



Nuovo impianto per la produzione  
di energia da fonte eolica “Bruncu de  
Lianu” nel comune di Maracalagonis (CA)

DISCIPLINARE DESCRITTIVO E  
PRESTAZIONALE DEGLI ELEMENTI

Rev. 0.0

Data: Giugno 2022

WIND003.REL013

Committente:

**Ecowind 2 S.r.l.**  
Via Alessandro Manzoni 30,  
20121 Milano (MI)  
P.IVA: 12071590967  
PEC: [ecowind2srl@legalmail.com](mailto:ecowind2srl@legalmail.com)

Incaricato:

**Queequeg Renewables, Ltd**  
Unit 3.21, 1110 Great West Road  
TW80GP London (UK)  
Company number: 111780524  
email: [mail@qenter.co.uk](mailto:mail@qenter.co.uk)



## SOMMARIO

1.	Premessa .....	5
1.1.	Prescrizioni generali.....	5
1.2.	Sicurezza e coordinamento .....	6
1.3.	Gestione dei materiali di risulta .....	6
2.	Disciplinare dei generatori .....	7
2.1.	Componenti dell'impianto .....	7
2.1.1.	PALE .....	7
2.1.2.	GRUPPO ROTORE .....	8
2.1.3.	SISTEMA DI FRENAGGIO .....	9
2.1.4.	SISTEMA DI BRANDEGGIO.....	9
2.1.5.	TORRE.....	9
2.1.6.	ALTERNATORE .....	9
2.1.7.	TRASFORMATORE .....	10
2.1.8.	INVERTER.....	11
3.	Disciplinare delle opere elettriche.....	11
3.1.	DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO.....	11
3.2.	ELETTRODOTTO MT .....	12
3.3.	SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE - SSEU .....	14
3.3.1.	CARATTERISTICHE APPARATI 150 KV .....	17
3.3.2.	CARATTERISTICHE APPARATI 30 KV .....	21
4.	Disciplinare delle opere civili .....	22
4.1.	Preparazione delle aree di cantiere.....	23
4.2.	Scavi.....	24
4.2.1.	SCAVI DI SBANCAMENTO.....	24
4.2.2.	SCAVO A SEZIONE OBBLIGATA .....	25
4.2.3.	TRIVELLAZIONE GUIDATA .....	25
4.2.4.	SCAVO A LARGA SEZIONE PER PLINTI DI FONDAZIONE.....	25
4.2.5.	SCAVI PER CANALIZZAZIONE DELLE ACQUE .....	26
4.2.6.	SCAVI PER SCARIFICA DI STRADE E PIAZZOLE.....	26
4.2.7.	DEMOLIZIONE E RIMOZIONE DEI CORPI ESTRANEI .....	27
4.2.8.	REALIZZAZIONE DEL CORPO STRADALE .....	27
4.3.	Trasporto e conferimento materiali.....	30
4.4.	Tubazioni e pozzetti d'ispezione.....	30
4.5.	Regimazione acque superficiali .....	31
4.6.	Misure di compensazione e mitigazione ambientale.....	31
4.6.1.	FASE DI CANTIERE.....	31
4.6.2.	OPERE DI RINVERDIMENTO E RIPRISTINO.....	32

---

5.	Materiali per opere strutturali.....	34
5.1.	Materiali per le opere civili.....	34
5.1.1.	CALCESTRUZZI STRUTTURALI.....	35
5.1.2.	CASSEFORME .....	40
5.1.3.	ACCIAIO PER ARMATURA .....	41
5.1.4.	IMPERMEABILIZZAZIONI.....	42
6.	Riferimenti normativi tecnici .....	43
6.1.	Opere in calcestruzzo armato.....	43
6.2.	Sicurezza e salute.....	44

## 1. Premessa

La presente relazione è parte integrante del procedimento di **Valutazione d'Impatto Ambientale** ai sensi del Decreto Legislativo numero 152 del 2006, e di **Autorizzazione Unica** Regionale ai sensi dell'articolo 12 del Decreto Legislativo numero 387 del 2003 e del D. G. R. 3/15 del 23 Gennaio 2018.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica, di potenza nominale pari a 92.400 kW, da localizzarsi nei Comuni di Maracalagonis (CA). L'impianto verrà allacciato alla Rete Elettrica Nazionale di Alta Tensione attraverso la stazione elettrica di proprietà di Terna S.p.A. ubicata nel Comune di Selegas.

Questo documento fornisce un dettaglio di disciplinare tecnico e prestazionale degli elementi fisici che compongono l'impianto a progetto, e precisa inoltre i requisiti delle opere costituendo un riferimento preliminare per la redazione del Capitolato di Appalto per la fase esecutiva di realizzazione.

### 1.1. Prescrizioni generali

La realizzazione dell'impianto a cura dell'Appaltatore delle opere, disciplinata ai sensi di legge, sarà organizzata nel rispetto di tre macro-obiettivi:

- Consentire il trasporto dei materiali, il loro montaggio e la messa in esercizio dell'impianto nei tempi contrattualizzati e previsti (in fase preliminare) dal cronoprogramma delle opere;
- Completare le opere secondo le prescrizioni e rilasciare il sito nelle migliori condizioni di qualità ambientale, paesaggistica per favorire la migliore naturalizzazione prevista;
- Il rispetto rigoroso delle norme, in particolare riguardanti la sicurezza.

Le opere a progetto verranno realizzate sulla base di un Progetto Esecutivo approvato dalla Committente di progetto (ovvero la Proponente) che ne condividerà copia con tutti i soggetti coinvolti nella realizzazione del parco eolico. Le forniture e i servizi saranno regolati a corpo e non a misura.

Le aree di lavoro saranno perimetrate in sede di apertura di cantiere, e sarà cura dell'Appaltatore di limitare gli interventi nelle aree non di pertinenza, incluse le opere interrato che dovessero trovarsi in interferenza con le opere a progetto, e le opere adiacenti come manufatti o colture. Si intende comunque che ai sensi di legge l'Appaltatore sarà responsabile civilmente e penalmente per danni a cose e persone che dovessero verificarsi in fase di realizzazione. Per le responsabilità di indennizzo, l'Appaltatore stipulerà una polizza di idonea capienza a copertura delle proprie responsabilità civili.

## **1.2. Sicurezza e coordinamento**

I lavori di cui al presente progetto ricadono nell'ambito di applicazione del Decreto Legislativo 81/08 in materia di sicurezza nelle fasi di cantiere. Per questo motivo, prima dell'apertura del cantiere, verrà redatto un Piano di Sicurezza e Coordinamento (P.S.C.) ad opera di tecnico abilitato che sarà parte integrante del contratto di Appalto e a cui l'Appaltatore farà scrupoloso riferimento per tutta la fase di cantiere, garantendo così il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la salute degli operai e del resto del personale.

L'Appaltatore emetterà altresì un Piano Operativo di Sicurezza (P.O.S.) che costituirà documento di valutazione dei rischi per le opere a progetto, e dettaglierà le soluzioni previste dal P.S.C.

## **1.3. Gestione dei materiali di risulta**

I materiali risultanti dalle lavorazioni quali, a mero titolo di esempio, gli scavi, le demolizioni, i reinterri o i livellamenti saranno inclusi nella progettazione esecutiva e verranno gestiti dall'Appaltatore in osservanza delle leggi vigenti. Rocce e altri materiali di qualità idonea verranno riutilizzati per il rilevato stradale e per le altre opere di cantiere quali piazzole o aree di stoccaggio provvisorie. I materiali idonei al reinterro faranno parte del piano di utilizzo di terre e rocce da scavo di dettaglio, anch'esso parte del progetto esecutivo, e il loro movimento all'interno delle aree di cantiere verrà gestito in osservanza delle altre prescrizioni per i mezzi di trasporto, sotto la supervisione della Direzione Lavori. I materiali di risulta eccedenti o non idonei al riutilizzo nelle opere di progetto verranno gestiti dall'Appaltatore come rifiuti ed avviati al trattamento presso gli impianti idonei e autorizzati. La disponibilità degli impianti di conferimento dei rifiuti verrà assicurata e contrattualizzata a carico dell'Appaltatore e sotto la Direzione Lavori prima dell'apertura di cantiere per assicurare una tempistica congrua di ripristino dei luoghi dopo la messa in esercizio dell'impianto e la chiusura del cantiere.

## 2. Disciplinare dei generatori

Le opere in oggetto constano di:

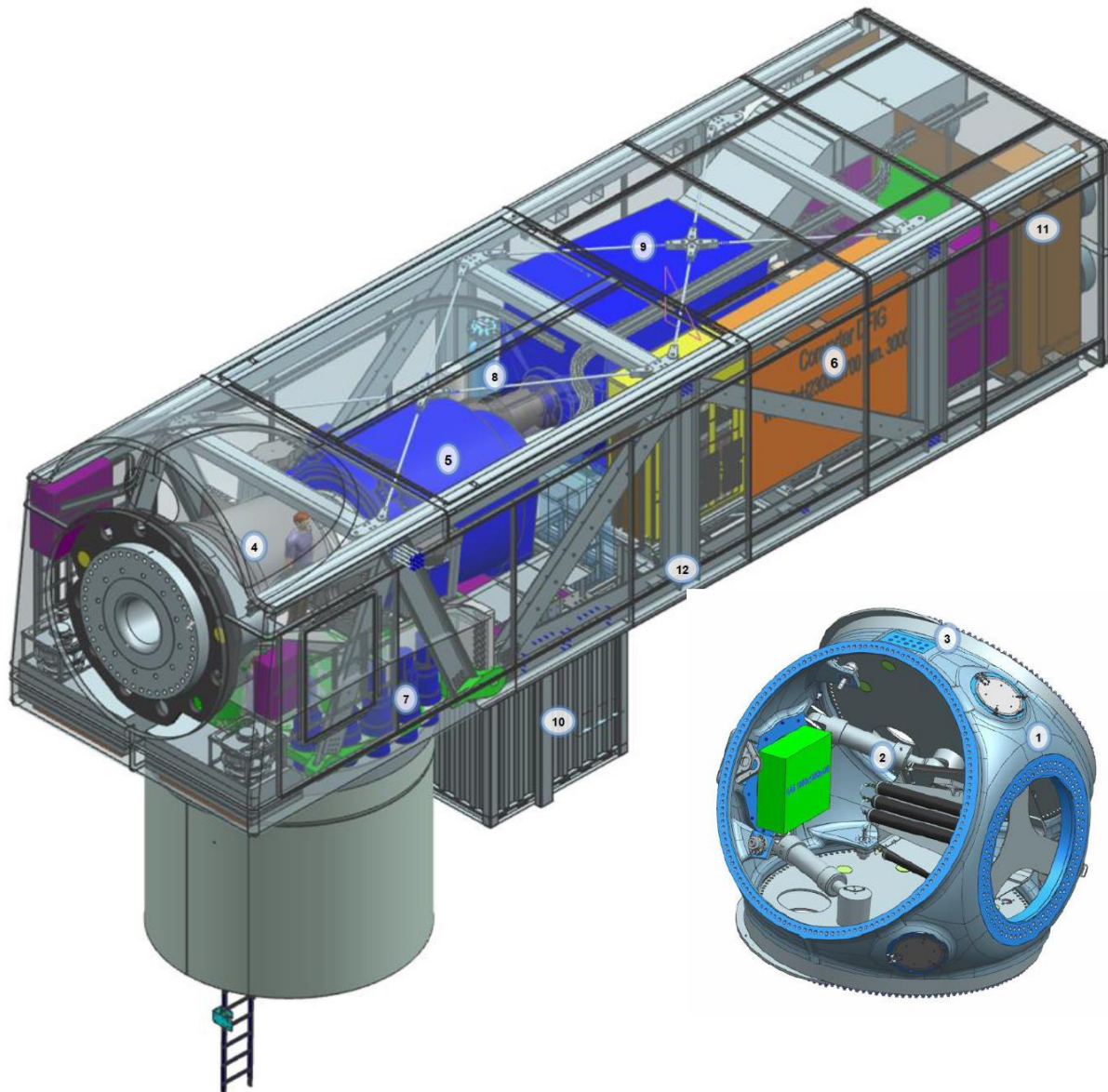
- Installazione di 14 aerogeneratori a tre pale con potenza nominale pari a 6,6 MW cadauno per un totale di 92,4 MW di potenza installata, comprensivi di fondazioni di sostegno;
- Realizzazione di un nuovo cavidotto MT 30kV interrato che collega gli aerogeneratori alla stazione di innalzamento MT/AT;
- Realizzazione di una stazione di innalzamento MT/AT in prossimità della SE di nuova realizzazione sita nel Comune di Maracalagonis (CA);
- Realizzazione di strade e piazzole facente capo alla viabilità interna di progetto;
- Adeguamento della strada di accesso al sito.

