

# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

COMUNI DI

MORES - ITTIREDDU - NUGHEDU SAN NICOLO' - BONORVA



Oggetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE - POTENZA DI PICCO 124 MWp DA REALIZZARSI IN LOCALITA' "SA COSTA"

## VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

Committente:

**VEN.SAR. s.r.l.**

Arch. Alessandro Reali

Coordinamento e Progettazione generale:

**SO.GE.S s.r.l.**

Ing. Piero Del Rio

Tavola:

**R.G.06**

Elaborato:

**Disciplinare descrittivo e  
prestazionale**

Scala:

Data:

**Febbraio 2024**

Prog. opere strutturali:

**Studio ing. Andrea Massa**

Ing. Andrea Massa

Studio Anemologico:

**Demoenergia 2050 Srls**

Studi Economici:

Dott. Daniele Meloni

Prog. opere civili - elettriche:

**Studio Ing. Nicola Curreli**

Ing. Nicola Curreli

Collaboratori:

Ing. Silvia Indeo

Ing. Michele Marrocu

Ing. Simona Pisano

Coordinamento V.I.A.:

**SIGEA s.r.l.**

Dott. Geol. Luigi Maccioni - Valutazione ambientale

Ing. Manuela Maccioni - Paesaggistico

Dott. Agr. Vincenzo Satta - Agronomia, flora, fauna

Dott.ssa Daniela Deriu - specializzata in archeologia

Prof. Geol. Marco Marchi - Georisorse

Dott. Geol. Stefano Demontis - Geologia Tecnica

Dott. Geol. Valentino Demurtas - Georisorse

Ing. Federico Miscali - Acustica

Dott. Ing. Massimiliano Lostia di Santa Sofia - Acustica

Dott. Ing. Michele Barca - Acustica

Dott. Michele Orrù - GIS

## Sommario

Premessa.....	3
1.1. Generalità.....	6
Contenuto del documento .....	6
Oggetto dei lavori.....	7
Natura del terreno .....	7
Inquadramento geologico.....	7
Controlli, certificazioni, collaudi.....	7
1.2. Prescrizioni tecniche.....	8
RILEVATI E RINTERRI: rilevati aridi .....	8
RILEVATI E RINTERRI: rinterro di scavo per opere d'arte .....	9
PAVIMENTAZIONI STRADALI: formazione di ripristino delle pavimentazioni in macadam .....	10
PAVIMENTAZIONI STRADALI: strato superficiale.....	10
PAVIMENTAZIONI STRADALI: rimessa in pristino dei terreni.....	11
DRENAGGI DI SUPERFICIE: trincee drenanti .....	11
DRENAGGI DI SUPERFICIE: geotessile di separazione .....	12
CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: requisiti dei materiali da impiegare .....	12
CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: leganti idraulici.....	13
CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: inerti .....	13
CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: classe dei calcestruzzi .....	13
CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: modalità esecutive dei getti di cls.....	14
CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: casseforme per opere in calcestruzzo .....	14
CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: acciaio per cemento armato .....	14
CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: gabbie di armatura per i pali .....	15
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: generalità.....	15
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: tubazioni per controlli non distruttivi .....	15
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: accettazione e collaudo dei pali in c.a. ....	17

SISTEMAZIONI A VERDE.....	17
INSTALLAZIONE DELL'AEROGENERATORE.....	18

## Premessa

Lo scopo della presente relazione è di fornire una descrizione tecnica di massima di un parco eolico di potenza complessiva di 124 MW, sito presso Loc. "Sa Costa", nei comuni di Mores, Ittireddu, Bonorva, Nughedu San Nicolò, in provincia di Sassari.

**VEN.SAR. S.R.L.** con sede in Cagliari (CA) in Via Antonio Scano n°6, P.IVA 03914990928, rappresentata dal Sig. Reali Alessandro in qualità di Legale Rappresentante, nato a Roma (MR) il 07/11/1961, C.F. RLELSN61S07H501Z, in qualità di parte conduttrice del terreno sito in Località Sa Costa snc, Comune di Bonorva, Ittireddu, Mores, Nughedu San Nicolò, tutti in provincia di Sassari.

### Dati Catastali ubicazione pale:

- Nughedu San Nicolò – *Foglio: 20, Mappali: 13; 89*
- Nughedu San Nicolò – *Foglio: 26, Mappali: 8; 23; 33*
- Ittireddu – *Foglio: 11, Mappali: 10; 29; 37; 73; 80; 104*
- Mores – *Foglio: 22, Mappali: 43; 57; 81; 129; 135; 194*
- Bonorva – *Foglio: 4, Mappale: 12*

### Dati Catastali ubicazione opere di connessione:

- Mores – *Foglio: 17, Mappale: 124*
- Bonorva – *Foglio: 4, Mappale: 153*
- Bonorva – *Foglio 9, Mappale: 35*

Nello specifico l'impianto sarà costituito da 18 aerogeneratori, di cui quattro di potenza nominale caratteristica pari a 7,20 MW e quattordici di potenza nominale caratteristica pari a 6,8 MW, tutti posizionati nei territori comunali di Mores (SS), Ittireddu (SS), Bonorva (SS), Nughedu San Nicolò (SS) per poi confluire nel nuovo stallo di collegamento alla linea AT previsto situato nel comune di Bonorva (SS), nell'ambito della "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità".

