla compattazione meccanica del terreno di sedime, alla predisposizione di drenaggi-scoli-gargami-etc ed alla messa in atto di tutti gli accorgimenti necessari alla buona riuscita delle opere.

**2.47.1. Muri a secco di delimitazione**

Sono muri che si snodano essenzialmente fuori terra e con prevalente sviluppo lineare; hanno paramenti verticali, planari e regolari, hanno larghezza media di 40 cm ed altezza media variabile dai 60 ai 100 cm sopra il piano di campagna, seguono generalmente la morfologia del terreno come piano di imposta mantenendo tuttavia rettilinea la sommità. Ove richiesto la loro conformazione planimetrica può essere costituita da forme geometriche, linee curve, segmenti paralleli, etc.

**2.47.2. Muri a secco di contenimento**

Sono utilizzati per la delimitazione ed il contenimento di terrazzamenti (quindi con estradosso al livello del terreno sovrastante) o di terrapieni (quindi al piede di fronti di terreno in scavo o rilevato) e pertanto si presentano con prevalente sviluppo lineare o a segmenti rettilinei o ricurvi; hanno paramento esterno inclinato verso monte di almeno il 20%, planare e regolare, hanno larghezza di 40 cm in sommità ed altezza media variabile dai 60 ai 100 cm sopra il piano di campagna, seguono generalmente la morfologia del terreno come piano di imposta mantenendo tuttavia rettilinea la sommità; il pietrame nel corpo del muro ha generalmente disposizione 'a reggipoggio'. Ove richiesto la loro conformazione planimetrica può essere costituita da forme geometriche, linee curve, segmenti paralleli, etc.

**2.47.3. Muri a secco di rivestimento**

Sono utilizzati come paramento esterno addossato a strutture murarie che assolvono ad una funzione statica importante o ad una esigenza impiantistica non eludibile, ma che produrrebbero un impatto negativo se risultassero visibili; si possono presentare con varie forme e dimensioni, con paramento in vista planare e verticale oppure fortemente irregolare sia in altezza che secondo lo sviluppo planimetrico: nel primo caso hanno larghezza di 40 cm in sommità ed altezza variabile fino ai 150 cm sopra il piano di campagna, seguono generalmente la

morfologia del terreno come piano di imposta e con la sommità si adattano a quella della struttura da schermare, nel secondo caso hanno dimensioni variabili generalmente crescenti dalla sommità verso il piano di imposta, seppur in modo volutamente irregolare, anche al fine di ospitare nicchie per l'allocazione di arbusti e cespugli; il pietrame nel corpo del muro ha disposizione apparentemente irregolare ma atta a garantirne la stabilità.

#### **2.47.4. Manufatti vari a secco**

Sono costituiti da volumi aventi forme e dimensioni svariate, con funzioni di arredo paesaggistico (punti di sosta o di avvistamento, dissuasori di percorso veicolare o pedonale, schermature attive e passive, ripari, frangiventi, etc); si possono presentare con paramenti planari o irregolari, con disposizione razionale del pietrame oppure volutamente casuale, possono ospitare nicchie per l'allocazione di arbusti e cespugli.

#### **2.47.5. Macie**

Sono costituite da ammassi irregolari di pietrame di varie dimensioni, generalmente disposti in cumuli simmetrici od asimmetrici di limitata altezza, artificialmente realizzate per la copertura di piccole radure di terreno o per il rivestimento di aree in scavo o rilevato, comunque risultanti dalla realizzazione di strade e piazzole, al fine di mitigare l'effetto prodotto dalla manipolazione, di limitarne il dilavamento e di favorire la invasione vegetazionale.

#### **2.47.6. Cordolature**

Sono costituite da allineamenti regolari di pietre, in unica fila, aventi dimensioni e volume pressoché equivalenti (larghezza e altezza 25÷30 cm, lunghezza variabile dai 30 ai 50 cm) generalmente utilizzati per delimitare percorsi pedonali e veicolari, aree ricoperte da terra inerbata, etc.; le pietre devono risultare accostate con continuità sia in senso trasversale che longitudinale e debbono essere parzialmente incastrate nel piano di posa.

#### **2.48. SISTEMAZIONI A VERDE**

Al fine di proteggere le superfici nude di terreno ottenute con l'esecuzione degli scavi e dei rilevati, e per il recupero ambientale dell'area oggetto dell'insediamento, si deve dare luogo ad un'azione di ripristino e consolidamento del manto vegetativo, coerentemente agli indirizzi urbanistici e paesaggistici.

Per ottenere i migliori risultati degli interventi previsti e per verificarne l'efficacia, l'APPALTATORE è tenuto ad eseguire gli interventi stessi non appena gli vengono ordinati dalla D.L.; resta pertanto inteso che l'esecuzione frazionata ed in più riprese di una lavorazione o trattamento non dà adito a richieste di compenso alcuno in quanto qui esplicitamente prevista.

Tutti i lavori devono essere eseguiti a perfetta regola d'arte e secondo i dettami ultimi della tecnica moderna. Le opere devono corrispondere perfettamente a tutte le condizioni stabilite nelle presenti prescrizioni tecniche ed al progetto esecutivo

generale dell'area. L'esecuzione dei lavori deve essere coordinata secondo il programma lavori e secondo le prescrizioni della D.L.

#### **2.48.1. Livellamento delle superfici, sterri e riporti e apporto terra di coltivo**

Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'APPALTATORE, in accordo con la D.L., deve verificare che il terreno sia adatto alla seminazione; in caso contrario, devono essere eliminati gli avvallamenti e le asperità che potrebbero formare ristagni d'acqua seguendo l'andamento naturale del terreno. La terra di coltivo rimossa e accantonata nelle fasi iniziali degli scavi deve essere utilizzata secondo le istruzioni della D.L. Prima della stesura della terra di coltivo, vengono asportati tutti i materiali risultanti in eccedenza e quelli di rifiuto, anche preesistenti e l'APPALTATORE deve provvedere ad allontanare i materiali inutilizzabili presso le discariche autorizzate o nei luoghi indicati dalla D.L., secondo quanto già riportato nell'articolo "DISCARICHE". Gli sterri e i riporti di terra devono permettere di raggiungere le quote definitive di progetto, rispettando i tracciamenti dei percorsi e delle piazzole.

#### **2.48.2. Spietratura**

Sulle zone di terreno ove è stata ricostruita la coltre superficiale o che comunque sono state interessate da scavi/rinterri/piste/lavorazioni in genere e quindi presentano una marcata discontinuità del materiale terroso e densa disseminazione di scapoli in pietra, la D.L. può richiedere la spietratura della coltre mediante trattamento della stessa con apposite macchine operatrici meccaniche le quali traslano in profondità gli scapoli lapidei; con il passaggio di detti macchinari sul terreno deve essere sostanzialmente eliminata la presenza degli scapoli nello spessore superficiale di almeno 25÷30 cm ed effettuata la lavorazione meccanica dello stesso, che deve quindi risultare omogeneo, sminuzzato, regolarizzato, livellato, pronto per l'inerbimento. Se necessario, il trattamento di spietratura deve essere preceduto da una adeguata lavorazione meccanica del terreno.

#### **2.48.3. Terreno vegetale**

Sulle superfici di terreno piane e inclinate, sia di scavo che di riporto, ed ovunque lo richieda la D.L., si deve procedere allo stendimento di uno strato di terra vegetale, dello spessore di 20 – 30 cm o come indicato in loco dalla D.L. della COMMITTENTE.

La terra vegetale deve essere reperita a cura dell'APPALTATORE ed essere selezionata prima del trasporto a piè d'opera, affinché risulti già esente da radici, sassi, erbe infestanti e cotiche erbose; sia il trasporto che lo stendimento possono avvenire sia con mezzi meccanici che a mano secondo necessità; la posa in opera deve essere preceduta da eventuale preparazione e/o ripristino della superficie di supporto affinché sia garantita una buona adesione del ricarico vegetale; quest'ultimo, a stendimento completato, deve essere regolarizzato, rettificato ed eventualmente rullato, comunque sistemato ad arte affinché le superfici finite risultino uniformi e pronte alla semina.

In casi particolari, ove si verifichi l'instabilità del riporto vegetale su superfici inclinate, la D.L. può richiedere la preventiva fornitura e posa in opera di pannelli

d'armatura del terreno del tipo con struttura a nido d'ape (ARMATER o simili) in geotessile irrigidito, imputrescibile e permeabile; i pannelli opportunamente ancorati al terreno ed a riempimento avvenuto devono risultare non visibili.

## **2.48.4. Formazione del tappeto erboso**

### **2.48.4.1. Seminazione manuale**

Deve essere effettuata su terreno preparato come descritto precedentemente; prima di procedere alla semina l'APPALTATORE deve darne tempestiva comunicazione alla D.L.. La semina deve essere eseguita a spaglio da personale specializzato, con l'ausilio di mezzi meccanici, avendo cura di distribuire uniformemente il seme sulla superficie nella quantità di 25 gr/mq. Dopo la semina deve essere eseguita una rullatura con un rullo di peso non superiore a kg 150. Infine una omogenea e leggera irrigazione, avendo cura di non creare buche o discontinuità nella superficie, deve completare le operazioni di semina.

### **2.48.4.2. Idroseminazione**

Deve essere eseguita su superfici di qualunque forma e dimensione, costituite da terreno di qualsiasi natura.

Il trattamento deve essere preceduto da accurato esame in loco delle caratteristiche geomorfologiche del terreno e delle condizioni fisico-ambientali per l'individuazione delle essenze erbacee ed arbustive adatte alla zona, anche in relazione all'aspetto ambientale da perseguire.

La seminazione deve avvenire con il metodo "bianco - verde", mediante idroseminatrice a spruzzo del tipo e potenzialità adatte al cantiere ed alla sua viabilità in particolare.