### 2.1. Componenti dell'impianto

Ogni aerogeneratore è composto da un gruppo rotore (1) con controllo attivo del *pitch* (2) delle pale (3), che consente di regolare la velocità di rotazione del rotore stesso tramite effetto di portanza. L'albero motore (o "albero lento", 4) è quindi accoppiato a un moltiplicatore di giri (5) che aumenta la velocità di rotazione trasmettendola all'albero collegato al generatore elettrico ("albero veloce", 8). Il generatore (9) genera corrente in bassa tensione che un trasformatore (10) innalza a media tensione per minimizzare le dispersioni. Un sistema di raffreddamento (11) si assicura che la corrente dispersa nei macchinari non innalzi la temperatura di esercizio dell'aerogeneratore. Il sistema di brandeggio (o *yaw*), permette alla navicella di orientare sopravento il rotore, ottimizzando lo sfruttamento dell'aria.

#### 2.1.1. Pale

Le pale dei generatori sono realizzate in composito di fibra di vetro e resina epossidica. Un cavo di metallo attraversa l'intera struttura delle pale per facilitare l'attraversamento delle scariche atmosferiche a terra. Ogni pala ha la funzione di trasmettere un momento torcente ottimale sull'albero lento, spazzando un'area di oltre 22.698 m<sup>2</sup> con un'inclinazione di circa 5 gradi sul piano perpendicolare al terreno. Ogni pala ha una lunghezza di 83,5 metri, e pesa circa 28,6 tonnellate.



1 Hub	7 Yaw system
2 Pitch system	8 High speed shaft
3 Blade bearings	9 Generator
4 Low speed shaft	10 Transformer
5 Gearbox	11 Cooling system
6 Electrical cabinets	12 Rear Structure

Figura 1 - Disposizione delle componenti nella navicella

### 2.1.2. Gruppo rotore

Il gruppo rotore monta su un sistema di cuscinetti a sfera su doppia fila lubrificati a grasso. Il gruppo verrà fissato sull'albero lento in quota, dopo il montaggio della navicella sulla torre tubolare.



Sul gruppo rotore sono montate le tre ralle di *pitch*, e su ciascuna di esse è fissata una pala. Il sistema idraulico di governo del *pitch* riesce a orientare la pala lungo il proprio asse spazzando un angolo tra -10 e +90 gradi.

### 2.1.3. Sistema di frenaggio

Il sistema di frenaggio agisce su dischi serrati sull'albero lento, applicando attrito tramite sistemi di ganasce attuati idraulicamente e collegati al sistema di controllo PLC. Questo sistema interviene per mettere in sicurezza il generatore in caso di malfunzionamento del sistema di controllo del *pitch* delle pale per evitare che il gruppo rotore superi la velocità massima di sicurezza.

### 2.1.4. Sistema di brandeggio

Il sistema di brandeggio orienta la navicella ruotandola con l'ausilio di una ralla che assicura la navicella al colmo della torre. Il movimento è assicurato da un gruppo di servoriduttori.

### 2.1.5. Torre

La torre è realizzata in tronchi di acciaio flangiati alla base per il fissaggio. Lo spessore dell'acciaio permette il sostegno della struttura in base all'altezza dell'asse rotore, pari a 135 metri dal piano campagna.

### 2.1.6. Alternatore

Le caratteristiche elettriche dell'alternatore sono:

#### Parametri nominali e di interfacciamento alla rete:

Potenza nominale.	6600 kW
Tensione nominale.	690V
Correzione del fattore di potenza	Controllato da inverter
Gamma del fattore di potenza	da 0,9 capacitivo a 0,9 induttivo a tensione nominale bilanciata

#### Generatore:

Tipo	Asincrono a doppia alimentazione
Potenza massima	6760 kW alla temperatura esterna di 30°C
Velocità nominale	1120 giri/min-6p (50Hz)

#### Protezione:

Classe di isolamento	Statore H/H - Rotore H/H
Rilevamento temperature di avvolgimento	6 sensori Pt 100
Rilevamento temperature dei cuscinetti	3 Pt 100
Rilevamento temperature anelli scorrevoli	1 Pt 100

#### Raffreddamento:

Sistema di raffreddamento	Raffreddamento ad aria
Ventilazione interna	Aria
Parametri di controllo	Temperature di avvolgimento e dei cuscinetti.

**Inverter:**

Tipo	4Q carico parziale B2B
Commutazione	PWM
Frequenza di commutazione lato rete	2,5 kHz
Raffreddamento	Liquido / Aria

**Protezione del circuito principale:**

Protezione da corto circuito	Interruttore automatico
Scaricatore di sovratensione	varistori

**Livelli di potenza di picco:**

10 min di media	Limitato al nominale
-----------------	----------------------

**Specifiche di interfacciamento alla rete:**

Frequenza nominale della rete	50 Hz
Tensione minima	85 % del nominale
Tensione massima	113 % del nominale
Frequenza minima	92 % del nominale
Frequenza massima	108 % del nominale
Massimo squilibrio di tensione (sequenza negativa della tensione dei componenti)	≤5 %
Livello massimo di cortocircuito ai morsetti della rete del regolatore (690 V)	82 kA

**Consumo di energia da rete (stimato):**

In stand-by, senza imbardata	10 kW
In stand-by, imbardata	50 kW

**Alimentazione del sistema di controllo:**

Sistema di alimentazione	UPS online, batteria Li-Ion
Tempo di back-up	1 min

**Specifiche di messa a terra**

Sistema di messa a terra	Secondo IEC62305-3 ED 1.0:2010
Ferri di armatura della fondazione	Devono essere collegati al dispersore
Collegamento HV	Lo schermo del cavo HV deve essere collegato al sistema di messa a terra

### 2.1.7. Trasformatore

Le caratteristiche elettriche del trasformatore sono:

**Parametri elettrici:**

Potenza nominale	7MVA
Tipo	In olio
Corrente massima	7,23 kA + armoniche alla tensione nominale ± 10 %.
Tensione nominale	30/0,69 kV
Frequenza	50 Hz
Tensione di cortocircuito	6% ± 8,3%
Perdite (P0 /Pk75°C)	4.77/84.24 kW
Gruppo vettoriale	Dyn11
Standard	IEC 60076 - Direttiva ECO Design

**Sistema di monitoraggio:**

Sensore di temperatura massima dell'olio	PT100
Sensore di monitoraggio del livello dell'olio	Ingresso digitale
Relè di sovrappressione	Ingresso digitale

**Raffreddamento:**

Tipo di raffreddamento...	KFAF
Liquido all'interno del trasformatore	Liquido di Classe K
Liquido di raffreddamento allo scambiatore di calore	Glystantin

**Sistema di messa a terra del neutro:**

Centro stella	il centro stella del trasformatore è collegato a terra
---------------	--

### 2.1.8. Inverter

Il sistema inverter è basato su tecnologia DFIG (Doubly fed induction generator). L'inverter converte la corrente in segnale di continua, onde poi convertirla nuovamente in corrente alternata alla frequenza necessaria al rotore del generatore, come rappresentato in figura, utilizzando criteri di qualità del segnale compatibile con quelli richiesti dall'operatore di rete (rif. CEI-016).

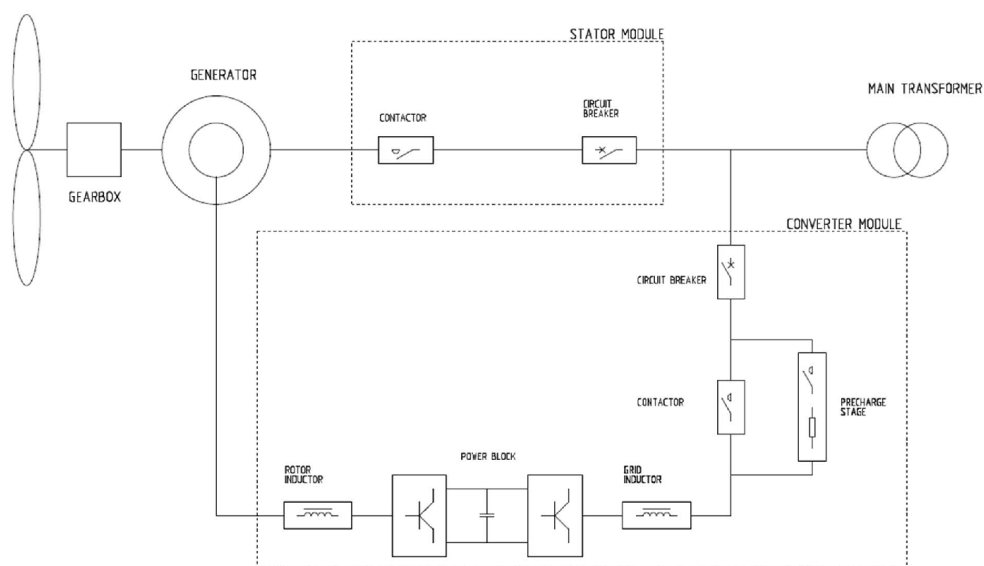


Figura 2: Tecnologia DFIG

## 3. Disciplinare delle opere elettriche

### 3.1. Descrizione generale dell'impianto

L'impianto eolico in esame sarà connesso direttamente alla rete AT previa realizzazione di una sottostazione di trasformazione AT/MT ("step-up").