In sintesi, le opere di progetto consisteranno in:

- Opere civili necessarie alla posa in opera e manutenzione dell'impianto (strade di collegamento, piazzole di sosta, cavidotti, etc..)
- Realizzazione del parco eolico composto da n°18 aerogeneratori.
- Posa in opera di cavidotti, i cui tracciati interrati seguiranno per la maggior parte l'andamento delle strade esistenti che confluiranno in una sottostazione di partenza individuata nel comune di Bonorva, come meglio rappresentato nello schema unifilare e nelle planimetrie allegate.
- Connessione dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale. Si prevede il collegamento diretto dell'impianto di utenza in entra – esci su nuovo stallo di collegamento linea AT, con ingresso in cavo interrato, previsto nel comune di Bonorva come rappresentato negli elaborati grafici allegati alla presente.

I principali condizionamenti alla base delle scelte progettuali sono legati ai seguenti aspetti:

- Normativa in vigore
- Presenza di risorse ambientali e Paesaggistiche
- Vincoli territoriali ed urbanistici
- Salvaguardia ed efficienza degli insediamenti
- Presenza di infrastrutture (rete elettrica di trasmissione, viabilità, etc..) e di altri impianti
- Orografia e caratteristiche del territorio, soprattutto in funzione della producibilità eolica
- Efficienza e innovazione tecnologica

## Descrizione generale dell'impianto in progetto

### *Consistenza dell'impianto di progetto*

Il progetto prevede l'installazione di n°18 aerogeneratori complessivi, di cui quattordici di potenza nominale pari a 6,8 MW e quattro di potenza nominale pari a 7,4MW. La disposizione attualmente prevista è riportata nella tabella sottostante.

							EPSG3003	
numerazione definitiva	Potenza singolo aerogeneratore	Provincia	COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	ALT	EST	NORD
WTG01	6,8MW	SS	NUGHEDU SAN NICOLO'	20	13	517	1494468.25	4484888.24
WTG02	6,8MW	SS	NUGHEDU SAN NICOLO'	20	89	423	1493852.96	4484697.58
WTG03	6,8MW	SS	ITTIREDDU	11	80	529	1492544.49	4483034.64
WTG04	7,2MW	SS	ITTIREDDU	11	73	614	1493015.81	4482676.2
WTG05	7,2MW	SS	NUGHEDU SAN NICOLO'	26	8	686	1493570.66	4482428.38
WTG06	7,2MW	SS	NUGHEDU SAN NICOLO'	26	33	631	1492918.88	4482253.60
WTG07	7,2MW	SS	NUGHEDU SAN NICOLO'	26	23	581	1492445.75	4482013.85
WTG08	6,8MW	SS	BONORVA	4	12	582	1490826.98	4481630.28
WTG09	6,8MW	SS	ITTIREDDU	11	10	464	1492473.37	4483923.73
WTG10	6,8MW	SS	ITTIREDDU	11	29	518	1492757.45	4483479.99
WTG11	6,8MW	SS	ITTIREDDU	11	37	452	1492041.53	4483079.23
WTG12	6,8MW	SS	ITTIREDDU	11	104	525	1492059.04	4482574.15
WTG13	6,8MW	SS	MORES	22	129	509	1490816.10	4482153.78
WTG14	6,8MW	SS	MORES	22	81	445	1490855.47	4483157.08
WTG15	6,8MW	SS	MORES	22	135	402	1490264.81	4483249.40
WTG16	6,8MW	SS	MORES	22	43	419	1490066.51	4482797.11
WTG17	6,8MW	SS	MORES	22	194	401	1489317.08	4482988.29
WTG18	6,8MW	SS	MORES	22	57	446	1489446.98	4482504.69
AREA DEPOSITO TEMPORANEO		SS	MORES	17	124	0	1490090.18	4485931.34
SOTT. TRASFORMAZIONE		SS	BONORVA	4	153	0	1490558.53	4481938.98
STAZIONE TERNA		SS	BONORVA	9	35	0	1485354.82	4480380.71

### Caratteristiche geometriche e funzionali aerogeneratore di progetto

Potenza nominale : 6,8 MW

Numero di pale : 14

Tipologia torre : tubolare

Diametro massimo rotore : 162 m

Altezza massima dal piano di appoggio : 119 m

Area spazzata : 20.612 mq

Potenza nominale : 7,2 MW

Numero di pale : 4

Tipologia torre : tubolare

Diametro massimo rotore : 162 m

Altezza massima dal piano di appoggio : 119 m

Area spazzata : 20.612 mq

L'intervento intende allinearsi con le finalità perseguite dal D.Lgs 387/2003, ed in particolare è volto a promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel mercato italiano e comunitario, e promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali di cui all'art. 3, primo comma del citato D.Lgs.

Lo sviluppo delle energie rinnovabili è fondamentale per la salvaguardia dell'ambiente, consentendo una riduzione delle ripercussioni climatiche dovute alle emissioni di gas serra, in primo luogo di anidride carbonica, e delle ripercussioni ambientali dovute all'emissioni di sostanze inquinanti per l'ambiente e tossiche per l'uomo.