Nel miscuglio a soluzione acquosa da spruzzare debbono essere presenti almeno 400 kg/Ha di sementi erbacee (25% leguminose, 70% graminacee e 5% di altre specie), almeno 3 Kg/Ha di sementi arbustive (ginestra, rosa canina, ligustro, olivello spinoso, pruno, ontano), almeno 800 Kg/Ha di concime ORGANICO ed 800 Kg/Ha di concime chimico, 600 Kg/Ha circa di resine acriliche, 25 Kg/Ha circa d'additivi.

Eventuali zone di terreno trattate con idrosemina che non risultassero inerbite, debbono essere oggetto di successivi processi di semina fino al risultato positivo, a cura e spese dell'APPALTATORE.

## **2.48.5. Grigliati carrabili per pavimentazioni erbose**

Dove richiesto dalla D.L. devono essere forniti e posti in opera, su sottofondo di sabbia dello spessore di cm 10, livellato e compattato, degli elementi alveolari in c.a.v delle dimensioni di circa 50x50 cm e dello spessore di cm 12; il rapporto vuoto pieno di ogni elemento deve essere 40% pieno (c.a.v.) 60% vuoto.

Dopo la posa in opera secondo i piani di progetto il vuoto degli elementi deve essere riempito con terreno vegetale concimato fino alla sommità e quindi seminato con miscuglio di erbacee.

**2.48.6. Realizzazione banchine**

L'esecuzione di banchine deve essere effettuata mediante scarifica di una fascia di terreno della larghezza di 50 o 125 centimetri circa, per una profondità di 20÷30 centimetri o come indicato in loco dalla D.L.; quindi si deve procedere al riporto di terreno vegetale scevro da radici, fino alla quota della carreggiata adiacente, finito, steso e compattato a mano.

**2.48.7. Riprofilatura di scarpate**

Ove previsto in progetto o richiesto dalla D.L., l'APPALTATORE deve procedere alla riprofilatura di scarpate esistenti mediante impiego di mezzo meccanico utilizzando apposite benne e rifinitura a mano secondo le pendenze indicate dalla D.L., con esecuzione di eventuali banche di riposo e regolarizzazione della superficie inclinata, che deve risultare liscia e compatta in modo da evitare il dilavamento.

## **2.49. STRADE**

### **2.49.1. Formazione del corpo stradale e movimenti di terre**

#### 2.49.1.1. Tracciamenti

L'Impresa è tenuta ad eseguire la picchettazione completa o parziale del lavoro, prima di iniziare i lavori di sterro o riporto, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, alla inclinazione delle scarpate e alla formazione delle cunette. A suo tempo dovrà pure posizionare delle modine, nei tratti più significativi o nei punti indicati dalla Direzione lavori, utili e necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante la esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie o in calcestruzzo armato, l'Appaltatore dovrà procedere al tracciamento di esse, pure con l'obbligo della conservazione dei picchetti ed eventualmente delle modine, come per i lavori in terra.

#### 2.49.1.2. Scavi e rialzi in genere

Gli scavi ed i rilevati occorrenti per la formazione del corpo stradale e per ricavare i fosso, cunette, accessi, passaggi e rampe, cassonetti e simili, nonché per l'impianto di opere d'arte, saranno eseguiti nelle forme e dimensioni risultanti dai relativi disegni progettuali salvo le eventuali variazioni che l'Amministrazione appaltante è in facoltà di adottare all'atto esecutivo, restando a completo carico dell'Impresa ogni onere proprio di tali generi di lavori, non escluso quello di eventuali sbadacchiature e puntellature provvisorie. L'Impresa nell'eseguire le trincee e i rilevati o altri scavi in genere, dovrà ultimarle al giusto piano prescritto, inoltre dovrà essere usata ogni esattezza nella profilatura delle scarpate e dei cigli stradali e nello spianare le banchine stradali.

Nel caso che, a giudizio della Direzione lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Impresa dovrà ricorrere all'impiego di adeguati mezzi meccanici e di mano d'opera sufficiente in modo da ultimare le sezioni di scavo di ciascun tratto iniziato.

Dovrà essere usata ogni cura nel sagomare esattamente i fossi, nell'appianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli della strada. Le scarpate di tagli e rilevati dovranno essere eseguite con inclinazioni come previsto dagli elaborati progettuali o dagli ordinativi scritti della Direzione lavori o appropriate per impedire dei scoscendimenti in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno. L'Impresa rimane la sola responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, sarà altresì obbligata a



provvedere alla rimozione del materiale franato, a sua cura e spese.

Per gli accertamenti relativi alla determinazione della natura delle terre, del grado di costipamento e del contenuto di umidità di esse, l'Impresa dovrà provvedere a tutte le prove necessarie ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, che verranno fatte eseguire a spese dell'Impresa dalla Direzione lavori presso Laboratori autorizzati.

Le terre verranno caratterizzate e classificate secondo le norme tecniche C.N.R. – U.N.I. 10006/1963.

Nell'esecuzione sia degli scavi che dei rilevati l'Impresa è tenuta ad effettuare a propria cura e spese l'estirpamento di piante, arbusti e relative radici esistenti sia sui terreni da scavare che su quelli destinati all'impianto dei rilevati, nonché, in questo ultimo caso, al riempimento delle buche effettuate in dipendenza dell'estirpamento delle radici e delle piante, che dovrà essere effettuato con materiale idoneo messo in opera a strati di conveniente spessore e costipato. Tali oneri si intendono compensati con i prezzi di elenco relativi ai movimenti di materie.

La Direzione lavori in relazione alla natura dei terreni di posa dei rilevati o delle fondazioni stradali di trincea, potrà ordinare l'adozione di provvedimenti atti a prevenire la contaminazione d'apporto tra cui la fornitura e la posa in opera di teli geosintetici.

#### 2.49.1.3. Formazione dei piani di posa dei rilevati

Tali piani avranno l'estensione dell'intera area di appoggio e potranno essere continui o opportunamente gradonati secondo i profili e le indicazioni che saranno dati dalla Direzione lavori in relazione alle pendenze dei siti d'impianto.

I piani suddetti saranno stabiliti secondo le indicazioni degli elaborati progettuali, salvo approfondimenti, spostamenti o modifiche di altro genere date per iscritto dalla Direzione lavori in corso d'opera. I cigli degli scavi saranno diligentemente profilati e la loro pendenza di progetto o necessaria per impedire franamenti di materie saranno ottenuti praticando gli scavi necessari di sbancamento tenuto conto della natura e consistenza delle formazioni costituenti i siti d'impianto preventivamente accertate, anche con l'ausilio di prove di portanza.

La quota dei piani di posa dei rilevati si dovrà approfondire, come minimo, fino alla completa rimozione dello strato di coltre costituito da terreno vegetale o interessato dalle lavorazioni agricole praticate nella zona ricadente l'impianto dei rilevati.

Quando alla suddetta quota si rinvergono terreni appartenenti ai gruppi A1, A2 e A3 (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006) la preparazione dei piani di posa consisterà nella compattazione di uno strato sottostante il piano di posa stesso per uno spessore non inferiore a cm 30, in modo da raggiungere una densità secca pari almeno al 95% della densità massima AASHO modificata determinata in laboratorio, modificando il grado di umidità delle terre fino a raggiungere il grado di umidità ottima prima di eseguire il compattamento.

Quando invece i terreni rinvenuti alla quota di imposta del rilevato appartengono ai gruppi A4, A5, A6 e A7 (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006), la Direzione lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, l'approfondimento degli scavi, fino a profondità non superiore a 1,5÷2,0 m dal piano di campagna, o approfondire lo

scavo dalle indicazioni degli elaborati progettuali o dai rilevamenti geognostici, per sostituire i materiali in loco con materiale per la formazione dei rilevati appartenente ai gruppi A1, A2 e A3.

Tale materiale dovrà essere compattato, al grado di umidità ottima, fino a raggiungere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO modificata e ove la Direzione lavori lo rende necessario si dovrà compattare anche il fondo mediante rulli a piedi di montone.

Qualora si rivengano strati superficiali di natura torbosa di modesto spessore (non superiore a 2,00 ml) è opportuno che l'approfondimento dello scavo risulti tale da eliminare completamente tali strati. Per spessori elevati di terreni torbosi o limo-argillosi fortemente imbibiti d'acqua, che rappresentano ammassi molto compressibili, occorrerà prendere provvedimenti più impegnativi per accelerare l'assestamento, ovvero sostituire l'opera in terra (rilevato) con altra più idonea alla portanza dell'ammasso.

La terra vegetale risultante dagli scavi potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate se ordinato dalla Direzione lavori mediante ordine scritto.

È categoricamente vietata la messa in opera di tale terra per la costituzione dei rilevati.

Circa i mezzi costipanti e l'uso di essi si fa riferimento a quanto specificato nei riguardi del costipamento dei rilevati.

Si precisa che quanto sopra vale per la preparazione dei piani di posa dei rilevati su terreni naturali.

Nei terreni acclivi si consiglia di sistemare il piano di posa a gradoni facendo in modo che la pendenza trasversale dello scavo non superi il 5%; in questo caso risulta sempre necessaria la costruzione lato monte di un fosso di guardia e di un drenaggio longitudinale se si accerta che il livello di falda è superficiale.

In caso di appoggio di nuovi a vecchi rilevati per l'ampliamento degli stessi, la preparazione del piano di posa in corrispondenza delle scarpate esistenti sarà fatta procedendo alla gradonatura di esse mediante la formazione di gradoni di altezza non inferiore a cm 50, previa rimozione della cotica erbosa che potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate in quanto ordinato dalla Direzione lavori con ordine scritto, portando il sovrappiù a scarico a cura e spese dell'Impresa.