Si prevede l'installazione di n. **14** aerogeneratori con potenza nominale di **6,6 MW** ciascuno per una potenza nominale totale di **92,4 MW**.

L'impianto è suddiviso in 2 sezioni da 7 aerogeneratori ciascuna. Ogni sezione è ulteriormente suddivisa in 2 sottocampi secondo il seguente schema:

- ☐ Sezione 1:
  - Sottocampo 1
    - Aerogeneratore n. 14
    - Aerogeneratore n. 10
    - Aerogeneratore n. 2

- Sottocampo 3
  - Aerogeneratore n. 4
  - Aerogeneratore n. 12
  - Aerogeneratore n. 13
  - Aerogeneratore n. 3
- Sezione 2:
  - Sottocampo 2
    - Aerogeneratore n. 11
    - Aerogeneratore n. 9
    - Aerogeneratore n. 1
  - Sottocampo 4
    - Aerogeneratore n. 5
    - Aerogeneratore n. 8
    - Aerogeneratore n. 7
    - Aerogeneratore n. 6

Lo schema di collegamento degli aerogeneratori è riportato sul documento di progetto WIND004.ELB008c. Ai 4 sottocampi corrispondono 4 linee MT a 30 kV in cavo unipolare ARP1H5(AR)E interrato che collegano l'impianto alla sottostazione MT/AT (step-up).

All'interno di ciascun sottocampo, gli aerogeneratori vengono collegati in parallelo in di un quadro MT posizionato all'interno di un aerogeneratore stesso, mediante linee **MT a 30 kV in cavo ARP1H5EX tripolare elicordato interrato**.

Le specifiche tecniche degli aerogeneratori sono state descritte nei paragrafi precedenti.

Di seguito verranno descritti le altre due componenti principali dell'impianto ossia l'elettrodotto MT e la sottostazione elettrica utente (SSEU o step-up).

### 3.2. Elettrodotto MT

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per la connessione alla SSEU, saranno delle seguenti tipologie:

- Cavi tripolari con anime disposte ad elica visibile e conduttori in alluminio. Tali cavi saranno utilizzati in posa direttamente interrata per l'interconnessione fra gli aerogeneratori (vedi WIND003.ELB008c e WIND003.ELB010a).
- Cavi unipolari con conduttori in alluminio riuniti in fasci tripolari a trifoglio. Tali cavi saranno utilizzati in posa direttamente interrata per il vettoriamento dell'energia prodotta dal parco eolico verso la step-up adiacente alla SE Selegas (vedi WIND003.ELB008c e WIND003.ELB010a).

L'isolante dei cavi è costituito da miscela in elastomero termoplastico HPTE, e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di miscela estrusa. Il cavo presenta uno schermo metallico. Sopra lo schermo metallico è presente una guaina protettiva. In generale, per tutte le linee elettriche MT a 30 kV, si prevede la

posa direttamente interrata dei cavi ad una profondità di 1,50 m dal piano di calpestio. Nel progetto in esame è stata ipotizzata l'utilizzazione di cavi MT dotati di protezione meccanica in materiale polimerico (Air Bag); questo cavo consente di evitare la posa di una protezione meccanica supplementare (Norma CEI 11-17 art. 4.3.11 lettera b). In fase esecutiva potrà essere comunque utilizzato un cavo senza armatura a patto di inserire, nella sezione di scavo, una protezione meccanica supplementare (Norma CEI 11-17 - posa tipo M). In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze (condotte idriche, fognarie, linee elettriche, ecc.) si prevederà la posa interrata mediante TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.). Si tratta di una tecnologia che consente la posa lungo un profilo trivellato di tubazioni in polietilene, in acciaio o in ghisa sferoidale. Le tubazioni installabili hanno diametri compresi tra 40 mm e 1600 mm e vengono utilizzate per numerosi sottoservizi (acqua, energia, telecomunicazioni etc.). Il profilo di trivellazione, accuratamente prescelto in fase progettuale, viene seguito grazie a sistemi di guida estremamente precisi, solitamente magnetici, tali da consentire di evitare ostacoli naturali e/o artificiali e di raggiungere un obiettivo prestabilito, operando da una postazione prossima al punto di ingresso nel terreno della perforazione, con una macchina di perforazione chiamata RIG. Le fasi di lavorazione sono sostanzialmente tre:

- nel corso della prima fase, viene realizzato un foro pilota mediante l'introduzione nel punto di ingresso di una colonna di aste, con un utensile di perforazione posto in testa; la fase si conclude con il raggiungimento del punto di uscita prestabilito;
- successivamente sulla testa di perforazione viene montato un opportuno alesatore che permette di allargare il diametro del foro fino a raggiungere le dimensioni utili alla posa dei tubi previsti;
- infine, viene tirata nel foro la colonna della tubazione presaldata, completando il lavoro.
- La perforazione viene solitamente favorita dall'uso di fluidi come fanghi bentonitici o polimerici e non sono necessari scavi a cielo aperto lungo l'asse di trivellazione. Al termine delle operazioni l'area di lavoro viene restituita allo status quo ante mediante il ripristino dei punti di ingresso e di uscita.
- Le TOC sono particolarmente adatte per il superamento di ostacoli, quali fiumi, canali, strade di grande comunicazione, aree pubbliche, aree archeologiche etc.

Il cavidotto conterrà tutti i cavi di energia, il cavo in fibra ottica e il conduttore di terra. I tubi che vengono abitualmente posati, compatibilmente alla tecnologia intrinseca della T.O.C., sono classificati PEAD UNI 7611-76 tipo 312. Questi tubi, in modo particolare per quanto riguarda la resistenza alle sollecitazioni meccaniche, non costituiscono protezione meccanica supplementare ai sensi delle Norme CEI 11-17 e di conseguenza devono essere posati ad una profondità minima di 1,7 m. Il colore deve essere diverso da arancio, giallo, rosso, nero e nero a bande blu.

Per il dettaglio dei tipologici di posa, si rimanda all'elaborato WIND004.ELB010a - Tracciato elettrodotti (interno) MT. La tensione di esercizio dei cavi è pari a 30kV. Le correnti nominali per ciascuna linea sono funzione della potenza vettoriata (vedi documento di progetto WIND003.ELB008b).

La tabella che segue riporta le tipologie e le formazioni dei cavi MT utilizzati nelle diverse sezioni di impianto (La sigla SSEU sta per Sottostazione Elettrica Utente – La sigla WTG indica l'aerogeneratore). Tutte le linee in cavo soddisfano la verifica termica prevista dalla normativa vigente, sia per quanto concerne le correnti di cortocircuito che per la tenuta termica dei cavi (vedi Relazione Calcoli elettrici allegata al documento di progetto WIND003.ELB008b).

### 3.3. Sottostazione elettrica utente - SSEU

La cabina di step-up MT/AT di competenza del Proponente (SSEU), sarà adiacente alla nuova stazione elettrica di Terna S.p.A.

Il parco eolico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso la cabina di step-up MT/AT, connessa alla rete di trasmissione nazionale. La step-up riceve a 30 kV l'energia prodotta dall'impianto eolico tramite una cabina MT posta all'interno dell'area della step-up stessa. Successivamente l'energia collettata viene innalzata al livello di tensione della RTN 150kV tramite due trasformatori 150/30 kV della potenza di 45-63 MVA (ONAN-ONAF). Dai trasformatori si diparte lo stallo AT, costituito da organi di misura, protezione e sezionamento in AT isolati in aria, fino a giungere al punto di connessione con l'adiacente cabina primaria Terna (SE Selegas), attraverso un sistema di sbarre aeree.

Nei documenti di progetto WIND003.ELB011b e WIND003.ELB011c sono riportate la pianta, la sezione e gli inquadramenti della SSEU in questione. Sugli schemi unifilari (WIND003.ELB008b), sono descritte le apparecchiature che compongono la SSEU.

#### Sezione 150 kV

La porzione di impianto AT di utente sarà così composta (procedendo dal lato impianto verso la SE di Terna):

##### Apparati sezione 1

N. 3 TA induttivi lato MT (misure)

n. 1 trasformatore AT/MT 150/30 kV della potenza di 45 MVA in ONAN e 63 MVA in ONAF;

n. 1 scaricatore di sovratensioni;

n. 3 TA induttivi lato AT (protezioni);

n. 1 interruttore di protezione;

n. 3 TV induttivi (misure);

n. 3 TV capacitivi (protezioni);

- n. 1 sezionatore di linea;
- n. 1 sistema di distribuzione in corda e sbarre di alluminio;

#### Apparati sezione 2

- N. 3 TA induttivi lato MT (misure)
- n. 1 trasformatore AT/MT 150/30 kV della potenza di 45 MVA in ONAN e 63 MVA in ONAF;
- n. 1 scaricatore di sovratensioni;
- n. 3 TA induttivi lato AT (protezioni);
- n. 1 interruttore di protezione;
- n. 3 TV induttivi (misure);
- n. 3 TV capacitivi (protezioni);
- n. 1 sezionatore di linea;
- n. 1 sistema di distribuzione in corda e sbarre di alluminio;

#### Apparati montante generale

- n. 1 sezionatore di linea;
- n. 1 interruttore di protezione generale (DG) che svolge anche la funzione di dispositivo di interfaccia (DDI);
- n. 3 TA induttivi lato AT (protezioni)
- n. 1 sezionatore di linea;
- n. 3 TV capacitivi (protezioni);
- n. 1 sistema di distribuzione in corda e sbarre di alluminio;

La porzione di impianto AT relativo alle opere comuni di connessione sarà costituita dalle seguenti apparecchiature:

- n. 1 sezionatore di linea;
- n. 1 interruttore di protezione;
- n. 3 TA induttivi lato AT (protezioni)
- n. 1 sezionatore di linea;
- n. 3 TV capacitivi (protezioni);
- n. 1 sistema di distribuzione in corda e sbarre di alluminio;

Le distanze di guardia e di vincolo previste per le tensioni di funzionamento saranno progettate in armonia con quanto prescritto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale anche al fine di ridurre al minimo le indisponibilità per manutenzione. Ove sussistano problematiche relative allo spazio, si può prendere in esame la possibilità di ridurre alcune distanze nel rispetto delle distanze di sicurezza e di quelle strettamente necessarie previste per le operazioni di manutenzione (CeI 11-48).