#### **1.1. Generalità**

##### *Contenuto del documento*

Il presente Capitolato Tecnico descrive le caratteristiche e le prestazioni delle opere che compongono il parco eolico da 124 MW ricadente nei Comuni di Bonorva (SS), Ittireddu (SS), Mores (SS), Nughedu San Nicolò (SS), in Località Sa Costa, snc.

Nel corso del presente elaborato saranno riportate, inoltre, le prescrizioni tecniche di esecuzione e le norme di accettazione relative ai lavori inerenti il progetto delle opere civili ed elettromeccaniche.

### Oggetto dei lavori

Le opere da realizzare consistono essenzialmente in:

- adattamento della viabilità esistente e delle eventuali opere d'arte in essa presenti qualora la stessa non sia idonea al passaggio degli automezzi per il trasporto al sito eolico dei componenti e delle attrezzature;
- formazione della piazzola per l'alloggiamento dell'aerogeneratore e delle relative opere accessorie;
- realizzazione delle fondazioni in calcestruzzo armato dell'aerogeneratore, formazione del piano di posa dei basamenti prefabbricati delle cabine di macchina;
- realizzazione di opere minori di regimazione idraulica superficiale quali canalette in terra, cunette, trincee drenanti ecc.;
- realizzazione di opere varie di sistemazione ambientale.

### Natura del terreno

Le aree interessate dall'impianto eolico sono state oggetto di studi ed indagini per l'inquadramento geologico-geotecnico, con conseguente analisi di stabilità globale dei pendii sia nella condizione antecedente che in quella successiva agli interventi di costruzione.

### Inquadramento geologico

Per tale voce si rimanda alla relazione specifica.

### Controlli, certificazioni, collaudi

I vari materiali e componenti impiegati dovranno essere rispondenti alle caratteristiche tecniche richieste nel presente documento ed alla Legislazione vigente; a tal fine dovranno giungere in cantiere accompagnati, oltre che dalle eventuali istruzioni di posa in opera, dalla documentazione atta a dimostrarne tale rispondenza ed a certificarne la conformità a quanto previsto dalla Legislazione vigente.

Per quanto alla qualità del ferro di armatura e del calcestruzzo impiegato per la fondazione, si provvederà alla verifica della conformità presso un Laboratorio Ufficiale concordato con la Direzione Lavori, al fine di eseguire le prove di qualifica su campioni dei materiali impiegati da prelevarsi in opera.

Nel caso di non rispondenza dei materiali o dei componenti alle caratteristiche richieste, l'Appaltatore sarà obbligato a sostituirli, con altri idonei, provvedendo anche a rimuoverli dal cantiere entro il termine fissato dalla Direzione Lavori.



## 1.2. Prescrizioni tecniche

### **RILEVATI E RINTERRI: rilevati aridi**

L'esecuzione dei corpi di rilevato per le strade e per le piazzole di alloggiamento dell'aerogeneratore deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto, nonché alle disposizioni impartite in loco dalla Direzione Lavori.

E' richiesta particolare attenzione nella preliminare gradonatura dei piani di posa e nella profilatura esterna dei rilevati stessi. Qualora la compattazione del terreno dei piani di posa non raggiunga il valore prefissato, ed ove lo richieda la Direzione Lavori, si deve procedere alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione del materiale, come previsto al successivo punto "Bonifica di sottofondi".

Per la formazione dei rilevati devono essere utilizzati i materiali appartenenti al gruppo Al, come risulta dalla norma CNR-UNI 10006.

L'esecuzione del rilevato può iniziare solo quando i piani di posa risulteranno costipati con uso di rullo compressore adatto alle caratteristiche del terreno; il costipamento può ritenersi sufficiente quando viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un Modulo di deformazione "Md" di almeno 300 kg/cmq per i sopracitati piani di posa o di bonifica e pari ad un "Md" di almeno 600 kg/cmq per piani ottenuti con rilevato, da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 500 mq di area trattata o frazione di essa.

Nella esecuzione dei rilevati, il materiale deve essere steso a strati di 25 cm di altezza compattati, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso le zone di compluvio, e sia rifilato secondo progetto.

Il costipamento di ogni strato di materiale deve essere eseguito con adeguato rullo compressore previo eventuale inaffiamento o ventilazione fino all'ottimo della umidità. Il corpo di materiale può dirsi costipato quando ai vari livelli viene raggiunto il valore di "Md" pari almeno a quello richiesto, da determinarsi mediante prova di carico su piastra con le modalità di seguito descritte.

Il controllo delle compattazioni, in genere, deve essere eseguito su ogni strato mediante una prova di carico su piastra ogni 500 mq di area trattata o frazione di essa, e comunque con almeno n. 4 prove per strato di materiale. A costipamento avvenuto, se i controlli risultano favorevoli, si può dar luogo a procedere allo stendimento ed alla compattazione dello strato successivo.