Si procederà quindi al riempimento dei gradoni con il materiale scavato ed accantonato, se idoneo, o con altro idoneo delle stesse caratteristiche richieste per i materiali dei rilevati con le stesse modalità per la posa in opera, compresa la compattazione.

Per individuare la natura meccanica dei terreni dell'ammasso si consiglia di eseguire, dapprima, semplici prove di caratterizzazione e di costipamento, quali:

- umidità propria del terreno;
- analisi granulometrica;
- limiti e indici di Atterberg;
- classificazione secondo la norma C.N.R. – U.N.I. 10006;
- prova di costipamento AASHO modificata.

La Direzione dei lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei piani di posa dei rilevati mediante misurazione del modulo di compressibilità  $Me$  (N/mm<sup>2</sup>) determinato con piastra circolare avente diametro da 30 cm (Norme Svizzere VSS-SNV 670317 – C.N.R., B.U. n.146 del 14 dicembre 1992).

Si definisce il valore di  $Me$  pari a:

$$Me = f_o \times \square p \times D / \square s$$

dove si ha:

- $f_o$ : fattore di forma della ripartizione del costipamento (piastre circolari pari a 1);
- $\square p$ : incremento della pressione trasmessa dalla piastra (N/mm<sup>2</sup>)  
(variabile in relazione alla struttura in esame);
- $D$ : diametro della piastra in mm;
- $\square s$ : corrispondente incremento di cedimento della superficie caricata (mm).

Pertanto facendo la seguente distinzione in base all'altezza dei rilevati si ha:

- fino a 4 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,05 a 0,15 N/mm<sup>2</sup>;
- da 4 m a 10 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,15 a 0,25 N/mm<sup>2</sup>.

In entrambi i casi il modulo  $Me$  misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico non dovrà essere inferiore a 30 N/mm<sup>2</sup>.

#### 2.49.1.4. Formazione dei piani di posa delle fondazioni stradali in trincea

Nei tratti in trincea, dopo aver effettuato lo scavo del cassonetto si dovrà provvedere alla preparazione del piano di posa della sovrastruttura stradale, che verrà eseguita, a seconda della natura del terreno, in base alle seguenti lavorazioni:

- quando il terreno appartiene ai gruppi A1, A2, e A3 (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006) si procederà alla compattazione dello strato di sottofondo che dovrà raggiungere in ogni caso una densità secca almeno del 95% della densità di riferimento, per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di cassonetto;
- quando il terreno appartiene ai gruppi A4, A5, A7 e A8 (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006) la Direzione dei lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, la sostituzione del terreno stesso con materiale arido per una profondità al di sotto del piano di cassonetto, che verrà stabilita secondo i casi, mediante apposito ordine di servizio dalla Direzione dei lavori.

La Direzione dei lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei cassonetti in trincea mediante misurazione del modulo di compressibilità  $Me$  determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme Svizzere VSS-SNV 670317) e misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso tra 0,15 a 0,25 N/mm<sup>2</sup>, non dovrà essere inferiore a 50 N/mm<sup>2</sup>.

#### 2.49.1.5. Formazione rilevati

I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, ma non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale.

Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione appartenenti ad uno dei seguenti gruppi A1, A2, e A3 (classifica C.N.R. – U.N.I. 10006), con l'avvertenza che l'ultimo strato del rilevato sottostante la fondazione stradale, per uno spessore non inferiore a m 2 costipato, dovrà essere costituito da terre dei gruppi A1, A2-4, A2-5 e A3 se reperibili negli scavi; altrimenti deciderà la Direzione lavori se ordinare l'esecuzione di tale ultimo strato con materiale di altri gruppi provenienti dagli scavi o con materie dei predetti gruppi A1, A2-4, A2-5 e A3 da prelevarsi in cava di prestito. Per quanto riguarda le materie del gruppo A4 provenienti dagli scavi, la Direzione lavori prima del loro impiego potrà ordinare l'eventuale correzione.

Per i materiali di scavo provenienti da tagli in roccia da portare in rilevato, se di natura ritenuta idonea dalla Direzione lavori, dovrà provvedersi mediante riduzione ad elementi di pezzatura massima non superiore a cm 20 con percentuale di pezzatura grossa (compreso tra 5 e 20 cm) non superiore del 30% in peso del materiale costituente il rilevato, sempreché tale percentuale abbia granulometria sufficientemente assortita. Tali elementi rocciosi dovranno essere distribuiti uniformemente nella massa del rilevato e non potranno essere impiegati per la formazione dello strato superiore del rilevato per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di posa della fondazione stradale.

Per quanto riguarda il materiale proveniente da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A4, A5, A6 e A7 si esaminerà di volta in volta l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione.

I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

Le materie di scavo, provenienti da tagli stradali o da qualsiasi altro lavoro che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilevati o riempimento dei cavi, dovranno essere trasportate a rifiuto fuori della sede stradale, a debita distanza dai cigli, e sistemate convenientemente, restando a carico dell'Impresa ogni spesa, ivi compresa ogni indennità per occupazione delle aree di deposito ed il rilascio delle autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio.

Qualora una volta esauriti i materiali provenienti dagli scavi ritenuti idonei in base a quanto sopra detto, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati, l'Impresa potrà ricorrere al prelevamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione lavori. È fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali costituenti i rilevati, alla Direzione lavori che si riserverà la facoltà di fare analizzare tali materiali da Laboratori ufficiali ma sempre a spese dell'Impresa. Solo dopo che vi sarà l'assenso della Direzione lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato.

Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera a strati di uniforme spessore, non eccedente cm 30. Il rilevato per tutta la sua altezza dovrà

presentare i requisiti di densità riferita alla densità massima secca AASHO modificata come di seguito riportata:

- non inferiore al 95% negli strati inferiori;
- non inferiore al 98% in quello superiore (ultimi 30 cm).

La Direzione lavori provvederà al controllo della massa volumica in sito alle varie quote raggiunte e per tutta l'estensione del rilevato; il numero di controlli dovrà essere commisurato all'entità dell'opera: orientativamente dovrà prevedersi almeno una prova ogni 2.000 m3.

Per i controlli può usarsi l'apparecchio a sabbia o quello a radioisotopi opportunamente tarato.

Durante le operazioni di costipamento dovrà accertarsi l'umidità propria del materiale; non potrà procedersi alla stessa e perciò dovrà attendersi la naturale deumidificazione se il contenuto d'acqua è elevato; si eseguirà, invece, il costipamento previo innaffiamento se il terreno è secco, in modo da ottenere, in ogni caso, una umidità prossima a quella ottima predeterminata in laboratorio (AASHO modificata), la quale dovrà risultare sempre inferiore al limite di ritiro.

La Direzione dei lavori si riserva di controllare il comportamento globale dell'ultimo strato del rilevato, che costituirà il piano di posa della fondazione stradale, mediante misurazione del modulo di compressibilità  $M_e$  determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme svizzere VSS-SNV 670317) e misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso tra 0,15 a 0,25 N/mm<sup>2</sup> non dovrà essere inferiore a 50 N/mm<sup>2</sup>.

Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti.

Non si potrà sospendere la costruzione del rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione e senza che nell'ultimo strato sia stata raggiunta la densità prescritta.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, un genere di energia costipante tale da assicurare il raggiungimento della densità prescritte e previste per ogni singola categoria di lavoro.

Il materiale dei rilevati potrà essere messo in opera durante i periodi le cui condizioni meteorologiche siano tali, a giudizio della Direzione lavori, da non pregiudicare la buona riuscita del lavoro.

L'inclinazione da dare alle scarpate sarà quella di cui alle sezioni di norma allegate al progetto.

Man mano che si procede alla formazione dei rilevati, le relative scarpate saranno rivestite con materiale ricco di humus dello spessore non superiore a cm 30 proveniente o dalle operazioni di scoticamento del piano di posa dei rilevati stessi, o da cave di prestito, ed il rivestimento dovrà essere eseguito a cordoli orizzontali e da costiparsi con mezzi idonei in modo da assicurare una superficie regolare. Inoltre le scarpate saranno perfettamente configurate e regolarizzate procedendo altresì alla perfetta profilatura dei cigli.

Se nei rilevati avvenissero dei cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

In alcuni casi la Direzione lavori potrà, al fine di migliorare la stabilità del corpo stradale, ordinare la fornitura e la posa in opera di teli "geotessili" in strisce contigue opportunamente sovrapposte nei bordi per almeno cm 40, le caratteristiche saranno conformi alle prescrizioni riportate dall'elenco prezzi o dalle indicazioni del presente capitolato speciale.

#### 2.49.1.6. Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento o tagli a sezione aperta si intendono quelli praticati al di sopra del piano orizzontale, passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti, precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato.

Quando l'intero scavo debba risultare aperto su di un lato (caso di un canale fagatore) e non venga ordinato lo scavo a tratti, il punto più depresso è quello terminale.

Appartengono inoltre alla categoria degli scavi di sbancamento così generalmente definiti tutti i cosiddetti scavi a larga sezione eseguiti sotto il piano di campagna per apertura della sede stradale, scavi per tratti di strada in trincea, per formazione di cassonetti, per lavori di spianamento del terreno, per il taglio delle scarpate delle trincee o dei rilevati, per formazione ed approfondimento di piani di posa dei rilevati, di cunette, cunettoni, fossi e canali, scavi per le demolizioni delle normali sovrastrutture tipo pavimentazioni stradali, di splateamento e quelli per allargamento di trincee, tagli di scarpate di rilevati per costruirvi opere di sostegno, scavi per incassatura di opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie ecc.) eseguiti superiormente al piano orizzontale determinato come sopra, considerandosi come piano naturale anche l'alveo dei torrenti e dei fiumi.