PRINCIPALI DISTANZE DI PROGETTO	
Distanza fra le fasi per le sbarre, le apparecchiature e i conduttori in sorpasso	2,2m
Larghezza degli stalli (se applicabile)	12,5m
Altezza dei conduttori di stallo (se applicabile)	4,5m

DISTANZE LONGITUDINALI TRA LE PRINCIPALI APPARECCHIATURE DI STALLO	
Distanza tra l'interruttore e lo scaricatore (distanze tra le mezzerie delle apparecchiature)	4m
Distanza tra il TV e lo scaricatore di linea (distanze tra le mezzerie delle apparecchiature)	3,5m
Distanza tra il trasformatore e lo scaricatore	2m

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione di esercizio del sistema: 150 kV
- Tensione massima del sistema: 170 kV
- Frequenza nominale: 50 Hz
- Tensione di tenuta a frequenza industriale: 325 kV
- Tensione di tenuta ad impulso atmosferico: 750 kV
- Corrente nominale di corto circuito 31.5 KA
- Corrente nominale di guasto monofase a terra 31.5 kA

La massima corrente presente su ciascuna sezione del lato MT della step-up è pari a 890 A. Sulle sbarre AT di ciascuna sezione la corrente massima si riduce a 178 A. Sulle sbarre AT del montante generale la corrente massima è di 356 A.

### Sezione 30 kV

L'impianto sarà completato dalla sezione 30 kV, posta all'interno della cabina MT, la quale sarà composta da:

- n. 1 quadro MT generale 30kV completo di:
  - Scomparti di sezionamento e protezione linee provenienti dall'impianto eolico (n. 4 montanti suddivisi in 2 sezioni)
  - Scomparti misure
  - Scomparto protezione generale
  - Scomparto trafo ausiliari
- Trasformatore MT/BT servizi ausiliari 30/0,4 kV da 100 kVA;
- Quadro servizi ausiliari;
- Misuratori fiscali;
- Sistema di monitoraggio e controllo;
- Impianto TVCC;

L'edificio ospitante la cabina MT, come già detto in precedenza, è contenuto all'interno dei confini della cabina MT/AT ed è anch'esso di nuova edificazione.



La massima corrente presente sul lato MT della step-up è pari a 890 A.

### 3.3.1. Caratteristiche apparati 150 kV

La disposizione delle apparecchiature è rappresentata sullo Schema elettrico unifilare AC (Rif. WIND003.ELB008a) e sulla tavola WIND004.ELB011b. Di seguito gli apparati che costituiscono la sezione AT della SSE.

#### Trasformatori AT/MT

Tipo di servizio	continuo
Raffreddamento	ONAN-ONAF
Potenza nominale	45-63 MVA
<b>Tensioni a vuoto:</b>	
Primario	150 kV $\pm$ 10x1,2%
Secondario	30 kV
Frequenza	50 Hz
Connessione	Stella/triangolo
Gruppo di connessione	YNd11
Tensione di cortocircuito	12%
<b>Isolamento a tensione a frequenza industriale:</b>	
Primario	275 kV
Neutro del primario	95 kV
Secondario	70 kV

#### Regolazione di tensione

Ciascun trasformatore sarà provvisto di regolazione di tensione sotto carico mediante regolatore collocato sull'avvolgimento primario. Il regolatore avrà 21 posizioni con variazioni del 12 % della tensione nominale (1,8 kV) ottenendo un range di variazione 132-168kV.

#### Raffreddamento

Il raffreddamento si ottiene tramite radiatori e ventilatori azionati da termostato.

#### Protezioni

- indicatore magnetico di livello di olio con allarme per livello minimo;
- valvola di apertura di sovrappressione e allarme;
- relè Buchholz con contatti di allarme e apertura;

- termometro con indicazione di temperatura dell'olio con 4 contatti puliti per ventilazione forzata, allarme temperatura, apertura interruttore e segnalazione interruttore aperto.

**Scaricatori di sovratensioni:**

Tensione di servizio continuo $U_c$ (fase-terra)	108 kV
Tensione di innesco $U_r$ (fase-terra)	144 kV
Tensione massima transitoria (1 s) TOV1s (fase-terra)	167 kV
Tensione massima residua (10 kA, 8/20 $\mu$ s)	339 kV
Corrente nominale di scarica	10 kA

**Trasformatori amperometrici (TA induttivi per le protezioni):**

Classe di misura	0,2/0,5/1,0
Grado di protezione (IEC 60144)	IP 54
Rapporti	300-600/1-1-1A
Nuclei	3
Prestazione/Classe	10 VA, cl. 0.2, FS<10
Prestazione	20VA, 5P20/20 VA, 5P20
Corrente Massima Permanente	1.2 IN A

**Interruttore di protezione generale (DG) che svolge anche la funzione di dispositivo di interfaccia (DDI):**

Tensione nominale	170 kV
Frequenza nominale	50 Hz
Corrente nominale	3000A

**Max tensione di prova tra fase e terra:**

Tensione di tenuta nominale a frequenza d'esercizio, 1 min	325 kV
Tensione di tenuta nominale a frequenza d'esercizio, (1.2/50 $\mu$ s)	750 kV

**Max tensione di prova sulla distanza di sezionamento:**

Tensione di tenuta nominale a frequenza d'esercizio, 1 min	375 kV
Tensione di tenuta nominale a frequenza d'esercizio, (1.2/50 $\mu$ s)	860 kV
Corrente nominale di breve durata (3s)	40 kA
Corrente nominale di picco	100kA
Perdita annua gas	< 1%
Potere di interruzione nominale in corto circuito	40kA / 50 Hz
Potere di interruzione nominale in corto circuito	40kA / 60 Hz

Potere di stabilimento nominale di picco in corto circuito	100kA
Interruzione di correnti induttive su linea vuoto	63A
Interruzione di correnti capacitive su cavi a vuoto	160A
Comando	azionamento tripolare a molla/unipolare a molla
Tipo di comando	BLK222/BLK82
Sequenza nominale di operazioni	O-0.3s-CO-1min.-CO
Tempo di apertura	25ms
Tempo d'interruzione (50 Hz)	47ms
Tempo di chiusura	42ms
Tensione nominale di alimentazione dei circuiti ausiliari	110VDC

**Trasformatori voltmetrici (TV induttivi per le misure UTF e capacitivi per le protezioni):**

Tensione massima	170 kV
Tensione a impulso atmosferico (1.2/50 $\mu$ s)	750 kV
Tensione a frequenza industriale	325 kV
Frequenza	50 Hz
Rapporto di trasformazione	150000:3 / 100:3 V
Potenze e classi di precisione (misura e protezione):	
Primo nucleo	50 VA; 0,5
Secondo nucleo	50 VA; 3P
Potenze e classi di precisione (fatturazione)	
Primo nucleo	50 VA; 0,2

**Sezionatore di linea senza coltelli di terra**

Tensione massima	170 kV
<b>Tensione a impulso atmosferico (1.2/50<math>\mu</math>s):</b>	
A terra e tra poli (val. cresta)	750 kV
Sulla distanza di sezionamento (val. cresta)	860 kV
<b>Tensione a frequenza industriale:</b>	
A terra e tra poli (val. cresta)	325 kV
Sulla distanza di sezionamento (val. cresta)	375 kV
Corrente massima	2000 A
Massima corrente di breve durata (1 s) (val. efficace)	31,5 kA
Massima corrente di breve durata (1 s) (val. cresta)	80 kA
Tempo di apertura	$\leq 1,5$ s

Tensione di controllo e azionamento del motore	110 Vdc
Tensione riscaldamento	230 Vac

### Sezionatore di terra

Comando	azionamento tripolare a motore
Tensione nominale d'alimentazione dei circuiti ausiliari	110VDC
Tempo di manovra da linea a terra	5.5s
In emergenza funzionamento manuale (manovella).	
Posizione del contatto visibile attraverso l'oblò	

### Collegamenti AT

#### Collegamenti in corda

Corda nuda di alluminio  $\Phi = 36$  mm

#### Sbarre AT

Tubo di alluminio  $\Phi = 100/86$  mm

### Cavo AT di collegamento alla SE Selegas

#### Caratteristiche di costruzione:

Materiale del conduttore	Alluminio
Isolamento	XLPE
Tipo di conduttore	Corda rotonda compatta
Guaina metallica	Alluminio corrugato termosaldato

#### Caratteristiche dimensionali:

Diametro del conduttore	38,2 mm
Sezione	1000 mm <sup>2</sup>
Spessore del semi-conduttore interno	1,5 mm
Spessore medio dell'isolante	17,0 mm
Spessore del semi-conduttore esterno	1,3 mm
Spessore guaina metallica	approx 1,9 mm
Spessore guaina	4,1 mm
Diametro esterno nom.	1 03,0 mm
Sezione schermo	520 mm <sup>2</sup>
Peso approssimativo	9 kg/km

#### Caratteristiche elettriche:

Max tensione di funzionamento	170 kV
<b><i>Messa a terra degli schermi - posa a trifoglio assenza di correnti di circolazione</i></b>	
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	830 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa a trifoglio	715 A
<b><i>Messa a terra degli schermi - posa in piano assenza di correnti di circolazione</i></b>	
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa in piano	910 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa in piano	785 A
Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c.	0,029 Ohm/km
Capacità nominale	0,23 µF / km
Corrente ammissibile di corto circuito	54,8 kA
Tensione operativa	150 kV

**Isolatori passanti.**

Tipo	isolatore composito
Tensione nominale	145kV/170kV
Distanza in aria	1304 mm/1633 mm
Linea di fuga	4670 mm/5462 mm
Max carico statico	1000 N/1000 N

**Isolatori di supporto di sbarra.**

Tensione massima	170 kV
Tensione a impulso atmosferico (1.2/50µs)	750 kV
Tensione a frequenza industriale	325 kV
Linea di fuga	3900 mm
Carico di rottura a flessione	6000 N
Carico di rottura a torsione	3000 Nm

Tutti gli ausiliari AT saranno alimentati da un soccorritore con uscita 100V DC installato nella cabina MT.

**3.3.2. Caratteristiche apparati 30 kV**

Le caratteristiche delle apparecchiature sono descritte sullo Schema elettrico unifilare AC (Rif. WIND003.ELB008a). Di seguito le caratteristiche generali dei componenti il sistema.