La determinazione del Modulo di deformazione deve essere effettuata in corrispondenza del primo ciclo di carico ed i valori di "MD" vengono valutati in corrispondenza dell'intervallo 0,5÷3,5 kg/cmq per il terreno in sito (scotico) e 2,5÷3,5 kg/cmq per il rilevato. Gli incrementi successivi di carico, nelle prove di tutti gli strati, devono essere di 0,5 kg/cmq iniziando da 0,5 e proseguendo fino a 3,5 kg/cm. Il passaggio al carico immediatamente superiore a quello in esame è consentito quando il cedimento sia inferiore a 0,05 mm dopo 3 minuti di applicazione del carico. Le prove effettuate vengono rappresentate mediante diagramma pressioni-cedimenti. Il peso di contrasto per le prove deve essere di ca. 5 t.

La formula adottata per determinare il "Md" sarà:  $Md = f_o \times \Phi \times D_p/D_s$ , dove:

$f_o = 1$  per piastre circolari

$p$  = carico unitario trasmesso dalla piastra al terreno (kg/cm)

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

= differenza di carico unitario fra due successivi incrementi di carico (in kg/cm<sup>2</sup>)

$D_s$  = differenza di cedimento della piastra di carico circolare, sottoposta all'incremento di carico  $D_p$  (in cm)

$\Phi$  = diametro della piastra (cm 30)

Per le misure dei cedimenti si impiegheranno 3 comparatori centesimali disposti a 120°, ancorati a profilati di rinvio, appoggiati ad almeno 1 metro di distanza dalla piastra e dagli appoggi del carico di contrasto. Il dinamometro del martinetto dovrà essere sufficientemente sensibile per apprezzare con precisione i valori dei gradini di carico. Nell'esecuzione della prova la piastra deve essere posta su superficie piana e orizzontale.

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

Il controllo viene effettuato confrontando la densità secca in sito del rilevato o della sovrastruttura con la densità secca max dei materiali ottenuta con la prova A.A.S.H.T.O., modificata in relazione alla massima dimensione degli elementi costituenti il materiale. Questo controllo viene eseguito su ogni strato, in contraddittorio, a richiesta della Direzione Lavori con le seguenti modalità:

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

#### **RILEVATI E RINTERRI: rinterro di scavo per opere d'arte**

Gli spazi residui degli scavi di fondazione che non saranno occupati da strutture o rinfianchi di sorta, ad opera ultimata, dovranno essere riempiti (rinterrati) utilizzando i materiali provenienti dagli scavi stessi sino alla quota prevista dagli elaborati di progetto. Qualora, però, il materiale di scavo non risultasse idoneo, la Direzione Lavori, a propria discrezione, potrà disporre l'esecuzione dei rinterri con materiale diverso precisandone tipo e provenienza.

Il materiale per i rinterrati dovrà essere steso a strati orizzontali di spessore non superiore a 25 cm di altezza e compattato. L'ultimo strato costipato dovrà consentire il deflusso delle acque meteoriche verso la zona di compluvio tramite profilatura, secondo quote e pendenze longitudinali e trasversali previste in progetto o disposte in loco dalla Direzione Lavori; si dovrà evitare la formazione di contropendenze, di sacche e di ristagni.

### **PAVIMENTAZIONI STRADALI: formazione di ripristino delle pavimentazioni in macadam**

#### *Ossatura di sottofondo*

Per la formazione dell'ossatura di sottofondo di massicciate, dello spessore di 15 cm dopo compattazione, da effettuare con battitore meccanico o con rullo compressore, si impiegheranno ghiaie e pietrischi costituiti da elementi omogenei provenienti dalla spezzatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, o calcari puri e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione, al gelo.

Il pietrisco sarà di tipo 40171 UNI 2710 e la ghiaia di tipo 40/71 UNI 2710.

Il materiale dovrà essere scevro di materie terrose o comunque materie eterogenee.

Agli effetti dei requisiti di caratterizzazione e di accettazione, i pietrischi avranno una resistenza a compressione di almeno 1200 Kg/cm<sup>2</sup>, un potere legante non inferiore a 30 per l'impiego in zone umide e non inferiore a 40 per l'impiego in zone aride, un coefficiente di qualità per prova DEVAL non inferiore a 12.

Qualora non sia possibile ottenere il pietrisco da cava di roccia, è consentita, previo parere favorevole della D.L., l'utilizzazione di:

- massi provenienti dagli scavi, ridotti a dimensioni idonee;
- ciottoli o massi ricavabili da fiumi o torrenti sempreché siano provenienti da rocce di qualità idonea;

Il materiale dovrà essere steso a strati di spessore non superiore ai 20 cm e cilindato per ogni strato onde ottenere una efficace compattazione atta a garantire il transito degli automezzi pesanti ed un  $M_d > 800 \text{ kg/cm}^2$ .

### **PAVIMENTAZIONI STRADALI: strato superficiale**

Sulle superfici dell'ossatura di sottofondo destinate al transito verrà steso uno strato di stabilizzato di cava tipo "A1-b" ( $D < 30 \text{ mm}$ ) UNI 10006, dello spessore di 10 cm dopo compattazione, da effettuare con battitore meccanico o con rullo compressore, con  $M_d > 1000$  o, se richiesto dalla D.L., pietrisco di frantoio 10120 UNI 2710.