Scavi da eseguire su qualunque terreno, esclusa la roccia da mina ma compreso dei trovanti rocciosi e muratura fino a 1 mc, compreso l'onere per ridurli a pezzature massime di 30 cm per il loro reimpiego se ritenuti idonei dalla Direzione lavori nello stesso cantiere per la costituzione dei rilevati.

#### 2.49.1.7. Scavi di fondazione (Scavi a sezione obbligata)

Per scavi di fondazione si intendono quelli ricadenti al di sotto del piano orizzontale di cui all'articolo precedente, chiusi fra le pareti verticali riproducenti il perimetro delle fondazioni delle opere d'arte. Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione dei lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione, in relazione alle indicazioni e prescrizioni riguardanti le norme tecniche sui terreni e i criteri di esecuzione delle opere di sostegno e di fondazione (D.M. 11 marzo 1988, Circ. M. LL. PP. 24 settembre 1988, n. 30483).

Le profondità, che si trovino indicate nei disegni progettuali, sono perciò di

semplice indicazione e l'Amministrazione appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezione o domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere.

Prima di iniziare le opere di fondazione, la Direzione dei lavori dovrà verificare ed accettare i relativi piani di posa, sotto pena di demolire l'opera eseguita per l'Appaltatore.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, potranno, a richiesta della Direzione dei lavori, essere disposti a gradini od anche con determinate contropendenze.

Gli scavi di fondazione dovranno di norma essere eseguiti a pareti verticali e l'Impresa dovrà, occorrendo, sostenerle con convenienti armature e sbadacchiature, restando a suo carico ogni danno alle cose ed alle persone che potesse verificarsi per smottamenti o franamenti dei cavi. Questi potranno però, ove ragioni speciali non lo vietino, essere eseguiti con pareti a scarpata.

In questo caso non sarà compensato il maggiore scavo eseguito, oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera, e l'Impresa dovrà provvedere a sue cure e spese al successivo riempimento del vuoto rimasto intorno alle murature di fondazione dell'opera, con materiale adatto, ed al necessario costipamento di quest'ultimo.

Analogamente dovrà procedere l'Impresa senza ulteriore compenso a riempire i vuoti che restassero attorno alle murature stesse, pure essendosi eseguiti scavi a pareti verticali, in conseguenza della esecuzione delle murature con riseghe in fondazione.

Qualora gli scavi si debbano eseguire in presenza di acqua, e questa si elevi negli scavi, non oltre però il limite massimo di cm 20, l'Appaltatore dovrà provvedere, se richiesto dalla Direzione dei lavori, all'esaurimento dell'acqua stessa coi mezzi che saranno ritenuti più opportuni. Sono considerati come scavi di fondazione subacquei soltanto quelli eseguiti a profondità maggiore di cm 20 sotto il livello costante a cui si stabiliscono naturalmente le acque filtranti nei cavi di fondazione, questi scavi verranno compensati a parte con il relativo prezzo a scavi subacquei.

Nella costruzione dei ponti è necessario che l'Impresa provveda, fin dall'inizio dei lavori, ad un adeguato impianto di pompaggio, che, opportunamente graduato nella potenza dei gruppi impiegati, dovrà servire all'esaurimento dell'acqua di filtrazione dall'alveo dei fiumi o canali. L'Impresa, per ogni cantiere, dovrà provvedere a sue spese al necessario allacciamento dell'impianto di pompaggio nonché alla fornitura ed al trasporto sul lavoro dell'occorrente energia elettrica, sempre quando l'Impresa stessa non abbia la possibilità e convenienza di servirsi di altra forza motrice. L'impianto dovrà essere corredato, a norma delle vigenti disposizioni in materia di prevenzione infortuni, dei necessari dispositivi di sicurezza restando l'Amministrazione appaltante ed il proprio personale sollevati ed indenni da ogni responsabilità circa le conseguenze derivate dalle condizioni dell'impianto stesso.

Lo scavo a sezione obbligata è da intendersi anche per l'esecuzione delle trincee drenanti (a sezione trapezia o rettangolare) da realizzarsi per l'abbassamento della

falda idrica e relativo smaltimento delle acque non superficiali; tali sezioni potrebbero essere realizzate previa esecuzione di scavi di sbancamento atti alla preparazione del piano di posa dei mezzi meccanici.

L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura, spese ed iniziativa, alle suddette assicurazioni, armature, puntellature e sbadacchiature, nelle quantità e robustezza che per la qualità delle materie da escavare siano richieste. Il legname impiegato a tale scopo, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà dell'Amministrazione, resteranno di proprietà dell'Impresa, che potrà perciò ricuperarle ad opera compiuta.

Nessun compenso spetta all'Impresa se, per qualsiasi ragione, tale ricupero possa risultare soltanto parziale, od anche totalmente negativo.

L'Impresa sarà tenuta ad usare ogni accorgimento tecnico per evitare l'immissione entro i cavi di fondazione di acque provenienti dall'esterno. Nel caso che ciò si verificasse resterebbe a suo totale carico la spesa per i necessari aggettamenti, salvo i danni riconosciuti di forza maggiore.

#### 2.49.1.8. Stabilizzazione delle terre con calce

##### a) Premessa

La terra stabilizzata a calce è una miscela composta da una terra, calce idrata ed acqua, in quantità tali da migliorare le caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche della terra, onde ottenere una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo costipamento, risultino di adeguata capacità portante nonché stabili all'azione dell'acqua e del gelo.

L'Impresa, per l'esecuzione dei lavori di stabilizzazione delle terre con calce, dovrà attenersi alle norme tecniche del C.N.R. – B.U. n. 36 del 21 gennaio 1973.

##### b) Caratteristiche dei materiali componenti la miscela

###### TERRA

La terra, sottoposta a trattamento, deve essere di tipo limo-argillosa ed avere indice di plasticità normalmente superiore a 10 (tipo A6 ed A7 di cui alla norma tecnica C.N.R.-U.N.I 10006). La curva granulometrica deve rientrare nel fuso riportato al punto 2.1. della norma C.N.R. – B.U. n. 36/73.

###### CALCE

La calce da utilizzare dovrà essere del tipo calce idrata che deve rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. n. 2231 del 16 novembre 1939.

###### ACQUA

L'acqua necessaria per portare la miscela al tenore di umidità voluto deve essere esente da impurità dannose e da materie organiche.

##### c) Progettazione e controllo delle miscele

Prima dell'inizio dei lavori, L'Impresa dovrà presentare alla Direzione lavori e sottoporlo alla sua approvazione, tutte quelle prove di prequalificazioni per individuare le quantità di acqua e di calce con cui si dovrà effettuare l'impasto. Tutte le spese ed oneri, inerenti le prove di laboratorio, saranno a completo carico dell'Appaltatore.

La determinazione preventiva della quantità di acqua e di calce vanno valutate in base a prove C.B.R. (C.N.R.-U.N.I. 10009 punto 3.2.1.), a prove di costipamento



ed eventualmente a prove di rottura a compressione. Pertanto, prendendo almeno tre miscele sperimentali con diversi tenori di calce si dovrà definire i valori massimi dell'indice C.B.R., della densità del secco, i corrispondenti valori di umidità ottima e l'eventuale resistenza a compressione. I valori indicativi della quantità di calce che consente di ottenere una miscela dalle caratteristiche di portanza e costipabilità adeguati sono i seguenti:

Stabilizzazione di materiali	Calce idratata
Strati di sovrastruttura	4 ÷ 10%
Bonifiche di terreni (piani di posa e/o rilevati)	1 ÷ 3%

I valori minimi dell'indice C.B.R. a 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, devono essere conformi al punto 4.1. della norma C.N.R. – B.U. n. 36/73, ovvero nei termini della tabella di seguito riportata:

Caratteristiche	Sovrastruttura stradale	Sottofondo	Bonifiche
Indice C.B.R.	≥ 50 %	≥ 20 %	≥ 10 %(*)
Rigonfiamento	< 1 %	< 2 %	

(\*) Dopo 2 ore e senza imbibizione.

**d) Operazioni di cantiere**

L'Impresa dovrà eseguire la lavorazione con la tecnica della miscelazione in sito, dove si prevede la seguente successione delle fasi operative:

**1) Scarificazione e polverizzazione**

Tali operazioni sono necessarie, nei casi in cui il materiale naturalmente collocato laddove dovrà essere messo a dimora, soddisfi le esigenze progettuali. La scarifica del terreno, che deve interessare lo strato da stabilizzare per tutta la sua altezza, durante tale operazione si dovrà procedere all'allontanamento dal cantiere di tutti i materiali estranei presenti quali radici, residui legnosi ed erbosi. Con la depolverizzazione si dovrà procedere allo sminuzzamento delle eventuali zolle di argilla di dimensioni superiori ai 5 cm. I macchinari utilizzati per tale operazione di scarifica e depolverizzazione sono: lame scarificatrici, erpici a disco, rippers con successivo passaggio dei mescolatori a rotore per la definitiva operazione di frantumazione. Tutti i mezzi impiegati devono essere ritenuti idonei e validi dalla Direzione lavori.

**2) Spandimento della calce e dell'acqua**

Lo spandimento della calce dovrà essere in accordo con i dosaggi emersi dalle preliminari prove di laboratorio, nel corso delle quali si è definita la miscela determinandone i rapporti ponderali tra i vari componenti. La calce può essere

aggiunta al terreno in forma pulverulenta (metodo asciutto), da eseguirsi mediante spanditore di idonee caratteristiche per ottenere una uniforme distribuzione della calce sulla superficie sia in senso longitudinale che trasversale. I spanditori trainati e riforniti per mezzo di tubi flessibili in gomma o metallici, che si dipartono dai mezzi di trasporto della calce in cantiere, dovranno essere dotati di attrezzature per evitare la dispersione eolica della calce e tali da consentire il dosaggio della calce in funzione della velocità di avanzamento del gruppo semovente.