**Celle MT**

Nel locale Cabina MT sarà installato Quadro di Media Tensione di parallelo (QMTT), conforme alle IEC 62271-200 composto da unità di tipo modulare compatte ad isolamento in aria a 36 kV, equipaggiate con apparecchiature di interruzione e sezionamento isolate in vuoto a 36 kV. Il quadro è composto da:

- Sezione 1
  - n. 1 unità arrivo linea con sensori voltmetrici e amperometrici;
  - n. 1 unità di protezione generale con relè protezioni 50-511-51N-67N e corrente nominale 1250A;
  - n. 1 unità protezione trasformatore servizi ausiliari con relè protezioni 50-51 e corrente nominale 630A;
  - n. 2 unità per la protezione delle linee montanti che arrivano dall'impianto eolico con relè 50-51 e corrente nominale 630A;
  - n. 1 TO toroidale per la rilevazione delle correnti omopolari.
- Sezione 2
  - n. 1 unità arrivo linea con sensori voltmetrici e amperometrici;
  - n. 1 unità di protezione generale con relè protezioni 50-511-51N-67N e corrente nominale 1250A;
  - n. 2 unità per la protezione delle linee montanti che arrivano dall'impianto eolico con relè 50-51 e corrente nominale 630A;
  - n. 1 TO toroidale per la rilevazione delle correnti omopolari.

Dai sensori voltmetrici e amperometrici saranno prelevati i segnali di tensione e di corrente per i relè che azionano i dispositivi di protezione di cui sopra. Gli interruttori saranno tutti motorizzati. L'alimentazione dei circuiti ausiliari MT è a 230V AC proveniente da un UPS da 10 kVA installato nella cabina stessa.

#### 4. Disciplinare delle opere civili

Le opere civili previste a progetto constano di:

- Fondazione degli aerogeneratori;
- Piazzole aerogeneratori;
- Cabine di smistamento;
- Viabilità interna;
- Step-up 30 kV / 150 kV;
- Posa cavidotti 30 kV.

Le fondazioni delle torri, di tipo superficiale, sono costituite da plinti in calcestruzzo armato gettate in opera su strato di magrone per sottofondazioni.

La cabina di smistamento sarà costituita da elementi prefabbricati, le cui dimensioni saranno tali da consentire la posa e l'esercizio in sicurezza delle apparecchiature elettriche e la loro manutenzione.

La viabilità interna consiste in una serie di strade e di piazzole al fine di raggiungere agevolmente tutti i siti in cui saranno sistemati gli aerogeneratori. Tale viabilità interna sarà costituita da alcune strade

interpoderali già esistenti e da nuove strade da realizzare. Per le strade interpoderali esistenti le opere edili previste consistono nell'adeguamento di alcuni tratti della sede stradale per la circolazione degli automezzi speciali necessari al trasporto degli elementi componenti l'aerogeneratore e i mezzi di sollevamento come le gru. Gli adeguamenti suddetti prevedono dei raccordi agli incroci con strade esistenti e nei punti di maggiore deviazione della direzione stradale e ampliamenti della sede stradale nei tratti di minore larghezza. A tal fine, le opere edili prevedono l'asportazione, lateralmente alle strade, dello strato superficiale di terreno vegetale per consentire la realizzazione di un adeguato sottofondo di materiale calcareo e di un sovrastante strato di stabilizzato. Lo spandimento dello strato di stabilizzato sarà effettuato come intervento di manutenzione ordinaria anche su tutto il tratto della strada interpodereale interessato dalla circolazione dei suddetti automezzi speciali.

Per la realizzazione delle nuove strade sono previste le stesse opere edili necessarie per l'adeguamento delle strade interpoderali già esistenti e sopra riportate.

Per la realizzazione delle piazzole vale quanto detto per le nuove strade interne al parco eolico.

Nonostante l'orografia dell'area poco favorevole, nell'apertura delle nuove piste di servizio si è preferito ricorrere a forti pendenze longitudinali (circa il 19%) per minimizzare i movimenti da materia, sia in scavo che in riporto, non prevedendo opere d'arte per il contenimento di tagli o scarpate.

Tutte le strade di nuova apertura saranno in futuro solo utilizzate per la manutenzione degli aerogeneratori, chiuse al pubblico passaggio (ad esclusione dei proprietari), e saranno realizzate seguendo l'orografia del terreno attraversato, cercando di ridurre al minimo eventuali movimenti di terra, utilizzando come sottofondo il materiale frantumato proveniente dagli scavi e rifinendole con una pavimentazione stradale a macadam.

#### **4.1. Preparazione delle aree di cantiere**

Prima dell'apertura del cantiere, si procederà a:

- Individuare e perimetrare le aree oggetto di nuova viabilità interna;
- Individuare le aree oggetto di nuovi elettrodotti;
- Individuare le aree oggetto di piazzole e fondazioni;
- Perimetrare le suddette aree di intervento per evitare interferenze con aree estranee, segnalandole appositamente;
- Livellare e regolarizzare il terreno deputato alla viabilità di cantiere;
- Allontanare corpi estranei quali massi posati sul terreno in corrispondenza delle opere, o residui di altra natura.

## 4.2. Scavi

Sono previste diverse attività di scavo, dettagliate nel progetto e disciplinate dalla Direzione Lavori, indispensabili per la fattibilità del progetto e realizzate dall'Appaltatore secondo il massimo scrupolo circa gli adempimenti di sicurezza e l'utilizzo di ogni dispositivo quali, a mero titolo di esempio, puntellature del terreno, armature, costoni di rinforzo provvisori o definitivi e ogni altro accorgimento atto a scongiurare il pericolo di smottamenti o cedimenti che compromettano la sicurezza e rechino danni a persone o cose.

Le aree di scavo verranno identificate puntualmente e ripulite da elementi estranei prima dell'intervento, rispettando le sagome e le acclività di cui al Progetto Esecutivo e secondo le indicazioni della Direzione Lavori, avendo cura di ripulire con getti ad alta pressione eventuali corpi rocciosi e di evitare il riporto di materiale.

La profondità degli scavi sarà disciplinata dal Progetto Esecutivo ma in fase di realizzazione alla Direzione Lavori sarà data facoltà di modificare la profondità in virtù delle prove geognostiche e penetrometriche del terreno, che restituiranno il valore puntuale più idoneo per le aree e che giustificheranno pertanto un eventuale incremento dei valori determinati a Progetto Esecutivo. I dettagli di questi dimensionamenti saranno poi resocontati nel progetto "as built".

Materiale di origine vegetale che dovesse essere asportato sarà tagliato in parti trasportabili con i mezzi a disposizione e convogliato in luogo idoneo per il proprio conferimento, qualora non fosse possibile una riplantumazione.

### 4.2.1. Scavi di sbancamento

Sono da considerare scavi di sbancamento gli scavi da effettuare per la gradonatura dei piani di posa dei rilevati, per la regolarizzazione della superficie della viabilità, per la preparazione dei piani per la realizzazione di eventuali gabbionate, per la bonifica di superfici pianeggianti o inclinate negli spessori già previsti in progetto o richiesti dalla Direzione Lavori, anche se sottostanti al piano di sbancamento, anche se eseguiti in fasi successive. La gradonatura dei piani di posa dei rilevati deve essere effettuata previo taglio dei cespugli ed estirpazione delle ceppaie. Sono inoltre da considerarsi assimilabili a quelli di sbancamento anche gli scavi da effettuare per l'allargamento e la riprofilatura delle piste, 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 Direzione Lavori.



#### 4.2.2. Scavo a sezione obbligata

Si definiscono in questo modo gli scavi per fondazioni, gli elettrodotti, i canali di raccolta delle acque meteoriche e i drenaggi. Quando non diversamente richiesto dalla Direzione Lavori, le pareti di detti scavi sono da prevedersi con inclinazione indicata nel Piano di Sicurezza e di Coordinamento. Previo benestare da parte della Direzione Lavori e del Coordinatore per la Sicurezza in fase di cantiere, gli scavi potranno essere eseguiti anche con pareti verticali, fermo restando in ogni caso l'obbligo dell'Appaltatore ad impiegare ogni accorgimento affinché venga eseguita in condizioni di sicurezza la rimozione dei terreni franati.

In ogni caso, fatta salva la diversa e motivata disposizione della Direzione Lavori, L'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, a contenere le pareti dello scavo mediante adeguate opere di sostegno.

#### 4.2.3. Trivellazione guidata

La trivellazione orizzontale guidata (o "*Horizontal directional Drilling*") è una tecnologia che consente la posa in opera di tubazioni in polietilene o metallo, destinate ai cavi elettrici. La posa avviene mediante una trivellazione guidata elettronicamente dal punto di ingresso a quello di arrivo che permette di evitare scavi a cielo aperto, riducendo sensibilmente l'impatto della posa e i suoi costi, pur garantendo una lavorazione di precisione in totale sicurezza.

La posa potrà essere effettuata a secco oppure ad umido (con avanzamento coadiuvato da getto fluido costituito da acqua e bentonite), con le seguenti fasi di lavorazione:

- realizzazione di un foro pilota mediante l'introduzione nel punto di ingresso di una colonna di aste, con un utensile di perforazione posto in testa; tali aste sono guidate alla quota e nella direzione voluta;
- allargamento del diametro del foro fino a raggiungere le dimensioni utili alla posa dei tubi previsti, mediante utilizzo di un opportuno alesatore montato sulla testa di perforazione; ripristino finale dei punti di ingresso e di uscita.

Il Directional Drilling è dotato di un sistema di guida e manovra al fondo foro per il controllo ed il direccionamento della perforazione nel sottosuolo.

#### 4.2.4. Scavo a larga sezione per plinti di fondazione

Sono considerati tali gli scavi a larga sezione aventi dimensione di circa 30 metri di diametro e profondità consona alla sezione longitudinale del plinto di fondazione stesso che ha un'altezza di circa 4,10 m ed un diametro di 24,50 m. In sede esecutiva potranno essere previste rampe di accesso per permettere di eseguire saggi del terreno, prove di carico e prove penetrometriche al fine di verificare le caratteristiche

geotecniche del materiale. In queste circostanze potrebbe verificarsi, secondo direttiva della Direzione Lavori, la necessità di ampliare trasversalmente o in profondità lo scavo del plinto. La stessa è tenuta 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.

#### **4.2.5. Scavi per canalizzazione delle acque**

La gestione delle acque piovane in prossimità di viabilità e piazzole richiederanno opere di scavo occorrente per l'eventuale rettifica, modellazione e correzione di elementi di deflusso, e per l'alloggiamento di canalizzazioni. Lo scavo sarà eseguito con mezzi meccanici ed a mano in presenza di roccia, melma, fango o radici, ed 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.

Verrà assicurata una pendenza minima del 2% per garantire una direzione univoca di deflusso. Le attività suddette devono essere eseguite con idonea attrezzatura che permetta di minimizzare i danni arrecati ad eventuali colture presenti al bordo del corso. Le materie provenienti dagli scavi saranno prioritariamente riutilizzate in cantiere secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

#### **4.2.6. Scavi per scarifica di strade e piazzole**

Per l'allargamento e la profilatura delle strade esistenti in linea con il Progetto Esecutivo e, se prevista, per la sostituzione delle pavimentazioni, oltre che per il ripristino a verde delle aree occupate da piazzole, può essere richiesta la scarifica superficiale del tratto viario esistente per una profondità tra i 10 e i 25 cm, secondo quanto stabilito dalla Direzione Lavori, allo scopo di ravvivare lo strato di materiale sottostante, al fine di sovrapporvi il nuovo strato di sovrastruttura, o per asportarlo completamente.

