

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

Progetto definitivo

Impianto eolico di "Castellana Sicula"

Comuni di Castellana Sicula e Polizzi Generosa (PA)

Località "Cozzo Bagianello"



N. REV. DESCRIZIONE
a Emissione

ELABORATO
Serdea srl

CONTROLLATO
Asja
Castellana Polizzi srl

APPROVATO
Serdea srl

IT/EOL/E-CASI/PDF/I/RT/044-a
15/11/2022
Via Ivrea, 70 - Rivoli (TO) Italia
T +39 011.9579211
F +39 011.9579241
info@asja.energy

INDICE

	PAGINA
1. PREMESSA	4
2. DESCRIZIONE OPERE IMPIANTO	4
3. OPERAZIONI PRELIMINARI	6
3.1 Cantiere	6
3.2 Vie di accesso	7
3.3 Opere provvisoriale	7
3.4 Macchinari e mezzi d'opera	7
3.5 Custodia	8
3.6 Sgombero	8
4. NORME DI RIFERIMENTO	8
5. AEROGENERATORE	11
6. SCAVI E FORMAZIONE DI RILEVATI	12
6.1 Scavi	13
6.2 Formazione di rilevati	14
7. VIABILITA' DI IMPIANTO E PIAZZOLE	16
7.1 Strade di cantiere	17
7.2 Piazzole di montaggio	18
7.3 Tracciamento e sottofondo	18
7.4 Strato di fondazione	19
7.5 Strato di finitura	19
7.6 Sistemazioni definitive	20
7.7 Ingegneria naturalistica	20
7.7.1 Piantumazione	20
7.7.2 Fascinate vive	21
7.7.3 Palificate vive	21
7.7.4 Gradonate vive	22
7.7.5 Inerbimenti	23
7.7.6 Regimazione acque meteoriche	23
8. FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI	24
8.1 Plinto di fondazione	24
8.2 Pali trivellati	25
9. OPERE IN CALCESTRUZZO	26
9.1 Composizione del calcestruzzo	26
9.2 Classe di resistenza a compressione	28
9.3 Calcestruzzi magri e di riempimento	29
9.4 Calcestruzzo preconfezionato	29
9.5 Esecuzione dei getti in calcestruzzo	29
9.6 Predisposizioni in corso di esecuzione del getto	30
9.7 Casseforma per opere in calcestruzzo	31
9.8 Acciaio per cemento armato	31
10. OPERE CIVILI	32

10.1	Inerti per conglomerati cementizi	32
10.2	Malte.....	33
10.3	Calci e gessi.....	34
10.4	Conglomerati bituminosi	34
10.5	Opere e manufatti in ferro	37
10.6	Manufatti in lamiera zincata	40
10.7	Manti impermeabilizzanti	41
10.8	Tessuto non tessuto e materassi drenanti.....	41
10.9	Tubazioni inserite nei manufatti	42
10.10	Pozzetti	42
10.10.1	Pozzetti realizzati in opera.....	42
10.10.2	Pozzetti prefabbricati	43
10.10.3	Chiusini e griglie per pozzetti.....	43
11.	CAVIDOTTI	43
11.1	Cavi	46
11.2	Corda di terra	47
11.3	Fibra ottica	47
12.	CABINE ELETTRICHE.....	48
12.1	Cabina di sezionamento.....	48
12.2	Cabina Utente.....	49
12.2.1	Apparecchiature elettriche a 36 kV	51
12.2.2	Apparecchiature BT	52
12.2.3	Misura fiscale dell'energia elettrica.....	53
12.2.4	Sistema di controllo e monitoraggio	53
12.2.5	RTU Terna.....	53
12.2.6	UPDM Terna	54
12.2.7	Trasformatore ausiliari.....	54
12.2.8	Gruppo elettrogeno	54

1. PREMESSA

La Società *Asja Castellana Polizzi s.r.l.*, con sede legale a Torino in Corso Vittorio Emanuele II n. 6, intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), denominato impianto eolico di "Castellana Sicula", in località "Cozzo Bagianello".

Come da STMG formalizzata da Terna S.p.A., l'impianto eolico sarà collegato alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante un cavidotto a 36 kV, il cui tratto finale interessa il Comune di Villalba (CL), dove è ubicata la Cabina Utente (CU) che costituisce l'interfaccia per la consegna dell'energia immessa alla RTN presso la Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV di Terna, denominata "Caltanissetta". Il collegamento tra la CU e la sezione a 36 kV della SE sarà realizzato mediante un breve tratto di cavidotto interrato.