L'aggiunta di acqua alla miscela per ottenere i valori di umidità stabili nelle prove di laboratorio, si dovrà effettuare con autobotti dotate di barre spruzzatrici, tali da consentire di irrorare d'acqua tutta la parte di sezione trasversale sulla quale precedentemente si è provveduto alla stessa della calce. Sono ammessi altri sistemi e tecniche per lo spandimento della calce, purché ritenuti validi dalla Direzione lavori.

Qualora non si operi con il cosiddetto "treno di stabilizzazione", ovvero non si proceda ad una produzione continua di miscela in sito, lo spandimento della calce in polvere dovrà interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere lavorata nel giorno stesso.

**3) Miscelazione**

La miscelazione dovrà avvenire con macchinari che, muovendosi lungo i materiali stesi, li miscelano inserendosi nel terreno senza sollevarlo. Si dovrà prevedere più passaggi del mescolatore sullo strato da trattare fino al raggiungimento della totale omogeneizzazione dei componenti. Il mescolatore a rotore del tipo semovente o trainato deve essere in grado di lavorare strati di profondità, se riferiti a materiali sciolti, variabili da 15 a 50 cm. L'Impresa durante la miscelazione dovrà realizzare la mescolazione di una striscia dopo qualche ora rispetto a quella adiacente già lavorata ed interessando nella mescolazione di quella zona circa 5÷10 cm della prima. Particolare cura durante le operazioni dovrà essere rivolta a non creare dei giunti trasversali di ripresa tra due strisce consecutive.

**4) Compattazione delle miscele e la finitura degli strati**

Il costipamento deve essere effettuato su miscele aventi una umidità pari a quella ottenuta nelle prove di laboratorio. La Direzione lavori, a seconda delle situazioni particolari dell'intervento, ordinerà all'Impresa l'esecuzione della compactazione mediante rulli statici a piede di montone seguiti dal passaggio di rulli pesanti a ruote gommate o da rulli vibranti. L'eventuale finitura degli strati deve avvenire con l'impiego delle macchine livellatrici; è assolutamente vietato intervenire con l'apporto di nuovo materiale.

**e) Controlli in corso d'opera**

L'Amministrazione appaltante tramite la Direzione lavori potrà effettuare tutti i controlli previsti al punto 5 della norma C.N.R. – B.U. n. 36/73, ovvero nei termini di seguito indicati:

Caratteristiche	Sovrastruttura stradale	Sottofondo	Bonifiche
Peso specifico del secco in sito (grado di costipamento)	≥ 95 % (*)	≥ 95 % (*)	≥ 95 % (*)

Modulo di deformazione Md (Kg/cm <sup>2</sup> )(CNR-BU n 9/67)	≥ 800	≥ 400	≥ 150
Indice C.B.R.	Valore almeno pari ai dati di progetto		

(\*) Valore percentuale riferito al peso di volume massimo del secco ottenuto in laboratorio con la miscela di progetto.

L'Impresa dovrà mettere a disposizione attrezzature, materiali, personale e farsi carico dei relativi oneri di tutte le prove ordinate dalla Direzione lavori.

## **2.49.2. Sovrastruttura Stradale**

### **2.49.2.1. Premessa**

Le parti del corpo stradale sono così suddivise:

- a) sottofondo (terreno naturale in sito o sull'ultimo strato del rilevato):
- b) sovrastruttura, così composta:
  - 1) fondazione,
  - 2) base,
  - 3) strato superficiale (collegamento e usura).

In linea generale, salvo diversa disposizione della Direzione dei lavori, la sagoma stradale per tratti in rettilineo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del 1,5÷2,0%, raccordate in asse da un arco di cerchio avente tangente di m 0,50.

Alle banchine sarà invece assegnata la pendenza trasversale del 2,0÷5,0%.

Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con pendenza che la Direzione dei lavori stabilirà in relazione al raggio della curva e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettilineo e altre curve precedenti e seguenti.

Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, per ciascun tratto, dalla Direzione dei lavori, in base ai risultati delle indagini geotecniche e di laboratorio.

L'Impresa indicherà alla Direzione dei lavori i materiali, le terre e la loro provenienza, e le granulometrie che intende impiegare strato per strato, in conformità degli articoli che seguono.

La Direzione dei lavori ordinerà prove su detti materiali, o su altri di sua scelta, presso Laboratori ufficiali di fiducia dell'Amministrazione appaltante. Per il controllo delle caratteristiche tali prove verranno, di norma, ripetute sistematicamente, durante l'esecuzione dei lavori, nei laboratori di cantiere o presso gli stessi Laboratori ufficiali.

L'approvazione della Direzione dei lavori circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleva l'Impresa dalla responsabilità circa la buona riuscita

del lavoro.

L'Impresa avrà cura di garantire la costanza nella massa, nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura resa in opera.

Salvo che non sia diversamente disposto dagli articoli che seguono, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 0,3 mm, controllata a mezzo di un regolo lungo m 4,00 disposto secondo due direzioni ortogonali.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre alla usura ed alla diretta azione del traffico l'estradosso del ponte e gli strati di impermeabilizzazione su di esso disposti. Allo scopo di evitare frequenti rifacimenti, particolarmente onerosi sul ponte, tutta la pavimentazione, compresi i giunti e le altre opere accessorie, deve essere eseguita con materiali della migliore qualità e con la massima cura esecutiva.

#### 2.49.2.2. Strati di fondazione

Lo strato di fondazione sarà costituito dalla miscela conforme alle prescrizioni del presente capitolato e comunque dovrà essere preventivamente approvato dalla Direzione dei lavori e dovrà essere steso in strati successivi dello spessore stabilito dalla Direzione dei lavori in relazione alla capacità costipante delle attrezzature di costipamento usate.

Gli strati dovranno essere costipati con attrezzature idonee al tipo di materiale impiegato ed approvato dalla Direzione dei lavori, tali da arrivare ai gradi di costipamento prescritti dalle indicazioni successive.

Il costipamento dovrà interessare la totale altezza dello strato che dovrà essere portato alla densità stabilita di volta in volta dalla Direzione dei lavori in relazione al sistema ed al tipo di attrezzatura da laboratorio usata ed in relazione al sistema ed al tipo di attrezzatura di cantiere impiegato. Durante la fase di costipamento la quantità di acqua aggiunta, per arrivare ai valori ottimali di umidità della miscela, dovrà tenere conto delle perdite per evaporazione causa vento, sole, calore ed altro. L'acqua da impiegare dovrà essere esente da materie organiche e da sostanze nocive.

Si darà inizio ai lavori soltanto quando le condizioni di umidità siano tali da non produrre danni alla qualità dello strato stabilizzante. La costruzione sarà sospesa quando la temperatura sia inferiore a 3 °C.

Qualsiasi zona o parte della fondazione, che sia stata danneggiata per effetto del gelo, della temperatura o di altre condizioni di umidità durante qualsiasi fase della costruzione, dovrà essere completamente scarificata, rimiscelata e costipata in conformità delle prescrizioni della Direzione dei lavori, senza che questa abbia a riconoscere alcun compenso aggiuntivo.

La superficie di ciascuno strato dovrà essere rifinita secondo le inclinazioni, le livellette e le curvature previste dal progetto e dovrà risultare liscia e libera da buche e irregolarità.

#### A) FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE A STABILIZZAZIONE MECCANICA

Tale fondazione è costituita da una miscela di materiali granulari (misto granulare) stabilizzati per granulometria con l'aggiunta o meno di legante naturale, il quale è costituito da terra passante al setaccio 0,4 UNI.

L'aggregato potrà essere costituito da ghiaie, detriti di cava, frantumato, scorie od

anche altro materiale; potrà essere: materiale reperito in sito, entro o fuori cantiere, oppure miscela di materiali aventi provenienze diverse, in proporzioni stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio e di cantiere.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla Direzione dei lavori in relazione alla portata del sottofondo; la stessa avverrà in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e non inferiore a cm 10.

a) Caratteristiche del materiale da impiegare

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- 1) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- 2) granulometria compresa nei seguenti fusi e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

<b>Serie crivelli e setacci U.N.I.</b>	<b>Miscela passante: % totale in peso Φ max 71 mm</b>	<b>Miscela passante: % totale in peso Φ max 30 mm</b>
Crivello 71	<b>100</b>	<b>100</b>
Crivello 30	<b>70 ÷ 100</b>	<b>100</b>
Crivello 15	<b>50 ÷ 80</b>	<b>70 ÷ 100</b>
Crivello 10	<b>30 ÷ 70</b>	<b>50 ÷ 85</b>
Crivello 5	<b>23 ÷ 55</b>	<b>35 ÷ 65</b>
Setaccio 2	<b>15 ÷ 40</b>	<b>25 ÷ 50</b>
Setaccio 0,42	<b>8 ÷ 25</b>	<b>15 ÷ 30</b>
Setaccio 0,075	<b>2 ÷ 15</b>	<b>5 ÷ 15</b>

3) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;

4) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;

5) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM compreso tra 25 e 65. Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia (65) potrà essere variato dalla Direzione lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 35, la Direzione lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo punto 6);

6) indice di portanza CBR (C.N.R. – U.N.I. 10009 – Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra), dopo 4 giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottima di costipamento;

7) limite di liquidità  $\square 25\%$ , limite di plasticità  $\square 19$ , indice di plasticità  $\square 6$ .

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi 1), 2), 4), 5), salvo nel caso citato al comma 5) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

#### b) Studi preliminari

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla Direzione lavori mediante prove di laboratorio sui campioni che l'impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata. I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli dalla Direzione lavori in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo effettuato il costipamento.