Le caratteristiche tecnologiche di accettazione dei pietrischi saranno tali da garantire un coefficiente di frantumazione non superiore a 120, resistenza alla compressione non inferiore a 1400 Kg/cm<sup>2</sup> ed infine una resistenza all'usura minima di 0,8.

### **PAVIMENTAZIONI STRADALI: rimessa in pristino dei terreni**

I terreni interessati dall'occupazione temporanea dei mezzi d'opera o dal deposito provvisorio dei materiali di risulta o di quelli necessari alle varie lavorazioni, dovranno essere rimessi in pristino.

Quando trattasi di terreno agricolo, il terreno dovrà essere dissodato e rilavorato effettuando la lavorazione esistente al momento dell'apertura della pista.

Quando trattasi di incolto agricolo il terreno dovrà essere dissodato e regolarizzato.

In tutti i casi si dovrà:

- provvedere al ripristino del regolare deflusso delle acque di pioggia attraverso la rete idraulica costituita dalle fosse campestri, provvedendo a ripulirle ed a ripristinarne la sezione originaria;
- eliminare dalla superficie della pista dell'area provvisoria di lavoro, ogni residuo di lavorazione o di materiali;
- dare al terreno la pendenza originaria al fine di evitare ristagni.

### **DRENAGGI DI SUPERFICIE: trincee drenanti**

Allo scopo di smaltire le acque superficiali convogliate e/o abbattere e regimare il livello di falda dal piano di campagna, ove previsto negli elaborati di progetto e comunque in accordo con la Direzione Lavori, si ricorrerà all'uso di drenaggi di superficie, costituiti da trincee drenanti, sviluppate generalmente in direzione monte-valle, scaricanti direttamente in compluvi naturali od in altre analoghe opere di raccolta e di scarico acque.

Le trincee saranno realizzate mediante scavo a sezione obbligatoria, con mezzo meccanico, della larghezza di 50÷70 cm e profondità e lunghezza secondo i profili di progetto; quando il sistema di drenaggio interessa aree sedi di rilevato, l'escavazione delle trincee sarà successiva allo scotico di tutta l'area di impronta del rilevato stesso.

Il fondo della trincea, previa accurata pulizia dello scavo, dovrà risultare costantemente in pendenza secondo i valori di progetto o comunque indicati dalla Direzione Lavori.

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

Sul fondo della trincea già rivestita di geotessile sarà stesa, qualora prevista in progetto o secondo disposizioni della Direzione Lavori, la tubazione atta a captare ed a convogliare le acque drenate allo scarico. La tubazione, che dovrà essere del tipo "fessurato" o "forato", in barre rigide di lamiera ondulata in acciaio zincato o di altro idoneo materiale, dovrà avere il diametro e lo spessore risultanti dagli

elaborati di progetto o secondo le disposizioni impartite dalla Direzione Lavori. Le tubazioni saranno depositate sul fondo della trincea in posizione allineata e con le estremità a contatto.

Le trincee saranno riempite con materiale arido selezionato, e preferibilmente lavato, di fiume o di cava, con pezzatura max 100 mm, pezzatura minima pari ad almeno 1,5 volte il diametro dei fori della tubazione di scolo ma non minore comunque di 15 mm. Al fine di evitare danneggiamenti alla tubazione di scolo si prescrive che il primo strato di materiale, almeno fino a 15 cm oltre l'estradosso della tubazione, sia di pezzatura meno grossolana, e che la successiva posa in opera del materiale di pezzatura maggiore avvenga senza caduta dall'alto. Nella fase di riempimento delle trincee si dovranno rispettare fedelmente le quote progettuali di chiusura del geotessile o quantomeno l'altezza minima di quest'ultimo dal fondo scavo. Ad avvenuta chiusura del telo, nelle aree sedi di rilevato la trincea sarà ulteriormente riempita fino al piano di scotico o di gradonatura (a seconda delle disposizioni impartite dalla Direzione Lavori) con il medesimo materiale arido selezionato o con terreno vegetale nel caso in cui le trincee drenanti siano poste in sedi naturali.

#### **DRENAGGI DI SUPERFICIE: geotessile di separazione**

Per la separazione di rilevati o delle sovrastrutture dai relativi piani di posa, qualora questi presentino il rischio di contaminare con argille o limi il materiale arido di riporto e dove previsto in progetto, debbono essere utilizzati geotessili aventi funzione di separazione e quindi di trattenimento delle particelle più fini del terreno in sito. Il telo avrà peso non inferiore a 400 g/mq, resistenza a trazione trasversale, su striscia di 5 cm, non inferiore a 900 N, resistenza alla perforazione non inferiore a 3000 N. I teli devono essere stesi in opera con sovrapposti minimi di 30 cm, curando di evitare il contatto con ciottoli spigolosi o di dimensioni notevoli rispetto alla granulometria dominante.

#### **CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: requisiti dei materiali da impiegare**

I materiali che verranno usati dovranno essere tutti perfettamente idonei ed approvati dalla Direzione Lavori. In ogni caso, tutti i materiali dovranno corrispondere a quanto prescritto dalle vigenti Norme Tecniche alle quali si fa riferimento per il tipo ed il numero dei controlli e le prove sui materiali da eseguire.