Con la scarifica deve anche essere asportato il materiale non conforme e smosso l'eventuale strato di legante 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 andranno rimossi.

La scarifica andrà eseguita con mezzi meccanici idonei e, solamente ove necessario e in completa sicurezza, con attrezzi manuali. Nel caso di esecuzione di elettrodotti nelle sedi stradali asfaltate, la scarifica superficiale della pavimentazione stradale deve essere eseguita per una profondità di circa 3 cm, comprendendo quindi anche la parte superiore del calcestruzzo magro utilizzato per il riempimento dello

scavo dopo la posa in opera dei cavi; l'attrezzatura utilizzata per questa scarifica deve essere quindi idonea a svolgere l'attività.

#### **4.2.7. Demolizione e rimozione dei corpi estranei**

I corpi rocciosi di volume incompatibile con le opere a progetto, a discrezione della Direzione Lavori, verranno frantumati meccanicamente e riutilizzati nelle aree di progetto come materiale integrante delle opere civili. Solo qualora questo non fosse possibile, gli stessi corpi saranno trasferiti in apposita struttura per lo smaltimento.

Eventuali demolizioni di ruderi, murature o altri manufatti abbandonati in calcestruzzo semplice o armato saranno eseguite secondo scrupolose prescrizioni di sicurezza indicate nel P.S.C. e predisposte in sintonia con la Direzione Lavori. Le demolizioni saranno limitate a quelle prescritte a Progetto Esecutivo, e saranno eseguite con mezzi o attrezzi appropriati alla circostanza secondo le indicazioni della Direzione Lavori e senza l'ausilio di esplosivi. Restano incluse nelle opere a progetto e quindi a carico della Appaltatrice le opere di ricostruzione o ripristino danni.

Ogni materiale di risulta di queste attività verrà riutilizzato in cantiere, o qualora impossibile conferito in apposita discarica per il conferimento.

#### **4.2.8. Realizzazione del corpo stradale**

Per la realizzazione della viabilità, una volta eseguiti gli scavi e allontanato il materiale di risulta, si procederà secondo vari step che prevedono:

- La preparazione del sottofondo;
- Il costipamento del terreno in sito
- La realizzazione della fondazione stradale
- La realizzazione della massicciata stradale in misto granulometrico

##### **1. Preparazione del sottofondo**

I piani di posa dovranno anche essere liberati da qualsiasi materiale di altra natura vegetale, quali radici, cespugli, alberi.

Per l'accertamento del raggiungimento delle caratteristiche particolari dei sottofondi qui appresso stabilite, agli effetti soprattutto del grado di costipamento e dell'umidità in posto, l'Appaltatore, indipendentemente dai controlli che verranno eseguiti dalla Direzione dei Lavori, dovrà provvedere a tutte le prove e determinazioni necessarie.

A tale scopo dovrà quindi, a sue cure e spese, installare in cantiere un laboratorio con le occorrenti attrezzature.

Le determinazioni necessarie per la caratterizzazione dei terreni, ai fini della loro possibilità d'impiego e delle relative modalità, verranno preventivamente fatte eseguire dalla Direzione dei Lavori presso un laboratorio pubblico o presso laboratori privati certificati.

Rimosso il terreno costituente lo strato vegetale, estirpate le radici fino ad un metro di profondità sotto il piano di posa e riempite le buche così costituite si procederà, in ogni caso, ai seguenti controlli:

- a) determinazione del peso specifico apparente del secco del terreno in sito e di quello massimo determinato in laboratorio;
- b) determinazione dell'umidità in sito in caso di presenza di terre sabbiose, ghiaiose o limose;
- c) determinazione dell'altezza massima delle acque sotterranee nel caso di terre limose.

## 2. Costipamento del terreno in sito

**A)** Se sul terreno deve essere appoggiata la sovrastruttura direttamente o con l'interposizione di un rilevato di altezza minore di 50 cm, si seguiranno le seguenti norme:

- a) per le terre sabbiose o ghiaiose si dovrà provvedere al costipamento del terreno per uno spessore di almeno 25 cm con adatto macchinario fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco in sito, pari almeno al 95% di quello massimo ottenuto in laboratorio;
- b) per le terre limose, in assenza d'acqua, si procederà come al precedente punto a);
- c) per le terre argillose si provvederà alla stabilizzazione del terreno in sito, mescolando ad esso altro idoneo, in modo da ottenere un conglomerato a legante naturale, compatto ed impermeabile, dello spessore che verrà indicato volta per volta e costipato fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari al 95% del massimo ottenuto in laboratorio. Nel caso in cui le condizioni idrauliche siano particolarmente cattive, il provvedimento di cui sopra sarà integrato con opportune opere di drenaggio.

**B)** Se il terreno deve sopportare un rilevato di altezza maggiore di 0,50 m:

- a) per terre sabbiose o ghiaiose si procederà al costipamento del terreno con adatto macchinario per uno spessore di almeno 25 cm, fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari all'85% del massimo ottenuto in laboratorio per rilevati aventi un'altezza da 0,50 m a 3 m, e pari all'80% per rilevati aventi un'altezza superiore a 3 m;
- b) per le terre limose, in assenza di acqua, si procederà come indicato al punto a);
- c) per le terre argillose si procederà analogamente a quanto indicato al punto c) del Capo A).

In presenza di terre torbose si procederà in ogni caso alla sostituzione del terreno con altro tipo sabbioso-ghiaioso per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico.

### 3. Realizzazione della fondazione stradale

La fondazione sarà costituita dalla miscela del tipo approvato dalla Direzione dei Lavori e dovrà essere stesa in strati successivi dello spessore stabilito dalla Direzione dei Lavori in relazione alla capacità costipante delle attrezzature usate. Il sistema di lavorazione e miscelazione del materiale potrà essere modificato 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 impiegata. Durante il periodo di costipamento dovranno essere integrate le quantità di acqua che evaporano per vento, sole, calore, ecc.

Il materiale da usarsi dovrà corrispondere ai requisiti indicati e dovrà essere prelevato, ove sia possibile, sul posto.

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 detrimenti alla qualità dello strato stabilizzante. La costruzione sarà sospesa quando la temperatura sia inferiore a 3°C.

Qualsiasi area che risultasse 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 alle prescrizioni della Direzione dei Lavori, senza che questa abbia a riconoscere alcun particolare compenso aggiuntivo.

La superficie di ciascun 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.

### 4. Realizzazione di massciata stradale in misto granulometrico

Le massciate da eseguire e conservare a macadam ordinario saranno semplicemente costituite con uno strato di pietrisco o ghiaia di qualità, durezza e dimensioni secondo mescolanza di dimensioni assortite secondo gli ordini che saranno impartiti in sede esecutiva dalla Direzione dei Lavori. I materiali da impiegare dovranno essere scevri di materie terrose, detriti, sabbie e comunque di materie eterogenee. Essi saranno posti in opera nell'apposito cassonetto spargendoli sul fondo e sottofondo eventuale per un'altezza di 20 cm configurati accuratamente in superficie secondo il profilo assegnato alla sagoma trasversale in rettilineo fissata nei precedenti articoli per queste massciate, e a quello in curva che sarà ordinato dalla Direzione dei Lavori.

Se per la massciata è prescritta o sarà ordinata in sede esecutiva la cilindatura a fondo, questa sarà eseguita con le modalità relative al tipo chiuso. In entrambi i casi si dovrà curare di sagomare nel modo migliore la superficie della carreggiata secondo i prescritti profili trasversali sopraindicati.

La cilindatura di tipo chiuso dovrà essere eseguita con uso di acqua, pur tuttavia limitato per evitare ristagni nella massicciata e rifluimento in superficie del terreno sottostante che possa perciò essere rammollito, e con impiego, durante la cilindatura, di materiale di saturazione, comunemente detto aggregante, costituito da sabbione, pulito e scevro di materie terrose da scegliere fra quello con discreto potere legante, o da detrito dello stesso pietrisco, se è prescritto l'impiego del pietrisco e come è opportuno per questo tipo, purché tali detriti siano idonei allo scopo. Detto materiale col sussidio dell'acqua e con la cilindatura prolungata in modo opportuno, ossia condotta a fondo, dovrà riempire completamente, o almeno il più che sia possibile, i vuoti che anche nello stato di massimo addensamento del pietrisco restano tra gli elementi del pietrisco stesso.

Ad evitare che per eccesso di acqua si verifichino inconvenienti immediati o cedimenti futuri, si dovranno aprire frequenti tagli nelle banchine, creando dei canaletti di sfogo con profondità non inferiore allo spessore della massicciata ed eventuale sottofondo e con pendenza verso l'esterno.

La cilindatura sarà protratta fino a completo costipamento col numero di passaggi occorrenti in relazione alla qualità e durezza dei materiali prescritto per la massicciata.

#### **4.3. Trasporto e conferimento materiali**

L'Appaltatrice avrà l'onere di trasportare a discarica i materiali provenienti dagli scavi che ha eseguito e che non verranno riutilizzati, a compensazione, per rinterri e riporti secondo quanto previsto dal Piano di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo. In nessun caso tali materiali saranno accantonati (nemmeno temporaneamente) ingombrando in tutto o in parte fossati, corsi d'acqua di qualsiasi specie, transiti ed accessi.

Il codice CER di detti materiali avviati allo smaltimento o recupero sarà: 17 05 04 "terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03". L'avvenuto invio a recupero dovrà essere attestato a mezzo di apposito formulario di identificazione rifiuti debitamente compilato e firmato in ogni sua parte. La quarta copia del formulario, completa della sottoscrizione del soggetto autorizzato al recupero, una volta restituita all'impresa produttrice del rifiuto, sarà da questa trasmessa in copia al Committente che, tramite la Direzione Lavori, autorizzerà la corresponsione dei relativi oneri. Nella scelta degli impianti di smaltimento e recupero, l'Appaltatrice dovrà impegnarsi a dare priorità a quelli individuati dalla Committente, a parità di prezzo contrattuale.

#### **4.4. Tubazioni e pozzetti d'ispezione**

Sarà prevista la realizzazione di pozzetti in calcestruzzo per canalizzazioni elettriche e idrauliche, per ispezione di dispersori di terra, etc., secondo i disegni di progetto e le disposizioni impartite in loco dalla

Direzione Lavori; 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.

Potrà 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.