#### c) Modalità operative

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivo spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostruito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata:

AASHO T 180-57 metodo D con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio  $\frac{3}{4}$ ". Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità ottenuta verrà

corretta in base alla formula:

$$dr=(di \times Pc \times (100 - Z))/(100 \times Pc - Z \times di)$$

dove

dr: densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm, da paragonare a quella AASHO modificata determinata in laboratorio;

di: densità della miscela intera;

Pc: peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

Z: percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a 35 mm, compresa tra il 25 e il 40 %. In tal caso nella stessa formula, al termine Z, dovrà essere dato il valore di 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso di trattenuto al crivello da 25 mm).

Il valore del modulo di compressibilità Me, misurato con il metodo di cui agli articoli "Movimenti di terre", ma nell'intervallo compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup>, non dovrà essere inferiore ad 80 N/mm<sup>2</sup>.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Sullo strato di fondazione, compattato in conformità delle prescrizioni avanti indicate, è buona norma procedere subito alla esecuzione delle pavimentazioni, senza far trascorrere, tra le due fasi di lavori, un intervallo di tempo troppo lungo, che potrebbe recare pregiudizio ai valori di portanza conseguiti dallo strato di fondazione a costipamento ultimato. Ciò allo scopo di eliminare i fenomeni di allentamento, di esportazione e di disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere o dagli agenti atmosferici; nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione delle pavimentazioni, sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di emulsione saturata con graniglia a protezione della superficie superiore

## **2.50. SPECIFICHE TECNICHE IMPIANTI ELETTRICI**

Il presente Capitolo tratta delle forniture delle apparecchiature elettromeccaniche, degli impianti elettrici, di segnalazione e di trasmissione dati previsti nell'ambito dell'appalto dei lavori di .....

In particolare, vengono definite le modalità di accettazione, da parte del Direttore dei lavori, delle forniture delle apparecchiature elettriche, dei quadri elettrici, degli impianti di telecontrollo e di tutti gli impianti secondari relativi a questa parte di opera.

## **2.50.1. Prescrizioni Tecniche Generali**

### **2.50.1.1. Requisiti di rispondenza a norme, leggi e regolamenti**

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, giusta prescrizione della legge del 1° marzo 1968, n. 186.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di sicurezza delle norme CEI;
- alle prescrizioni e indicazioni dell'Azienda Distributrice dell'energia elettrica;
- alle prescrizioni e indicazioni della TELECOM;
- alle prescrizioni dei VV.F. e delle Autorità Locali.

### **2.50.1.2. Potenza impegnata e dimensionamento degli impianti**

Gli impianti elettrici devono essere calcolati per la potenza impegnata: si intende quindi che le prestazioni e le garanzie per quanto riguarda le portate di corrente, le cadute di tensione, le protezioni e l'esercizio in genere sono riferite alla potenza impegnata, la quale viene indicata dall'Amministrazione o calcolata in base ai dati forniti dalla stessa.

Per gli impianti elettrici negli edifici civili, in mancanza di indicazioni, si fa riferimento al carico convenzionale dell'impianto.

Detto carico verrà calcolato sommando tutti i valori ottenuti applicando alla potenza nominale degli apparecchi utilizzatori fissi e a quella corrispondente alla corrente nominale delle prese a spina i coefficienti che si deducono dalle tabelle CEI riportate nei paragrafi seguenti.

## **2.50.2. Coefficienti per la valutazione del carico convenzionale delle unità di impianto**

Impianto Illuminazione Scalda-acqua Cucina Servizi vari, comprese le prese a spina (per queste la potenza è quella corrispondente alla corrente nominale)

Per le derivazioni facenti capo a singoli apparecchi utilizzatori o a singole prese si deve assumere come valore del coefficiente l'unità.

## **2.50.3. Impianti Trifasi**



Negli impianti trifasi (per i quali non è prevista una limitazione della potenza contrattuale da parte del Distributore) il dimensionamento sarà determinato di volta in volta secondo i criteri della buona tecnica, tenendo conto delle norme CEI.

In particolare, le condutture devono essere calcolate in funzione della potenza impegnata che si ricava nel seguente modo:

- a) potenza assorbita da ogni singolo utilizzatore (P1-P2-P3- ecc.) intesa come la potenza di ogni singolo utilizzatore (Pui) moltiplicata per un coefficiente di utilizzazione (Cui):

$$P_i = P_{ui} \times C_{ui};$$

- b) potenza totale per la quale devono essere proporzionati gli impianti (Pt) intesa come la somma delle potenze assorbite da ogni singolo utilizzatore (P1-P2-P3- ecc.) moltiplicata per il coefficiente di contemporaneità (Cc):

$$P_t = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_n) \times C_c.$$

Si definisce corrente di impiego di un circuito (Ib) il valore della corrente da prendere in considerazione per la determinazione delle caratteristiche degli elementi di un circuito.

Essa si calcola in base alla potenza totale ricavata dalle precedenti tabelle, alla tensione nominale e al fattore di potenza.

Si definisce portata a regime di un conduttore (Iz) il massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

Essa dipende dal tipo di cavo e dalle condizioni di posa ed è indicata nella tabella UNEL 35024-70.

Il potere di interruzione degli interruttori automatici deve essere di almeno 4500 A a meno di diversa comunicazione dell'Ente distributore dell'energia elettrica.

Gli interruttori automatici devono essere tripolari o quadripolari con 3 poli protetti.

## **2.50.4. PRESCRIZIONI RIGUARDANTI I CIRCUITI**

### **2.50.4.1. Cavi e conduttori**

I cavi per la rete di alimentazione degli impianti utilizzatori devono avere, a secondo del loro tipo di impiego, posa, tensione, comportamento al fuoco e sollecitazioni esterne in accordo alle seguenti normative:

- - CEI EN 60228 (CEI 20-29) – Conduttori per cavi isolati
- - CEI EN 50363 (CEI 20-11) – Materiali isolanti, di guaina e di rivestimento per cavi di energia di bassa tensione

- - CEI EN 60811 (CEI 20-34) – Metodi di prova per materiali isolanti e per guaina dei cavi elettrici
- - CEI EN 50395 (CEI 20-80) – Metodi di prova elettrici per cavi di energia di bassa tensione
- - CEI EN 50396 (CEI 20-84) – Metodi di prova non elettrici per cavi di energia di bassa tensione
- - CEI 20-50 (HD 605) – Cavi elettrici - Metodi di prova supplementari

**2.50.4.2. Distinzione dei cavi**

I cavi energia bassa tensione sono distinguibili attraverso la colorazione delle anime e attraverso la colorazione delle guaine esterne.

La Norma CEI UNEL 00722 (HD 308) fornisce la sequenza dei colori delle anime (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, H05VV-F) e a cavi di tipo nazionale (es. FG7OM1, ecc.).

Anime	Norma CEI UNEL 00722				
3					
4					
5					

Anime	Norma CEI UNEL 00722				
2					
3					
4					
5					

Per i cavi unipolari con e senza guaina deve essere utilizzata la combinazione bicolore giallo/verde per il conduttore di protezione, mentre il colore blu deve essere utilizzato per il conduttore di neutro.

Inoltre, nei cavi unipolari con guaina, l'isolamento è generalmente di colore nero.

Per i circuiti a corrente continua si devono utilizzare i colori rosso (polo positivo), bianco (polo negativo).

b) La Norma CEI UNEL specifica la colorazione delle guaine esterne dei cavi di bassa e media tensione in funzione della loro tensione nominale e dell'applicazione. Si applica a cavi unipolari e multipolari flessibili e rigidi con e senza conduttori di protezione. Per i cavi elettrici per impianti fotovoltaici la guaina deve essere nera, salvo diversi accordi tra produttore e cliente (rosso o blu).

c) La Norma CEI UNEL 00725 (CEI EN 50334) specifica che per i cavi aventi un numero di anime superiore a 5 si utilizza il sistema della marcatura delle singole anime mediante iscrizione numerica. Questa marcatura consiste nel marcare, con un colore contrastante rispetto all'isolante, ogni anime del cavo con un numero progressivo - L'unica anima che non deve essere marcata è quella Giallo Verde.

L'eventuale alterazione di colore della guaina, dovuta all'azione della luce, degli agenti atmosferici e delle sostanze che abitualmente si trovano nel terreno, non significa che sia pregiudicata la funzionalità del cavo.

d) Per avere indicazione riguardo le sigla di designazione dei cavi nazionali fare riferimento alla Norma CEI UNEL 35011, mentre per i cavi armonizzati con tensione nominale fino ad un limite di 450/750 V occorre fare riferimento alla Norma CEI 20-27.

#### 2.50.4.3. Indicazioni di sicurezza (CEI 64-8 Sez. 514.3)

a) il bicolore giallo-verde deve essere riservato ai conduttori di protezione e di equipotenzialità.

b) i conduttori di neutro o di punto mediano devono essere identificati dal colore blu per tutta la loro lunghezza. In assenza del conduttore neutro (o del conduttore mediano) nell'impianto un cavo di colore blu può essere usato come conduttore di fase.

c) i conduttori PEN, quando sono isolati, devono essere contrassegnati secondo uno dei metodi seguenti:

- giallo/verde su tutta la loro lunghezza con, in aggiunta, fascette blu alle estremità;
- blu su tutta la loro lunghezza con, in aggiunta, fascette giallo/verde alle estremità.

d) il conduttore PEM deve, se isolato, essere contrassegnato con bicolore giallo/verde per tutta la sua lunghezza con, in aggiunta, fascette blu alle estremità.

e) I monocolori giallo o verde non devono essere utilizzati.

#### 2.50.4.4. Comportamento al fuoco

A seguito dell'entrata in vigore del Regolamento CPR per i cavi elettrici (1° luglio 2017), tutti cavi installati permanentemente nelle costruzioni, siano essi per il trasporto di energia o di trasmissione dati, di qualsiasi livello di tensione e con conduttori metallici o fibra ottica, dovranno essere classificati in base alle classi del relativo ambiente di installazione.