La presente relazione tecnica descrive, nell'ambito del progetto definitivo, il disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici inerente la realizzazione di un impianto eolico di "Castellana Sicula".

Il disciplinare descrittivo e prestazionale precisa i contenuti prestazionali tecnici degli elementi previsti nel progetto definitivo e contiene, inoltre, la descrizione delle caratteristiche, della forma e delle principali dimensioni dell'intervento, dei materiali e di componenti relativi agli elementi principali dell'impianto eolico.

2. DESCRIZIONE OPERE IMPIANTO

Ai fini del progetto definitivo, è stato individuato come aerogeneratore di riferimento il modello Vestas V172-7.0 MW con altezza torre 135 m.

Gli aerogeneratori, denominati con le sigle da CS01 a CS07, sono installati in postazioni costituite da fondazioni e aree di servizio (piazzole) che sono collegate mediante nuovi tratti di strada alla viabilità esistente, parzialmente da adeguare. Gli aerogeneratori che contengono al loro interno tutte le apparecchiature elettriche di generazione, trasformazione e controllo, sono suddivisi in due sotto-campi che afferiscono elettricamente a due cabine di sezionamento, ubicate vicino agli aerogeneratori denominati CS04 e CS05. Le apparecchiature previste nelle cabine di sezionamento consentiranno, in caso di guasto, di disconnettere gli estremi delle

linee elettriche e di effettuare le operazioni di ricerca guasti, agevolando gli interventi di manutenzione.

Ciascuna cabina di sezionamento è collegata con una linea elettrica che trasporta l'energia elettrica fino alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN), attraverso la Cabina Utente (CU) ubicata in prossimità della SE 380/150/36 kV della RTN, denominata "Caltanissetta". La CU è dotata di tutte le protezioni elettriche, delle misure fiscali dell'energia, dei sistemi di controllo e di monitoraggio. Il collegamento tra la Cabina Utente e la SE RTN avverrà tramite un breve tratto di linea in cavo interrato.