Il rapporto acqua cemento dovrà essere scelto opportunamente in modo da consentire la realizzazione di calcestruzzi di elevata impermeabilità e compattezza e in modo da migliorare la resistenza alla carbonatazione ed all'attacco dei cloruri; dovrà essere comunque utilizzato un rapporto acqua/cemento non superiore a:

- 0,45 per tutti gli elementi strutturali in c.a.;
- 0,50 per tutti gli altri elementi.

Il controllo di quanto sopra prescritto sarà effettuato, su richiesta della Direzione Lavori, verificando sia la quantità di acqua immessa nell'impasto, sia l'umidità degli inerti (metodo Speedy Test).

L'acqua dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri e solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate.

#### **CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: leganti idraulici**

I leganti idraulici da impiegare devono essere conformi alle prescrizioni e alle definizioni contenute nella Legislazione vigente ed alla norma UNI 9858 e UNI ENV 197-1. Per le opere destinate ad ambiente umido deve essere utilizzato cemento tipo pozzolanica. Il dosaggio minimo di cemento per mc di calcestruzzo deve essere determinato in funzione del diametro minimo degli inerti, secondo la Norma UNI 8981, Parte Seconda, sulla durabilità dei calcestruzzo, il tutto come riportato negli elaborati di progetto o secondo le disposizioni impartite dalla Direzione Lavori.

#### **CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: inerti**

Gli inerti potranno derivare sia da cave naturali che dalla frantumazione di rocce di cave coltivate con esplosivo e potranno essere sia di natura silicea che calcarea, purché di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Saranno accuratamente vagliati e lavati, privi di sostanze terrose ed organiche, provenienti da rocce non scistose, né gelive opportunamente miscelati con sabbia di fiume silicea, aspra al tatto, di forma angolosa e granulometricamente assortita.

La granulometria degli inerti deve essere scelta in modo tale che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre senza pericolo di segregazione (UNI 9858) ed in particolare:

- D15 per spessori di calcestruzzo minori o uguali a 15 cm;
- D30 per spessori di calcestruzzo maggiori di 15 cm.

La conformità degli inerti e delle miscele di inerti a quanto prescritto dalle Norme sopra citate deve essere comprovata da apposite prove condotte da un Laboratorio Ufficiale, il quale ne deve rilasciare attestato mediante Relazione Tecnica che dovrà essere esibita alla Direzione Lavori dall'Appaltatore.

#### **CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: classe dei calcestruzzi**

Tutte le strutture per fondazioni, platee, pozzetti, muri ecc. saranno realizzate con calcestruzzo della classe specificata sugli elaborati progettuali per ogni singola opera e/o indicata dalla Direzione Lavori. Lo slump sarà costantemente controllato nel corso dei lavoro dall'Appaltatore mediante il cono di Abrams e non potrà mai superare i valori prescritti dalla Direzione Lavori per ogni classe, mentre detti valori potranno essere ridotti quando sia possibile ed opportuno per migliorare la qualità dei calcestruzzo.

### **CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: modalità esecutive dei getti di cls**

Il cls sarà posto in opera, appena confezionato, in strati successivi fresco su fresco per tutta la superficie interessata al getto, convenientemente pestonato e vibrato con vibratorii meccanici ad immersione e/o percussione, evitando accuratamente la segregazione degli inerti. Non potranno inoltre essere eseguite interruzioni nei getti di cls se non previste nei disegni di progetto ovvero preventivamente concordate con la Direzione Lavori.

Le eventuali riprese di getto da fase a fase dovranno avvenire previa opportuna preparazione delle superfici di ripresa che andranno scalpellate e pulite con getti di aria ed acqua in pressione e trattate con boiaccia di cemento o adesivi epossidici per riprese di getto.

Tutte le superfici orizzontali dei getti di cls che rimarranno in vista dovranno essere rifinite e lisciate a frattazzo fine in fase di presa del getto.

I getti di cls dovranno essere eseguiti con una tolleranza massima di errore geometrico di  $\pm 5$ cm; errori superiori dovranno essere eliminati, a cura e spese dell'Appaltatore, solo con le modalità che la Direzione Lavori riterrà opportune. Tutti i getti dovranno essere mantenuti convenientemente bagnati durante la prima fase della presa (almeno tre giorni) e protetti con sacchi di juta inumiditi. Al momento del getto, fermo restando l'obbligo di corrispondere alle caratteristiche della Classe prescritta, il calcestruzzo dovrà avere consistenza tale da permettere una buona lavorabilità e nello stesso tempo da limitare al massimo i fenomeni di ritiro, nel rispetto del rapporto acqua/cemento già definito.

### **CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: casseforme per opere in calcestruzzo**

Per l'esecuzione dei getti in cls si costruiranno casseri con l'esatta forma e dimensione prevista dai disegni di progetto e atti a resistere al peso della struttura, agli urti, nonché alle vibrazioni prodotte durante la posa del cls; la superficie dei casseri dovrà essere accuratamente pulita e, se necessario, trattata opportunamente per assicurare che la superficie esterna dei getti risulti regolare e liscia.