I pozzetti prefabbricati in calcestruzzo armato e vibrato dovranno essere costruiti con impasto di cemento R425 dosato ad almeno 400 kg per m<sup>3</sup> di inerti di idonea granulometria; la massa volumica del calcestruzzo non deve essere inferiore a 2.300 kg/m<sup>3</sup> e la resistenza caratteristica deve raggiungere, a 28 giorni, i 25 N/mm<sup>2</sup>; le armature metalliche sono formate da tondi di acciaio B450C di diametro non inferiore a 5 mm, con giunzioni saldate; le pareti devono essere di spessore costante, non inferiore a 4 cm, con superfici sufficientemente lisce, esenti da difetti e con spigoli arrotondati sia internamente che esternamente; gli elementi vengono sigillati con impasto di solo cemento ed i giunti devono essere accuratamente stuccati con il medesimo impasto. Questi potranno essere del tipo semplice o sifonato e devono essere posti in opera su di un massetto di calcestruzzo, compensato a parte; per raggiungere il piano di calpestio devono essere impiegati gli appositi elementi aggiuntivi, aventi le stesse caratteristiche dei pozzetti.

#### **4.5. Regimazione acque superficiali**

Ove previsto dai disegni di progetto, e comunque ove richiesto dalla Direzione Lavori, in qualsiasi fase del programma di cantiere, dovranno essere realizzate opere di regimazione e canalizzazione delle acque di superficie, atte a prevenire i danni provocati dal ruscellamento delle acque piovane e dalla stagnazione delle stesse in presenza di compluvi e concavità create dalle opere a progetto, canalizzando le medesime verso i compluvi naturali. Questa misura permetterà inoltre di ridurre il fenomeno dell'erosione delle viabilità, causato dalle acque meteoriche, lungo i cigli delle stesse.

#### **4.6. Misure di compensazione e mitigazione ambientale**

##### **4.6.1. Fase di cantiere**

Come prescrizione generale, sarà necessario che l'Appaltatrice conduca ispezioni e manutenzioni periodiche sulle apparecchiature e i mezzi in cantiere, minimizzando i rischi per gli operatori e per le emissioni di gas, la produzione di rumori o lo sversamento di liquidi. In questo modo si potrà garantire un

rapido intervento per evitare o contenere a vantaggio della sicurezza, e in subordine di impatti inquinanti su acque o suolo circostante.

Le aree destinate allo stoccaggio temporaneo dei materiali saranno inoltre confinate e minimizzate per evitare l'uso del suolo non strettamente necessario.

Si avrà inoltre cura di asportare, preliminarmente alla realizzazione delle opere, il terreno di scotico, che sarà prelevato avendo cura di selezionare e stoccare separatamente gli orizzonti superficiali e quelli più profondi, ai fini di un successivo riutilizzo per i ripristini ambientali. Le stesse saranno riutilizzate nelle aree superficiali dal terreno in corrispondenza delle aree con caratteristiche vegetazionali compatibili per favorire la rinaturalizzazione delle stesse aree, e un utilizzo efficiente del materiale ad alto valore fertilizzante.

I materiali di risulta di scavi e sbancamenti verranno preferibilmente utilizzati in situ, limitando il conferimento in discarica, in particolare per quelli provenienti dagli scavi necessari per realizzare le fondazioni degli aerogeneratori, giacché il substrato roccioso assicura una disponibilità abbondante ed omogeneamente distribuita di materiale idoneo per la costruzione della sovrastruttura di strade e piazzole.

#### **4.6.2. Opere di rinverdimento e ripristino**

Al fine di proteggere le superfici di terreno ottenute con l'esecuzione degli scavi e dei rilevati, e per il recupero ambientale dell'area oggetto dell'insediamento, ove indicato in progetto e dalla Direzione Lavori, l'Appaltatrice dovrà dare luogo ad un'azione di ripristino e consolidamento della copertura vegetale, come previsto anche in Piano di Dismissione.

Nell'ottica di una massimizzazione del risultato in oggetto, le opere si dovranno attenere scrupolosamente al cronoprogramma impartito in fase di Progetto Esecutivo, facendo seguito alla concomitanza di tutte le attività possibili al netto delle possibilità logistiche e in primis delle norme di sicurezza sul cantiere.

Le specie arboree rinvenute nell'area di progetto verranno tutelate e, ove possibile, escluse dalle aree di intervento. Qualora questo non fosse possibile, ad esempio in caso di interferenze, le essenze verranno ripiantate e se ne favorirà la crescita di esemplari della medesima specie onde preservare il contesto pedologico e agronomico.

Al fine di favorire una veloce ricolonizzazione delle aree utilizzate come deposito temporaneo durante la fase di cantiere da parte delle comunità vegetali erbacee spontanee, si avrà cura di accantonare gli strati superficiali di suolo (primi 10 cm) al fine di risistamarli in superficie in fase di ripristino delle aree utilizzate come deposito temporaneo. Questo garantirà il mantenimento in loco dello stock di seme naturalmente presente nel terreno favorendo, in occasione delle prime piogge utili, lo sviluppo di nuova vegetazione erbacea.



Ove infine si fossero formate delle scarpate o dei costoni, gli stessi verranno periziati da un professionista in fase di dismissione per disciplinare la migliore opera di rinverdimento a cura e onere della Committente. Le attività dovranno essere documentate per garantire un recupero delle aree in linea con le prescrizioni e le buone norme di ripristino.

## **5. Materiali per opere strutturali**

### **5.1. Materiali per le opere civili**

L'Appaltatore dovrà approvvigionare i materiali per le opere civili infrastrutturali presso fornitori accreditati che diano adeguate garanzie e regolari certificazioni per l'espletamento della fornitura con uniformità e costanza di caratteristiche, e dovrà altresì assicurarsi dell'efficacia e della regolarità dei controlli. L'Appaltatore è tenuto ad assicurarsi con congruo anticipo circa la disponibilità di tutti i materiali necessari per non alterare il cronoprogramma di realizzazione delle opere comportando un incremento nell'impatto del cantiere. Su richiesta della Committente, l'Appaltatore fornirà le informazioni necessarie circa la provenienza dei materiali ed i fornitori presso i quali si è approvvigionato. Il trasporto dei materiali per le opere civili in cantiere prevederà mezzi idonei e rispondenti alle prescrizioni di legge per ciascuno dei materiali.

L'Appaltatore avrà l'onere delle conservazione dei materiali sul cantiere durante tutto il periodo di attività di quest'ultimo, riservando la massima cura e attenzione alla diligenza e tutelando la sicurezza di persone e cose, e in second'ordine il corretto stoccaggio per preservare la massima efficienza in opera dei materiali, senza intralciare i lavori.

Tutti i materiali risponderanno alle prescrizioni di norma e saranno congrui alle prescrizioni dell'Appalto sotto il controllo della Direzione Lavori, che avrà sempre l'ultima parola sul loro impiego. Le specifiche tecniche di dettaglio dei materiali dovranno essere dettagliati nel Progetto Esecutivo, e variate solo in caso di necessità manifestata dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore sarà l'unico responsabile dell'idoneità tecnica dei materiali utilizzati, qualsiasi sia la loro provenienza, il trasporto e le modalità di conservazione prima dell'impiego. Tutti gli sfridi e le eccedenze dei materiali per le opere civili sono di proprietà dell'Appaltatore che deve provvedere allo sgombero, alla rimozione ed allo smaltimento di essi. L'Appaltatore è tenuto ad eseguire a propria cura e spese i prelievi indicati dal Committente, il trasporto e l'affidamento dei provini al laboratorio di prova, al pagamento delle prove ed alla consegna dei certificati con i risultati al Committente.

I materiali per le opere civili utilizzati dall'Appaltatore devono rispondere ai requisiti delle norme vigenti in merito nel testo in vigore durante l'esecuzione dei lavori e ad ogni prescrizione di legge intervenuta in materia in epoca successiva alla data di edizione del presente documento. Tutte le prove di accettazione dei materiali condotte dalla Direzione Lavori, le analisi fisico-chimiche, granulometriche, spettrometriche, di schiacciamento, di trazione o simili devono essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore presso laboratori ufficiali, ivi compresi quelli del Committente, e i certificati delle prove devono essere inviati al Committente nel più breve tempo possibile e archiviati tra i verbali di cantiere.

### 5.1.1. Calcestruzzi Strutturali

Nelle opere strutturali saranno impiegati leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità rilasciato da un organismo europeo a una norma armonizzata della serie UNI EN 197-1 e UNI EN 197-2. È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

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

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

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

Gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1 sono idonei all'utilizzo.

Sarà consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti previsti dalla norma, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica dovranno essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e comunque negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Sarà inoltre possibile fare utile riferimento alle norme UNI 8520-1 e UNI 8520-2 al fine di individuare i requisiti chimico-fisici aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella precedente tabella. Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose e argillose o di gesso, in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime

commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature e devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per l'eliminazione di materie nocive. Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie pulverulenti e deve essere costituito da elementi le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

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

La sabbia naturale o artificiale dovrà risultare bene assortita in grossezza e costituita da grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose. Prima dell'impiego, se necessario, deve essere lavata con acqua dolce per eliminare eventuali materie nocive. La Direzione Lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia e dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego. Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultino da un certificato emesso in seguito a esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave, e i risultati di tali indagini siano ritenuti idonei dalla direzione dei lavori.

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

Sarà ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio impiegato nelle opere. I fumi di silice devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale, come previsto dalla norma. Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone, dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, ecc.) che possano compromettere o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

Il dosaggio delle ceneri volanti non dovrà superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non verrà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento. Nella progettazione del mix e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti

un incremento della richiesta di additivo per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%, come previsto dalle norme.

La silice attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di  $\text{SiO}_2$  con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron, e ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco potrà essere utilizzata ove fornita allo stato naturale, così come ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone, oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa. Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche. Il dosaggio della silicafume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento. Tale aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Se si utilizzeranno cementi di tipo I, potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto acqua/cemento una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento. Nella progettazione del mix e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsiline praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silicafume, come previsto per norma.

L'impiego di additivi, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata e selezionata ai sensi della norma. L'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi da utilizzarsi per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio potranno essere impiegati solo dopo una valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego. Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

## **VALUTAZIONE PRELIMINARE CALCESTRUZZO**

L'appaltatore, prima dell'inizio della costruzione dell'opera, dovrà effettuare idonee prove preliminari di studio ed acquisire idonea documentazione relativa ai componenti, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Nel caso di forniture provenienti da impianto di produzione industrializzata con certificato di controllo della produzione in fabbrica, tale documentazione è costituita da quella di identificazione, qualificazione e controllo dei prodotti da fornire.

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di acquisire, prima dell'inizio della costruzione, la documentazione relativa alla valutazione preliminare delle prestazioni e di accettare le tipologie di calcestruzzo da fornire, con facoltà di far eseguire ulteriori prove preliminari.