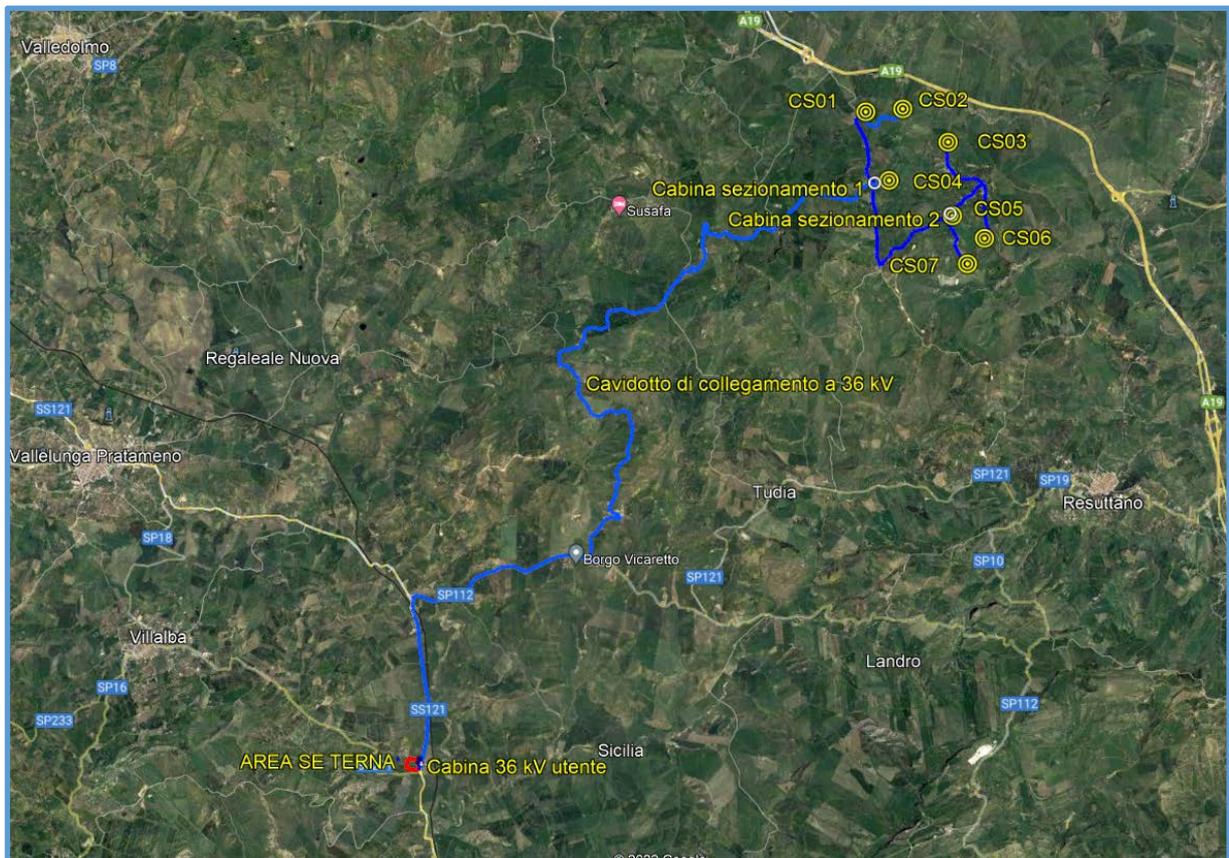


Figura 1: Layout impianto su foto aerea tratta dal web

La foto aerea (Figura 1) rappresenta il layout dell'impianto eolico, con l'ubicazione degli aerogeneratori delle cabine di sezionamento, i tracciati dei cavidotti di collegamento degli aerogeneratori all'interno dell'area dell'impianto eolico e da questo fino alla Cabina Utente e

alla vicina Stazione Elettrica di Terna, seguendo percorsi su strade esistenti o di nuova formazione.

Si precisa che la viabilità ordinaria esistente viene considerata asfaltata anche se per molti tratti risultano evidenti i segni di usura e di disfacimento, anche con la completa eliminazione della pavimentazione e del sottofondo stradale.

Le opere da realizzare consistono in sintesi:

- aree di cantiere, logistiche e di stoccaggio temporaneo;
- strade e viabilità di impianto;
- fondazioni degli aerogeneratori;
- piazzole nella configurazione per costruzione;
- linee elettriche a 36 kV interrate (cavidotti) per l'interconnessione degli aerogeneratori alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN);
- cabine elettriche di sezionamento e Cabina Utente;
- opere elettriche;
- messa in ripristino delle piazzole nella configurazione di esercizio;
- opere di ripristino delle aree di cantiere e regimentazione idraulica.

3. OPERAZIONI PRELIMINARI

3.1 Cantiere

I cantieri, i depositi dei materiali da utilizzare e i mezzi d'opera da impiegare dovranno rispondere alle normative vigenti in materia, soprattutto in merito alla sicurezza, e dovranno essere finalizzati esclusivamente all'esecuzione delle opere appaltate.

L'Appaltatore provvederà all'installazione del cantiere, con riferimento alle planimetrie del progetto esecutivo nelle quali saranno riportate le strade d'accesso, l'ubicazione delle baracche, dei prefabbricati e della loro destinazione, il posizionamento dei mezzi e dei macchinari fissi e mobili, l'individuazione delle aree di deposito dei materiali approvvigionati, delle gru e di quant'altro necessario. Nelle planimetrie saranno indicati eventuali impianti elettrici in tensione, nonché l'attraversamento di altri servizi (elettricità, acquedotti, telecomunicazioni ecc.).

L'Appaltatore dovrà allestire il cantiere nel rispetto delle norme vigenti e garantendo il minimo disturbo alle aree limitrofe. L'Appaltatore dovrà curare la tenuta del cantiere con ogni diligenza; i materiali depositati o accantonati devono essere accuratamente ordinati; i macchinari tenuti in efficienza ed in sicurezza, le baracche ben individuabili per destinazione d'uso. Deve essere tenuta particolare cura per la generale pulizia delle aree e di tutti gli allestimenti di cantiere per tutta la durata dei lavori.

L'Appaltatore non deve in alcun caso introdurre, depositare o accantonare materiali, attrezzature e quant'altro non pertinente al cantiere.

3.2 Vie di accesso

Se per l'accesso al cantiere si renderà necessaria la realizzazione di vie d'accesso, l'Appaltatore dovrà eseguirle a norma di legge, richiedendo le necessarie autorizzazioni alle competenti autorità e previ accordi scritti con i proprietari dei terreni interessati. Al termine dei lavori i terreni interessati dalle vie d'accesso dovranno essere riportati allo stato precedente dell'opera, salvo diversa autorizzazione rilasciata dalle competenti autorità, dalla quale risulti che il Committente sia sollevato da qualsiasi responsabilità e da ogni onere di manutenzione, e con l'accordo scritto dei proprietari dei terreni interessati.