Tutti i cavi per posa mobile non rientrano nello scopo del regolamento CPR, pertanto non è richiesta obbligatoriamente la rispondenza alla classificazione CPR.

Nei casi in cui l'incendio costituisca un pericolo in ambienti come edifici ed altre opere di ingegneria civile, la propagazione dello stesso lungo i cavi e le emissioni di fumo ed acidità devono essere limitate mediante l'impiego di cavi classificati per il Regolamento CPR secondo la corretta classe di reazione al fuoco in relazione alle prescrizioni installative. La Norma CEI 64-8 nella Sez.751 "Luoghi a maggior rischio in caso di incendio" riporta che, per i cavi di bassa tensione, si deve valutare il rischio legato allo sviluppo di fumi ed acidità in relazione alla particolarità del tipo di installazione e all'entità del danno probabile nei confronti di persone e/o cose, al fine di adottare opportuni provvedimenti.

Le medesime valutazioni devono essere fatte anche per i cavi di media tensione facendo riferimento alla Norma CEI 11-17 art 5.7 "Provvedimenti contro l'incendio", al fine di adottare anche per questa tipologia di cavi le opportune misure per limitare il rischio nei confronti di persone e/o cose.

E' ovivamente consigliato, per accrescere la sicurezza di persone e cose, l'utilizzo di cavi di classe Cca, a bassissimo sviluppo di fumi ed acidità anche nelle situazioni

installative nelle quali le relative norme impiantistiche non li prevedono come obbligatori.

In relazione al loro comportamento al fuoco i cavi elettrici possono essere distinti in due macro-categorie:

#### 1. Cavi con caratteristiche di reazione al fuoco

I cavi sono stati classificati in 7 classi di Reazione al Fuoco Aca, B1ca, B2ca, Cca, Dca, Eca e Fca identificate dal pedice "ca" (cable) in funzione delle loro prestazioni decrescenti.

Ogni classe prevede soglie minime per il rilascio di calore e la propagazione della fiamma.

Oltre a questa classificazione principale, le Autorità europee hanno regolamentato anche l'uso dei seguenti parametri aggiuntivi:

s: opacità dei fumi. Varia da s1 a s3 con prestazioni decrescenti

d: gocciolamento di particelle incandescenti che possono propagare l'incendio.

Varia da d0 a d2 con prestazioni decrescenti

a: acidità che definisce la pericolosità dei fumi per le persone e la corrosività per prestazioni elevate prestazioni basse le cose. Varia da a1 a a3 con prestazioni decrescenti

Di seguito i cavi delle quattro classi di reazione al fuoco per i cavi elettrici in relazione al Regolamento Prodotti da Costruzione (UE 305/2011), inserite nella CEI UNEL 35016, che consentono di rispettare le prescrizioni installative nell'attuale versione della Norma CEI 64-8:

- Cavi con classe di reazione al fuoco Eca, secondo la norma CEI EN 50575 (CEI 20-115), sono cavi che installati singolarmente nella disposizione più sfavorevole (cioè in verticale) non propagano la fiamma. Un fascio di cavi che supera la prova di non propagazione della fiamma (classe Eca) non garantisce la non propagazione dell'incendio.

- Cavi con classe di reazione al fuoco Cca-s3,d1,a3, secondo la norma CEI EN 50575 (CEI 20- 115), sono cavi per cui la propagazione della fiamma lungo il fascio nella posizione più sfavorevole (cioè in verticale) è limitata ad una lunghezza inferiore ai 2m e particolarmente adatti nei luoghi nei quali, in caso d'incendio, le persone presenti siano esposte a limitati rischi per le emissioni di fumo ed acidità.

- Cavi a basso sviluppo di fumi ed acidità con classe di reazione al fuoco Cca-s1b,d1,a1 secondo la norma CEI EN 50575 (CEI 20-115), sono cavi per cui la propagazione della fiamma lungo il fascio nella posizione più sfavorevole (cioè in verticale) è limitata ad una lunghezza inferiore ai 2m e per cui le emissioni di fumo ed acidità sono limitati al minimo. Particolarmente adatti nei luoghi nei quali, in caso d'incendio, le persone presenti siano esposte a gravi rischi per le emissioni di fumo ed acidità.

- Cavi a basso sviluppo di fumi ed acidità con classe di reazione al fuoco B2ca-s1a,d1,a1 secondo la norma CEI EN 50575 (CEI 20-115), sono cavi per cui la propagazione della fiamma lungo il fascio nella posizione più sfavorevole (cioè in verticale) è limitata ad una lunghezza inferiore ai 1.5m e per cui le emissioni di fumo

ed acidità sono limitati al minimo. Particolarmente adatti nei luoghi nei quali, in caso d'incendio, le persone presenti siano esposte a gravi rischi per le emissioni di fumo ed acidità.

Indicazioni ambienti installativi

<b>Classe di reazione al fuoco del cavo</b>	<b>Utilizzo tipico suggerito</b>
<b>B2<sub>ca</sub>-s1a,d1,a1</b>	Aerostazioni, stazioni ferroviarie, stazioni marittime, metropolitane in tutto o in parte sotterranee. Gallerie stradali di lunghezza superiore a 500 m e ferroviarie superiori a 1000 m
<b>C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1</b>	Strutture sanitarie, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere, palestre e centri sportivi. Alberghi, pensioni, motel, villaggi, residenze turistico - alberghiere. Scuole di ogni ordine, grado e tipo. Locali adibiti ad esposizione e/o vendita all'ingrosso o al dettaglio. Aziende ed uffici con oltre 300 persone presenti; biblioteche ed archivi, musei, gallerie, esposizioni e mostre. Edifici destinati ad uso civile, con altezza antincendio superiore a 24m.
<b>C<sub>ca</sub>-s3,d1,a3</b>	Altre attività: Edifici destinati ad uso civile, con altezza antincendio inferiore a 24 m, sala d'attesa, bar, ristorante, studio medico.
<b>E<sub>ca</sub></b>	Altre attività: installazioni non previste negli edifici di cui sopra e dove non esiste rischio di incendio e pericolo per persone e/o cose

2 . Cavi con caratteristiche di resistenza al fuoco

Cavi resistenti al fuoco rispondenti alle Norme CEI EN 50200 (20-36/4-0), CEI EN 50362 (CEI 20-36/5-0) e CEI EN 50577 (20-36/6-0), le quali descrivono i metodi di prova per la resistenza al fuoco (capacità di un cavo di assicurare il funzionamento per un determinato periodo di tempo durante l'incendio). I cavi resistenti al fuoco devono quindi essere in grado di garantire il servizio durante l'incendio per un determinato periodo di tempo anche se direttamente esposti alle fiamme. Tali cavi sono anche non propaganti l'incendio e a bassa emissione sia di fumi opachi che di gas tossici e corrosivi.

**Riferimenti normativi:**

- CEI EN 50200 (CEI 20-36/4-0) - Metodo di prova per la resistenza al fuoco di piccoli cavi non protetti per l'uso in circuiti di emergenza
- CEI EN 50362 (CEI 20-36/5-0) - Metodo di prova per la resistenza al fuoco di cavi per energia e comando di grosse dimensioni non protetti per l'uso in circuiti di emergenza
- CEI EN 50399 (CEI 20-108) - Metodi di prova comuni per cavi in condizioni di incendio – Misura dell'emissione di calore e produzione di fumi sui cavi durante la prova di sviluppo di fiamma – Apparecchiatura di prova, procedure e risultati
- CEI EN 50575 (CEI 20-115) - Cavi per energia, controllo e comunicazioni – Cavi per applicazioni generali nei lavori di costruzione soggetti a prescrizioni di resistenza all'incendio

- CEI EN 50577 (CEI 20-36/6-0) – Cavi elettrici – Prova di resistenza la fuoco per cavi non protetti (Classificazione P)
- CEI EN 60332-1-2 (CEI 20-35/1-2) - Prove su cavi elettrici e ottici in condizioni d'incendio - Prova per la propagazione verticale della fiamma su un singolo conduttore o cavo isolato
- Norma EN 61034-2 (CEI 20-37/3-1) - Misura della densità del fumo emesso dai cavi che bruciano in condizioni definite - Parte 2: Procedura di prova e prescrizioni
- Norma CEI UNEL 35016 - Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011)

#### 2.50.4.5. Portate di corrente

La portata in regime permanente viene calcolata con i metodi descritti nella Norma CEI 20-21 (IEC 60287). Le portate dei principali tipi di cavo, nelle più comuni condizioni di installazione, sono invece oggetto delle seguenti Norme.

#### 2.50.4.6. •Riferimenti normativi:

- 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 V in c.c. - Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI-UNEL 35026 - Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico per tensioni nominali di 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c. - Portate di corrente in regime permanente per posa interrata
- CEI UNEL 35027\* - Cavi energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV – Portate di corrente in regime permanente – Posa in aria e interrata
- CEI 20-65 – Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua – Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente

#### 2.50.4.7. Condizioni ambientali e di posa

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 seguenti norme.

##### • Riferimenti normativi:

- CEI 20-40 (CEI EN 50565-1/2) – Guida all'uso dei cavi con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U)
- CEI 20-67 – Guida all'uso dei cavi con tensione nominale 0.6/1 kV (U0/U)
- CEI 20-89 – Guida all'uso e all'installazione dei cavi elettrici e degli accessori di MT
- CEI 11-17 – Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica

**2.50.4.8. Cavi per energia con tensioni nominali  $U_0/U = 0.6/1$  kV**

I cavi per energia con tensioni nominali  $U_0/U = 0.6/1$  kV per la rete di alimentazione degli impianti utilizzatori devono avere, a secondo del loro tipo di impiego, diverse condizioni di posa, portate di corrente, comportamento al fuoco e resistenza alle sollecitazioni esterne. Per i requisiti/riferimenti normativi generali fare riferimento alla scheda CD 104 (Cavi per energia – Requisiti generali).