### **CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: acciaio per cemento armato**

L'acciaio dovrà corrispondere alle caratteristiche specifiche dalle Norme Tecniche vigenti. Sarà impiegato acciaio in barre ad aderenza migliorata del tipo previsto negli elaborati di progetto.

L'Appaltatore dovrà fornire i certificati di controllo come prescritto dalla normativa sopracitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato, in originale o copia conforme all'originale ai sensi dell'Art.14 della Legge n°15 del 04/01/1968. A discrezione della Direzione Lavori, si provvederà anche al prelievo di spezzoni di barre da sottoporre agli accertamenti sulle caratteristiche fisico-chimiche; detti spezzoni verranno inviati ad un Laboratorio Ufficiale di analisi a cura e spese dell'Appaltatore al quale spetteranno anche gli oneri relativi alle prove stesse.

La costruzione delle armature e la loro messa in opera dovranno effettuarsi secondo le prescrizioni delle vigenti leggi per le opere in c.a.; l'armatura sarà posta in opera nelle casseforme secondo le prescrizioni

assegnate dai disegni di progetto, facendo particolare attenzione che le parti esterne di detta armatura vengano ricoperte dal prescritto spessore di calcestruzzo (copriferro).

Le armature saranno mantenute in posizione all'interno delle casseforme mediante opportuni supporti, che a struttura scasserata non dovranno dar luogo ad infiltrazioni. Il posizionamento di ciascuna barra di armatura sarà ottenuto con legatura di filo di ferro ricotto in modo da ottenere una gabbia rigida ed indeformabile e si provvederà a cortocircuitare la gabbia di armatura per il collegamento con la rete di Terra; se necessario saranno usate anche delle barre di irrigidimento.

### **CALCESTRUZZO E ACCIAIO PER C.A.: gabbie di armatura per i pali**

Dette armature dovranno essere assemblate fuori opera con le seguenti modalità: le barre longitudinali saranno collegate tra loro da spirale metallica esterna e da anelli di irrigidimento interni, utilizzando legature per il collegamento delle barre con la spirale e punti di saldatura elettrica per l'unione con gli anelli di irrigidimento.

La messa in opera delle armature dovrà essere preceduta da una accurata pulizia del fondo pozzo e da un controllo sulla lunghezza dei pozzi. Le gabbie di armatura dovranno essere poste in opera prima della esecuzione dei getti; la loro posa in opera dovrà essere effettuata con procedure ed accorgimenti atti a mantenere le gabbie stesse in posto e centrate durante i getti, evitando che vadano ad appoggiare sul fondo del pozzo o vengano in contatto con le pareti dello stesso, ricorrendo a distanziatori e centratori non metallici in modo da garantire lungo tutto il paio il copriferro netto minimo previsto negli elaborati di progetto esecutivo.

### **CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: generalità**

Tutti i pali delle palificate dovranno essere attrezzati con tubazioni a tenuta stagna per la verifica dell'integrità e della continuità dei getti di calcestruzzo mediante metodi non distruttivi (carotaggio sonico o cross-hole sonico).

I controlli non distruttivi (CND) saranno effettuati a campione su alcuni pali di ogni palificata scelti dal Collaudatore. Tali controlli dovranno essere eseguiti dopo un periodo di almeno 7 giorni dalla fine del getto.

### **CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: tubazioni per controlli non distruttivi**

Ogni palo dovrà essere attrezzato con n. 2 tubi metallici di diametro interno 50 mm (tolleranza  $\pm 0.2$  mm, trafilati a freddo, tipo UNI 338) e spessore 2-3 mm, fissati alle gabbie d'armatura prima della posa in opera delle stesse, in posizione diametralmente opposta. La lunghezza dei tubi dovrà essere tale da raggiungere, in profondità, la quota di fondo paio prescritta e, in sommità, sporgere verso l'alto di almeno 50 cm dal piano di lavoro.



La giunzione fra i vari elementi di tubo sarà eseguita con manicotti esterni filettati, utilizzando teflon per assicurare la tenuta stagna. Le tubazioni dovranno essere provviste, in sommità ed alla base, di protezione costituita da tappi filettati, pure a tenuta stagna.

I tubi verranno fissati alla gabbia d'armatura mediante doppia legatura con filo di ferro e saldatura. All'atto della posa in opera della gabbia, i tubi dovranno presentarsi puliti ed esenti da sostanze grasse. Qualora si verifichi la necessità di eseguire i pali con un tratto di passaggio a vuoto, l'Appaltatore dovrà prevedere una sporgenza delle tubazioni dalla testa dei pali e mettere in atto tutti gli accorgimenti necessari per consentire il controllo dell'integrità dei pali in modo tempestivo prima dell'esecuzione degli sbancamenti oppure a scavo realizzato. In quest'ultimo caso si dovrà fare attenzione a non danneggiare i tubi CND sporgenti dal getto di cls.