Potrà essere utilizzata acqua, trasportata con autobotti e di sicura provenienza non inquinata, mitigare la formazione di polvere sulle strade, nonché per il lavaggio delle ruote dei camion prima dell'immissione dalle strade di cantiere alla viabilità pubblica, per evitare il trasporto di terreno sulla sede viaria ai fini della sicurezza stradale.

3.3 Opere provvisorie

Qualora dovessero rendersi necessarie opere provvisorie in genere, l'Appaltatore dovrà realizzarle a norma di legge, eseguendo o facendo eseguire (nei casi in cui ciò sia prescritto dalle Leggi vigenti) la preventiva progettazione a professionisti abilitati, eseguendo secondo specifiche l'installazione e lo smontaggio a fine lavori.

3.4 Macchinari e mezzi d'opera

Tutti i macchinari ed i mezzi d'opera necessari all'esecuzione dei lavori dovranno essere tenuti in piena efficienza ed utilizzati dall'Appaltatore a norma di Legge. L'Appaltatore dovrà impiegare i mezzi per la movimentazione ed il trasporto di materiali e/o del personale a piè

d'opera con la dovuta diligenza e cautela, in relazione all'ubicazione e all'accessibilità delle aree di esecuzione dei lavori.

3.5 Custodia

La custodia del cantiere e di quanto in esso contenuto, nonché di tutti i materiali e dei mezzi d'opera, sarà di competenza dell'Appaltatore.

3.6 Sgombero

Lo sgombero dei cantieri dovrà essere curato dall'Appaltatore con ogni diligenza; i materiali depositati o accantonati dovranno essere accuratamente rimossi e trasportati in sicurezza, le baracche smontate con ordine e cura. Dovrà essere tenuta particolare cura per la generale pulizia delle aree e di tutti gli allestimenti di cantiere dopo lo sgombero. Le aree esterne eventualmente modificate per l'inserimento dei cantieri dovranno, di norma, essere riportate allo stato precedente l'opera.

4. NORME DI RIFERIMENTO

Le norme cogenti e volontarie da tenere in considerazione per la progettazione esecutiva, la costruzione e l'esercizio dell'impianto eolico, devono essere analizzate e applicate da ciascuno dei tecnici specialisti in relazione alle proprie competenze.

Di seguito sono indicate solo le principali norme di riferimento.

D. M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8) - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»

Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord.) "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018"

D.M. del 14 febbraio 1992 (G.U. 18-3-1992, N. 65) "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".

Circolare LL.PP. n.°37406 del 24/06/1993 "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato".

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003, n. 3274 (G.U. n. 105 del 8 maggio 2003 - S.o. n.72) "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica."

Ordinanza P.C.M. 28 aprile 2006, n. 3519 (G.U. n.108 del 11maggio 2006) "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone":

Decreto D.G. n.3 del 15 gennaio 2004 del Dipartimento Regionale Protezione Civile della Regione Siciliana "Individuazione, formazione ed aggiornamento del l'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed all'attuazione dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274"

D.P.R. 06.06.2001 n° 380 e s.m.i - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"

D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»"

D.Lgs. 09.04.2008, n° 81 e s.m.i. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n° 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro."

UNI EN 1992-1-1 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo"

UNI EN 206-1 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità.

UNI EN 197-1:2011 - Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.

UNI 11104 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.

UNI EN 13670-1 - Esecuzione di strutture di calcestruzzo – Requisiti comuni per prescrivere la messa in opera e la stagionatura.

REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO
del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da
costruzione.

C.N.R. B.U. n. 104 – 1984 - Identificazione delle rocce più comuni impiegate come aggregati
stradali

C.N.R. B.U. n. 139 – 1992 - Norme sugli aggregati: criteri e requisiti di accettazione degli
aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali

C.N.R. B.U. n. 146 (14/12/92) - Determinazione del modulo di deformazione M_a e M_d
mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

C.N.R. B.U. n. 176 – 1995 - Requisiti di accettazione e di posa in opera di misti granulari
non legati naturali o corretti o di frantumazione per strati di fondazione e di base.