I cavi con guaina per tensioni nominali con  $U_0/U = 0,6/1$  kV sono adatti per essere utilizzati per le installazioni in tubo, canale o condotto non interrato, e anche per la posa interrata.

**2.50.4.9. Riferimenti normativi specifici per cavi con tensioni nominali  $U_0/U = 0.6/1$  kV**

- CEI 20-13 - Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV
- CEI 20-38 - Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi
- CEI 20-45 - Cavi isolati con mescola elastomerica, resistente al fuoco, non propaganti l'incendio, senza alogeni con tensione nominale  $U_0/U: 0,6 / 1$  kV
- CEI 20-48 – Cavi da distribuzione per tensioni nominali  $0,6/1$  kV
- CEI-UNEL 35312 – Cavi per energia isolati in gomma elastomerica di qualità G18, sotto guaina termoplastica o elastomerica, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) – Cavi con conduttori flessibili per posa fissa – Tensione nominale  $U_0/U 0.6/1$  kV – Classe di reazione al fuoco: B2ca-s1a,d1,a1
- CEI-UNEL 35314 – Cavi per energia isolati in gomma elastomerica di qualità G18, sotto guaina termoplastica o elastomerica, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) – Cavi con conduttori rigidi per posa fissa – Tensione nominale  $U_0/U 0.6/1$  kV – Classe di reazione al fuoco: B2ca-s1a,d1,a1
- CEI-UNEL 35316 – Cavi per comando e segnalamento isolati in gomma elastomerica di qualità G18, sotto guaina termoplastica o elastomerica, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) – Cavi multipolari flessibili per posa fissa – Tensione nominale  $U_0/U 0.6/1$  kV – Classe di reazione al fuoco: B2ca-s1a,d1,a1
- CEI-UNEL 35318 – Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC di qualità R16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) – 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 – Classe di reazione al fuoco: Cca-s3,d1,a3
- CEI-UNEL 35318 – Cavi per comando e segnalamento isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC di qualità R16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) – Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa

fissa con o senza schermo (treccia o nastro) – Tensione nominale U0/U 0.6/1 kV – Classe di reazione al fuoco: Cca-s3,d1,a3

- CEI-UNEL 35324 – Cavi per energia isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) – Cavi unipolari e multipolari con conduttori flessibili per posa fissa con o senza schermo (treccia o nastro) – Tensione nominale U0/U 0.6/1 kV – Classe di reazione al fuoco: Cca-s1b,d1,a1

- CEI-UNEL 35328 – Cavi per comando e segnalamento isolati in gomma etilenpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina termoplastica di qualità M16, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) – Cavi multipolari con conduttori flessibili per posa fissa con o senza schermo (treccia o nastro) – Tensione nominale U0/U 0.6/1 kV – Classe di reazione al fuoco: Cca-s1b,d1,a1

#### 2.50.4.10. Tipo di cavo, tensioni e sigle di designazione dei principali tipi di cavo

Cavo con classe di reazione al fuoco Cca-s3,d1,a3 secondo Regolamento CPR

FG16(O)R16 0,6/1 kV Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa; adatti per posa interrata diretta o indiretta

FG16OH1R16 0,6/1 kV Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa; adatti per posa interrata diretta o indiretta

FG16OH2R16 0,6/1 kV Per l'alimentazione e trasporto di comandi e/o segnali nell'industria, nei cantieri, nell'edilizia residenziale, quando è richiesto un certo grado di protezione contro le interferenze elettromagnetiche. Per installazione fissa all'interno e all'esterno, su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi similari

Cavo con classe di reazione al fuoco Cca-s1b,d1,a1 secondo Regolamento CPR:

FG16(O)M16 0,6/1 kV Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa

FG16OH1M16 0,6/1 kV Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa

FG16OH2M16 0,6/1 kV Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Può essere installato su murature e strutture metalliche, su passerelle, tubazioni, canalette e sistemi similari

Cavo con classe di reazione al fuoco B2ca-s1a,d1,a1 secondo Regolamento CPR



FG18OM16 0,6/1 kV Adatti in ambienti interni o esterni anche bagnati, per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa. Nei luoghi nei quali in caso di incendio, le persone presenti siano esposte a gravi rischi per le emissioni di fumi ed acidità e adatti anche per la posa interrata diretta o indiretta. Adatti per alimentazioni di uscite di sicurezza, segnalatori di allarme, segnalatori di fumo o gas, scale mobili.

FG18OM18 0,6/1 kV Adatti in ambienti interni o esterni anche bagnati, per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa. Nei luoghi nei quali in caso d'incendio, le persone presenti siano esposte a gravi rischi per le emissioni di fumi ed acidità e adatti anche per la posa interrata diretta o indiretta

Cavo con caratteristiche di resistenza al fuoco:

FTG10(O)M1 0,6/1 kV Per trasporto di energia e trasmissione segnali in ambienti interni o esterni anche bagnati. Per posa fissa in aria libera, in tubo o canaletta, su muratura e strutture metalliche o sospesa. Adatti per alimentazione di uscite di sicurezza, segnalatori di allarme, segnalatori di fumi o gas,

#### 2.50.4.11. Sezioni minime e cadute di tensione massime ammesse

Le sezioni dei conduttori calcolate in funzione della potenza impegnata e dalla lunghezza dei circuiti (affinché, la caduta di tensione non superi il valore del 4% della tensione a vuoto) devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non devono essere superati i valori delle portate di corrente ammesse, per i diversi tipi di conduttori, dalle tabelle di unificazione CEI-UNEL.

Indipendentemente dai valori ricavati con le precedenti indicazioni, le sezioni minime ammesse sono:

- 0,75 mm<sup>2</sup> per circuiti di segnalazione e telecomando;
- 1,5 mm<sup>2</sup> per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per altri apparecchi di illuminazione e per apparecchi con potenza unitaria inferiore o uguale a 2,2 kW;
- 2,5 mm<sup>2</sup> per derivazione con o senza prese a spina per utilizzatori con potenza unitaria superiore a 2,2 kW e inferiore o uguale a 3,6 kW;
- 4 mm<sup>2</sup> per montanti singoli e linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza nominale superiore a 3,6 kW.

#### 2.50.4.12. Sezione minima dei conduttori neutri

La sezione dei conduttori neutri non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori in circuiti polifasi, con sezione superiore a 16 mm<sup>2</sup>, la sezione dei conduttori neutri può essere ridotta alla metà di quella dei conduttori di fase, col minimo tuttavia di 16 mm<sup>2</sup> (per conduttori in rame), purché siano soddisfatte le condizioni dell'art.3.1.0.7. delle norme CEI 64-8.

**2.50.4.13. Sezione dei conduttori di terra e 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 seguente, tratta dalle norme CEI 64-8:

<b>Sezione del conduttore di fase che alimenta la macchina o l'apparecchio mmq</b>	<b>Cond. protez. facente parte dello stesso cavo o infilato nello stesso tubo del conduttore di fase mmq</b>	<b>Cond. protez. non facente parte dello stesso cavo e non infilato nello stesso tubo del conduttore di fase mmq</b>
minore o uguale a 16	sezione del conduttore di fase	2,5 se protetto meccanicamente, 4 se non protetto meccanicamente
maggiore di 16 e minore o uguale a 35	16	16
maggiore 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 multip., la sezione specificata dalle rispettive norme

**2.50.4.14. Propagazione del fuoco lungo i cavi**

I cavi in aria installati individualmente, cioè distanziati tra loro di almeno 250 mm, devono rispondere alla prova di non propagazione delle norme CEI 20-35.

Quando i cavi sono raggruppati in ambiente chiuso in cui sia da contenere il pericolo di propagazione di un eventuale incendio, essi devono avere i requisiti di non propagazione dell'incendio in conformità alle norme CEI 20-22.

**2.50.4.15. Canalizzazioni**

I conduttori, a meno che non si tratti di installazioni volanti, devono essere sempre protetti e salvaguardati meccanicamente.

Dette protezioni, possono essere: tubazioni, canalette porta cavi, passerelle, condotti o cunicoli ricavati nella struttura edile ecc. Negli impianti industriali, il tipo di installazione deve essere concordato di volta in volta con l'Amministrazione appaltante.

I sistemi di canalizzazione devono prevedere i seguenti componenti, in modo da realizzare qualunque tipologia di impianto riducendo al minimo lavorazioni e adattamenti in opera:

- canale
- testata
- giunzioni piana lineare
- deviazioni
- derivazione
- accessori complementari
- elementi di sospensione
- elementi di continuità elettrica

NUMERO MASSIMO DI CAVI UNIPOLARI DA INTRODURRE IN TUBI PROTETTIVI  
 (i numeri tra parentesi sono per i cavi di comando e segnalazione)

diam.e /diam.i mm	Sezione dei cavetti in mmq								
	(0,5)	(0,75)	(1)	1,5	2,5	4	6	10	16
12/8,5	(4)	(4)	(2)						
14/10	(7)	(4)	(3)	2					
16/11,7			(4)	4	2				
20/15,5			(9)	7	4	4	2		
25/19,8			(12)	9	7	7	4	2	
32/26,4					12	9	7	7	3

I tubi protettivi dei conduttori elettrici collocati in cunicoli, che ospitano altre canalizzazioni devono essere disposti in modo da non essere soggetti ad influenze dannose in relazione a sovrariscaldamenti, sgocciolamenti, formazione di condensa, ecc. E' inoltre vietato collocare nelle stesse incassature montanti e colonne telefoniche o radiotelevisive.

2.50.5.