Il Direttore dei Lavori ha comunque l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la corrispondenza delle caratteristiche del calcestruzzo fornito rispetto a quelle stabilite dal progetto.

Per le modalità di controllo e di accettazione la Direzione Lavori dovrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

### **Controllo di Accettazione**

Il controllo di accettazione è eseguito dal Direttore dei Lavori su ciascuna miscela omogenea e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione come previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza della Direzione dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dalla Direzione dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dalla Direzione dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3 tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;

- i valori delle prestazioni misurate.

Per gli elementi prefabbricati di serie, realizzati con processo industrializzato, sono valide le specifiche indicazioni di cui al punto 11.8.3.1 del D.M. 17 gennaio 2018.

L'opera o la parte di opera realizzata con il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente risolta. Il costruttore deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel punto § 11.2.6 del D.M. 17 gennaio 2018. Qualora i suddetti controlli confermino la non conformità del calcestruzzo, si deve procedere, sentito il progettista, ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Qualora non fosse possibile effettuare la suddetta verifica delle caratteristiche del calcestruzzo, oppure i risultati del controllo teorico e/o sperimentale non risultassero soddisfacenti, si può: conservare l'opera o parte di essa per un uso compatibile con le diminuite caratteristiche prestazionali accertate, eseguire lavori di consolidamento oppure demolire l'opera o parte di essa.

I controlli di accettazione sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a verificarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse rispettato, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai controlli di accettazione.

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato, la Direzione dei Lavori, è tenuta a verificare quanto prescritto nel punto 11.2.8. del succitato decreto ed a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al punto 11.2.5 del D.M. e ricevere, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

Per produzioni di calcestruzzo inferiori a 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati, la stessa deve essere confezionata sotto la diretta responsabilità del costruttore. La Direzione dei Lavori deve avere, prima dell'inizio della produzione, documentazione relativa ai criteri ed alle prove che hanno portato alla determinazione delle prestazioni di ciascuna miscela omogenea di conglomerato, così come indicato al punto 11.2.3. del D.M. 17 gennaio 2018.

L'acqua per gli impasti dei calcestruzzi dovrà essere dolce, limpida, priva di sali in percentuali dannose (particolarmente solfati e cloruri), priva di materie terrose e non aggressiva. L'acqua, a discrezione della Direzione Lavori, in base al tipo di intervento o di uso, potrà essere trattata con speciali additivi per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto. Sarà vietato l'impiego di acqua di mare.

### 5.1.2. Casseforme

Le casseforme per il getto dei plinti saranno preferibilmente metalliche. Quelle in legno possono essere realizzate con tavole o pannelli.

Le tavole dovranno essere di spessore non inferiore a 25 mm, di larghezza standard esenti da nodi o tarlature. I pannelli, invece, dovranno essere di spessore non inferiore a 12 mm, con le fibre degli strati esterni disposte nella direzione portante, con adeguata resistenza agli urti e all'abrasione.

Per quanto concerne lo stoccaggio sia delle tavole che dei pannelli, il legname dovrà essere sistemato in cataste su appoggi con altezza del terreno tale da consentire una sufficiente areazione senza introdurre deformazioni dovute alle distanze degli appoggi o umidità penetrata. Le cataste andranno collocate in luoghi al riparo dagli agenti atmosferici e protette con teli impermeabili; la pulizia del legname dovrà avvenire subito dopo il disarmo e comunque prima dell'accatastamento o del successivo reimpiego. Le casseforme di plastica, adoperate per ottenere superfici particolarmente lisce, non dovranno essere utilizzate per getti all'aperto. Il materiale di sigillatura dei giunti dovrà essere compatibile con quello dei casseri.

Le casseforme in calcestruzzo saranno conformi alla normativa vigente per il calcestruzzo armato, ed avranno resistenza non inferiore a  $29 \text{ N/mm}^2$  ( $300 \text{ Kg/cm}^2$ ), gli eventuali inserti metallici (escluse le piastre di saldatura) dovranno essere in acciaio inossidabile per resistere alle condizioni ambientali del cantiere senza perdere le caratteristiche strutturali e per non rappresentare un pericolo per la sicurezza delle maestranze. La movimentazione e lo stoccaggio di tali casseri dovrà essere eseguita con cura particolare, lo stoccaggio dovrà avvenire al coperto, le operazioni di saldatura non dovranno danneggiare le superfici adiacenti, la vibrazione verrà effettuata solo con vibrator esterni e le operazioni di raschiatura e pulizia delle casseforme dovranno essere ultimate prima della presa del calcestruzzo.

Nei casseri realizzati con metalli leggeri si dovranno impiegare leghe idonee ad evitare la corrosione dovuta al calcestruzzo umido; particolare attenzione sarà posta alla formazione di coppie galvaniche derivanti da contatto con metalli differenti in presenza di calcestruzzo fresco. Nel caso di casseri realizzati in lamiera d'acciaio piane o sagomate, dovranno essere usati opportuni irrigidimenti e diversi trattamenti della superficie interna.

Queste casseforme potranno essere costituite da pannelli preassemblati o da impianti fissi specificatamente per le opere da eseguire (tavoli ribaltabili, batterie, o simili); i criteri di scelta saranno legati al numero dei reimpieghi previsto, alla tenuta dei giunti, alle tolleranze, alle deformazioni, alla facilità di assemblaggio ed agli standards di sicurezza richiesti dalla normativa vigente.



### 5.1.3. Acciaio per armatura

Ciascun acciaio qualificato deve essere immediatamente riconoscibile, per quanto concerne le caratteristiche qualitative, e rintracciabile, per quanto concerne lo stabilimento di produzione. Il marchio indelebile dovrà essere depositato e deve consentire, in maniera inequivocabile, di risalire all'azienda produttrice, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

La Direzione Lavori dovrà prescrivere il prelievo di vari spezzoni da sottoporre agli accertamenti sulle caratteristiche fisico-chimiche, coerentemente a quanto disposto dalla norma i **controlli di accettazione in cantiere** sono obbligatori e secondo quanto disposto al punto 11.3.2.12 del D.M. 17 gennaio 2018 devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di trasformazione,

anche se con forniture successive. I campioni devono essere ricavati da barre di uno stesso diametro o della stessa tipologia (in termini di diametro e dimensioni) per reti e tralicci, e recare il marchio di provenienza. Il prelievo dei campioni va effettuato alla presenza del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove. La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo); detti spezzoni vengono inviati ad un Laboratorio Ufficiale di analisi a cura e spese dell'Appaltatrice, alla 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 calcestruzzo armato, e sotto le prescrizioni della Direzione Lavori. 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).

L'Appaltatrice 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 o altro, a mezzo di appositi distanziatori e devono essere legati o saldati alle armature eventualmente esistenti.

#### **5.1.4. Impermeabilizzazioni**

I prodotti per impermeabilizzazioni possono essere:

- membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo o a caldo, in fogli singoli o pluristrato;
- prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo o a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in sito una membrana continua.

## 6. Riferimenti normativi tecnici

Si allega nel presente capitolo un sunto, non esaustivo e puramente indicativo, delle norme applicate e utilizzate nella progettazione delle opere in oggetto a cui dovranno far riferimento Committente, Appaltatore e Direzione Lavori durante la fase di cantiere ed esercizio dell'impianto.

### 6.1. Opere in calcestruzzo armato

- Legge n. 1086 del 5/11/1971. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge n. 64 del 2/2/1974. "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- Circ. M. LL.PP. 14 febbraio 1974, n. 11951, "Applicazione delle norme sul cemento armato".
- Circ. M. LL.PP. 9 gennaio 1980, n. 20049. "Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato".
- D. M. 11/3/1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare Ministero LL.PP. 24/9/1988 n. 30483: "Legge n.64/1974 art. 1 - D.M. 11/3/1988.
- Norme tecniche su terreni e rocce, stabilità di pendii e scarpate, progettazione, esecuzione, collaudo di opere di sostegno e fondazione".
- D.M. del 14/2/1992. "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. del 9/1/1996. "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. del 16/1/1996. "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D.M. 16/1/1996. "Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi"".
- Circolare M.LL.PP. 04/07/1996 n. 156 AA.GG./STC. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi" di cui al D.M. 16/1/1996".
- Circolare M. LL.PP. 15/10/1996, n. 252. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato ordinario e precompresso e per strutture metalliche" di cui al D.M. 9/1/1996".

- Circolare 10/4/1997 n. 65 AA.GG. "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. del 16/1/1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3274 del 20/03/2003. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- Norma Italiana CEI ENV 61400-1. "Sistemi di generazione a turbina eolica. Parte 1: Prescrizioni di sicurezza". Data di pubblicazione 06-1996.
- Norma internazionale IEC 61400-1 "Wind Turbine Safety and Design" del 1999.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n. 3431 del 03/05/2005 – Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.
- UNI-EN 1992-1-1 2005: Progettazione delle strutture in calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI-ENV 1994-1-1 1995: Progettazione delle strutture composte acciaio calcestruzzo. Parte 11: Regole generali e regole per gli edifici.
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21 gennaio 2019 n°7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione del D.M. 17 gennaio 2018.

## 6.2. Sicurezza e salute

- DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81 (81/08) Titolo IV D.Lgs 81/08 (cantieri temporanei o mobili)
- DECRETO - 22 gennaio 2008, n. 37 - Regolamento installazione degli impianti all'interno degli edifici.
- L. 3 agosto 2007 n. 123 - Salute e sicurezza sul lavoro
- Circ. 3 novembre 2006 n. 1733 - Lavoro nero
- Determinazione 26 luglio 2006 n. 4/2006 - Sicurezza nei cantieri temporanei o mobili
- Art. 36 bis Decr. Legge 4 luglio 2006 n. 223
- Art. 131 D. Lgs 12 aprile 2006 n. 163
- D. Lgs. 19 agosto 2005 n. 192 - Attuazione della direttiva 2002/91/CE
- Circ. ISPESL 28 dicembre 2004, n. 13 - Impianti di terra e scariche atmosferiche
- D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262 - Emissione acustica macchine all'aperto
- Circ. ISPESL 2 aprile 2002, n. 17 - Scariche atmosferiche e impianti elettrici
- D.P.R. 22 ottobre 2001, n. 462 - Scariche atmosferiche e impianti elettrici

- D.Lgs. 2 gennaio 1997, n. 10 - Dispositivi protezione individuale
- Circ. 6 marzo 1995, n. 3476 - Impianti da terra e scariche atmosferiche
- Circ. ISPESL 2 novembre 1993, n. 16089 - Reti di sicurezza
- D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246 - Prodotti da costruzione
- D.Lgs. 4 dicembre 1992, n. 475 - Dispositivi protezione individuale
- D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303 - Igiene del lavoro