UNI EN 13285:2010 - Miscele non legate - Specifiche

UNI EN 13286-47:2012 - Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 47: Metodo
di prova per la determinazione dell'indice di portanza CBR, dell'indice di portanza immediata e
del rigonfiamento.

UNI EN ISO 14688-1:2013 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione
dei terreni Parte 1: Identificazione e descrizione

UNI EN ISO 14688-2:2013 - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione
dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione

UNI EN 13242:2013 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per
l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade

UNI EN 13249:2014 - Geotessili e prodotti affini – Caratteristiche richieste per l'impiego
nella costruzione di strade e di altre aree soggette a traffico (escluse ferrovie e l'inclusione in
conglomerati bituminosi)

Norma CEI EN 61386-24 (CEI 23-116) - Sistemi di tubi ed accessori per installazioni
elettriche. Parte 24: Prescrizioni particolari – Sistemi di tubi interrati

UNI EN 1401-1:2009 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per fognature e scarichi
interrati non in pressione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC-U) - Parte 1: Specifiche
per i tubi, i raccordi ed il sistema

UNI EN 1917:2004 - Pozzetti e camere di ispezione di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre e con armature tradizionali.

CEI EN 61400-1 - 3° edizione, 01/04/2007, "Turbine eoliche Parte 1: Prescrizioni di progettazione".

5. AEROGENERATORE

L'aerogeneratore individuato come riferimento per il progetto definitivo dell'impianto eolico è il modello Vestas V172-7,2 MW, con potenza nominale 7.0 MW, le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

VESTAS V172-7,2 MW	
Potenza nominale	7,0 MW
Diametro rotore	172 m (tripala)
Velocità di rotazione	4,3 ÷ 12,1 rpm
Lunghezza singola pala (lama)	84,35 m
Corda massima pala (lama)	4,3 m
Altezza torre in acciaio	135 m (al mozzo)
Numero tronchi torre	5
Riduttore	Epicicloidale a due stadi
Velocità di avviamento	3 m/s
Velocità di distacco	25 m/s
Velocità nominale	13 m/s
Generatore con inverter	Sincrono 50 Hz (\pm 2%)
Tensione uscita inverter	720 V (\pm 5%)
Controllo Velocità	Regolazione pitch
Temperatura ambiente	-20°C ÷ +45°C
Classe vento	IEC S

L'aerogeneratore da considerare nel progetto esecutivo dovrà essere definito in base alle negoziazioni di mercato, tenendo conto delle specifiche riportate nella precedente tabella e in conformità alle normative tecniche italiane ed Europee, sia per quanto riguarda le caratteristiche elettriche, sia per le caratteristiche di resistenza alle condizioni estreme del vento. In particolare, l'aerogeneratore dovrà essere conforme alla direttiva macchine europea, alle norme UNI - CEI e alle normative IEC ENV 61400-1 per quanto riguarda la classe di vento, con relative certificazioni a cura del produttore. Inoltre, dovrà avere tutte le certificazioni per l'impiantistica interna che dovrà essere realizzata conformemente alla normativa CEI in vigore ed i componenti elettrici ed elettronici dovranno essere conformi alle relative normative di prodotto.

La torre in acciaio ed il gruppo tirafondi dovranno essere accompagnati dai certificati di origine di produzione nonché da quelli attestanti il centro di trasformazione secondo le NTC 2018 emanate con DM 17-01-2018 e s.m.i.

Al termine del montaggio il costruttore dovrà produrre le certificazioni relative agli assemblaggi delle parti meccaniche ed elettriche dell'aerogeneratore.

Il funzionamento dell'aerogeneratore è gestito in automatico dal sistema di controllo, basato su microprocessore, completo di quadri e dispositivi di protezione, che provvede all'avviamento, alla fermata in sicurezza e alla regolazione di tutti i parametri di macchina in funzione della velocità del vento.

Il funzionamento e i dati di autodiagnostica della turbina sono inviati anche in remoto, mediante modem e un sistema SCADA che consente di tenere sotto controllo gli stati operativi e di fornire i report utili ai fini della manutenzione ordinaria e straordinaria (dati elettrici e meccanici, stato di funzionamento e guasto, dati meteorologici e dati della stazione di rete).

6. SCAVI E FORMAZIONE DI RILEVATI

La realizzazione dell'impianto eolico comporta la necessità di eseguire scavi e riporti terra per la formazione della viabilità, delle piazzole di installazione degli aerogeneratori e delle trincee dei cavidotti.