I controlli non distruttivi potranno essere eseguiti con tecnica denominata di carotaggio sonico oppure con metodologia cross-hole. I controlli con tecnica di carotaggio sonico sono effettuati lungo una tubazione CND con l'ausilio di un'unica sonda. La prova consiste nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo che circonda il tubo di misura. La sonda è composta da un elemento emettitore ed uno ricevitore, distanziati normalmente di 0.50 m, acusticamente isolati l'uno rispetto all'altro. La sonda viene fatta scorrere all'interno di un tubo e ad intervalli regolari di profondità, di norma ogni 2 cm; l'elemento emettitore genera un impulso, che raggiunge il ricevitore dopo essersi propagato nel calcestruzzo. La zona indagata è quella adiacente al tubo per un diametro dell'ordine di  $1/3 - 1/5$  della distanza fra trasmettitore e ricevitore.

Il risultato delle misure è una diagrafia a "densità variabile" che visualizza lo stato di integrità oppure la presenza di anomalie del calcestruzzo. Il carotaggio sonico ha lo scopo di discriminare tra difetti localizzati nell'intorno dei tubi (quindi anche il distacco del conglomerato cementizio ai tubi stessi) e quelli che interessano la massa del calcestruzzo.

Con il termine cross-hole si indica il rilievo effettuato tra due tubi CND mediante due dispositivi, uno di generazione e l'altro di ricezione del segnale acustico. La prova consiste nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel calcestruzzo interposto tra i due tubi di misura. Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce perché sia realizzato l'accoppiamento acustico del trasmettitore (introdotto in un tubo) e del ricevitore (introdotto nel secondo tubo) con il materiale tra essi interposto. Le prove sono eseguite a partire dal fondo del paio, facendo scorrere contemporaneamente le sonde all'interno dei due tubi ed effettuando rilievi ad intervalli regolari di profondità (di norma ogni 2 cm).

Il risultato delle misure è una diagrafia a "densità variabile" che rappresenta con efficacia le caratteristiche del calcestruzzo, mettendone in evidenza l'integrità o le imperfezioni (anche di piccola entità).

### **CONTROLLI NON DISTRUTTIVI: accettazione e collaudo dei pali in c.a.**

Sia durante l'esecuzione dei pali, sia dopo la loro ultimazione, verrà effettuata una serie di controlli finalizzati alla verifica della corretta esecuzione dei pali medesimi. Questa dovrà risultare compatibile con quanto previsto dalle normative vigenti e dovrà rispettare le seguenti tolleranze:

- sulla verticalità  $\pm 2\%$ ;
- sulla lunghezza + 25 cm;
- sul diametro finito: + 5% del diametro nominale.

Saranno pertanto effettuati i seguenti controlli:

sul calcestruzzo: granulometrie e tipo di inerti, tipo e quantità di cemento, tipo e quantità di additivi, prove di fluidità, prove di schiacciamento su campioni stagionati. Si prescrive, a proposito di quest'ultimo controllo, l'esecuzione di almeno un prelievo per ciascun paio;

sull'armatura metallica: certificazioni di controllo in stabilimento, interfero e copriferro, prove di trazione e chimico-fisiche su spezzoni di barre prelevati in opera;

sui pali finiti: prove di controllo non distruttivo (CND), da effettuare a campione su alcuni pali di ogni palificata. Tali prove dovranno essere eseguite dopo un periodo di almeno 7 giorni dalla fine del getto, su pali scelti dal Collaudatore che, sulla base dei risultati e sentita la Direzione Lavori, valuterà poi l'opportunità di eseguire una prova di carico a collaudo delle palificate.

La metodologia di approntamento e di esecuzione delle prove, nonché i criteri di interpretazione dei risultati, faranno riferimento alla Legislazione vigente all'atto della realizzazione delle opere ed alle disposizioni impartite dalla Direzione Lavori.

### **SISTEMAZIONI A VERDE**

Al fine di proteggere le superfici nude di terreno ottenute con l'esecuzione degli scavi e per il recupero ambientale dell'area, si darà luogo ad una azione di ripristino e consolidamento del manto vegetativo, coerentemente agli indirizzi urbanistici e paesaggistici. Tutti i lavori dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte e secondo i dettami ultimi della tecnica moderna. Le opere devono corrispondere perfettamente a tutte le condizioni stabilite nelle presenti prescrizioni tecniche ed al progetto esecutivo generale dell'area. L'esecuzione dei lavori deve essere coordinata secondo il programma lavori e secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

Si procederà alla lavorazione del terreno fino alla profondità necessaria, eseguita a mano o con l'impiego di mezzi meccanici ed attrezzi specifici. Le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno in tempera, evitando di danneggiare la struttura e di formare suole di lavorazione.

Avverrà su terreno preparato come descritto la semina del tappeto erboso. Prima di procedere alla semina si dovrà darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori. La semina dovrà essere eseguita a spaglio da personale specializzato, con l'ausilio di mezzi meccanici, avendo cura di distribuire

uniformemente il seme sulla superficie nella quantità di 25 gr/mq. Dopo la semina dovrà essere eseguita una rullatura con un rullo di peso non superiore a kg 150 e infine una omogenea e leggera irrigazione, avendo cura di non creare buche o discontinuità.

### **INSTALLAZIONE DELL'AEROGENERATORE**

Per quanto relativo all'installazione dell'aerogeneratore si rimanda all'elaborato relativo alle modalità di installazione.

San Sperate, 26/02/2024

Il progettista  
Ing. Nicola Curreli