6.1 Scavi

Lo scavo del materiale terroso-detritico-roccioso avverrà utilizzando le normali tradizionali tecniche di sbancamento per dimensioni medio-piccole, mediante pale ed escavatori meccanici dotati di benne aperte di varia larghezza, senza l'uso di acqua o fanghi, esplosivi o altre sostanze chimiche di disgregazione della roccia, frese, seghe a trefoli o nastro, o qualsiasi altra tecnica che possa, in linea generale, potenzialmente inquinare il terreno sottoposto a lavoro.

L'esecuzione di tutti gli scavi dovrà avvenire seguendo scrupolosamente le indicazioni contenute nel progetto esecutivo, riguardo alla sequenza delle fasi esecutive e all'estensione delle aree di scavo. L'Appaltatore dovrà attenersi al Piano di Sicurezza e Coordinamento nel porre in atto tutto quanto necessario affinché gli scavi vengano eseguiti in condizioni di sicurezza. Pertanto, non appena le circostanze lo richiedano, dovrà eseguire 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.

Lo sbancamento avverrà mediante escavatore cingolato per fronti esposti di scavo di larghezze e pendenze opportunamente scelte in funzione del tipo di terreno e delle condizioni di stabilità e di sicurezza del sito, in accordo al Piano di Sicurezza di Coordinamento del progetto esecutivo. In tutte le lavorazioni, l'Appaltatore adotterà le precauzioni necessarie per evitare gli smottamenti delle pareti dello scavo, soprattutto in conseguenza di eventi meteorologici avversi e metterà in atto tutti gli accorgimenti necessari per evitare danni alle persone ed alle opere, provvedendo a suo carico alla rimozione dei materiali eventualmente franate.

Per i dettagli sul piano di riutilizzo delle terre e rocce da scavo, si rimanda al "Piano Preliminare di Utilizzo Terre e Rocce da Scavo" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/C/RS/120-a) e all'elaborato che sarà redatto in fase di progettazione esecutiva. Le operazioni di compensazione delle volumetrie di terre di scavo prodotte saranno gestite nelle aree di cantiere mediante il riuso per la realizzazione dei rilevati e per la copertura delle scarpate ai fini della rinaturalizzazione e del rinverdimento a fine lavori.

Il trasporto delle terre prodotte dagli scavi e riutilizzate in loco, nel caso di strade e piazzole, sarà eseguito mediante mezzi di cantiere idonei in relazione alle distanze tra scavi e rilevati, con stoccaggi temporanei di breve periodo in cumuli di altezza non superiore a 1,5 mt e con pendenze inferiori all'angolo di attrito del terreno.

Solo i materiali derivanti dallo scotico superficiale saranno stoccati per tempi poco più lunghi, eventualmente anche nell'area di cantiere individuata per la sistemazione delle strutture logistiche e ricovero mezzi, in quanto opportunamente selezionate nella fase iniziale di scotico e da riutilizzare per il rinverdimento delle scarpate nella fase finale dei lavori. Le terre per la rinaturalizzazione saranno stoccate in cumuli di altezza non superiore a 1,5 mt e con pendenze inferiori all'angolo di attrito del terreno.

I cavidotti saranno realizzati lungo la viabilità di esercizio dell'impianto eolico e la parte di materiale derivante dagli scavi sarà posizionata a lato delle trincee, per le quantità da riutilizzare immediatamente dopo la posa dei cavi (riempimento della trincea), mentre la rimanente sarà conferita a discarica autorizzata.

6.2 Formazione di rilevati

La realizzazione dei corpi di rilevato e delle soprastrutture (ossatura e sottofondo) per le strade e per le piazzole avverrà secondo forme, caratteristiche, modalità esecutive e spessori definiti nel progetto esecutivo.

L'avvio della formazione dei rilevati dovrà porre particolare attenzione alle operazioni di "gradonatura" dei piani di posa, alla profilatura esterna dei rilevati e alla conformazione planimetrica delle soprastrutture, specie nelle piazzole. Se il sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento, anche dopo la compattazione del terreno, non raggiungerà il valore prefissato, in ottemperanza alle indicazioni della Direzione Lavori, si provvederà al miglioramento delle caratteristiche tensionali geomeccaniche del terreno mediante sostituzione del materiale in situ.

Nel caso di spessori elevati di terreni torbosi o limo-argillosi fortemente imbibiti d'acqua, che rappresentano ammassi molto compressibili, occorrerà prendere provvedimenti più impegnativi per assicurare l'assestamento (con pali di sabbia o mediante precompressione statica per mezzo di un sovraccarico) ovvero sostituire l'opera in terra (rilevato) con altra più idonea alla portanza dell'ammasso. Le valutazioni dovranno essere fatte procedendo ad ulteriori accertamenti mediante prove edometriche (su campioni indisturbati) o prove penetrometriche in situ.

Nei terreni acclivi la sistemazione del piano di posa dovrà essere realizzata a gradoni facendo in modo che la pendenza trasversale dello scavo non superi il 5%; in questo caso risulta sempre

necessaria la costruzione lato monte di un fosso di guardia e di un drenaggio longitudinale se si accerta che il livello della falda è superficiale.

Per individuare la natura meccanica dei terreni dell'ammasso si consiglia di eseguire, dapprima, semplici prove di caratterizzazione e di costipamento:

La formazione del rilevato sarà eseguita mediante deposito di strati successivi e sovrapposti di terreno qualificato come geotecnicamente idoneo, secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002 trasportato sull'area di conferimento mediante mezzi idonei e compattato mediante escavatori e rulli meccanici fino al raggiungimento del valore di capacità portante corrispondente ad un Modulo di deformazione "Md" di almeno 30 N/mm², da determinarsi per ogni strato mediante prove di carico su piastra con densità di prova stabilita dalla Direzione Lavori.

La compattazione dello strato dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quell'adiacente pari almeno al 10% della larghezza del rullo. Al termine della realizzazione dell'opera, le scarpate dovranno essere riprofilate, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma, per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato.

In presenza di paramenti flessibili e/o murature laterali, la compattazione del terreno dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse. Pertanto, i grossi rulli vibranti potranno operare fino ad una distanza di circa 1,5 m dai manufatti, provvedendo poi ad utilizzare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti e/o rulli azionati a mano fino a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti, eventualmente operando su strati di spessore ridotto.

Le porzioni di rilevato rimaste in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc. dovranno essere completate garantendo la continuità con la parte già realizzata mediante l'impiego di materiali idonei e di modalità operative in grado di raggiungere gli stessi livelli di compattazione.

In generale, non dovranno essere utilizzati polimeri, fanghi o altre sostanze chimiche addizionali o miscelazione con il materiale terroso. Potrà essere utilizzata acqua, trasportata con autobotti e di sicura provenienza non inquinata, per integrare il contenuto di umidità nel terreno da compattare nel periodo secco.

Nel caso di rilevati con altezze e pendenze significative, se previste dal progetto esecutivo, potranno essere utilizzate gabbionate atte a limitare la spinta del terreno e quindi a intervenire strutturalmente sul versante del rilevato.

Le gabbionate sono opere di sostegno modulari, formate da parallelepipedi in rete riempiti con pietrame. La rete dovrà essere a doppia torsione tessuta con filo trafilato di acciaio protetto con zincatura forte o con lega di zinco-alluminio (galvan) ricoperto da una guaina in PVC, atto ad aumentare la resistenza alla corrosione.

Per il riempimento dei gabbioni potranno essere utilizzati i materiali lapidei disponibili in loco o nelle vicinanze, purché con caratteristiche granulometriche e peso specifico tali da soddisfare le esigenze progettuali e garantire l'efficienza dell'opera. Il pietrame dovrà essere non gelivo, non friabile e di buona durezza. Le gabbionate dovranno essere riempite con cura utilizzando pezzature di pietrame diversificate in modo da minimizzare la presenza di vuoti.

Le gabbionate si comportano staticamente come un muro a gravità, per questo sono soggette alle medesime verifiche e ipotesi (Coulomb, Rankine, metodo dell'equilibrio limite), con il vantaggio di essere permeabili, resistenti e allo stesso tempo molto flessibili, in quanto sono in grado di opporsi, senza grandi deformazioni dei singoli elementi, ad assestamenti/cedimenti del piano di posa o a movimenti/spinte del terreno a tergo, per cause dovute a fenomeni erosivi o a fenomeni franosi, o a scosse sismiche.

La struttura modulare e la forma degli elementi conferiscono all'opera una notevole capacità di adattamento alle diverse conformazioni plano-altimetriche del terreno, infatti, vengono anche utilizzate in interventi di sistemazione in alveo e difese di sponda, consentendo la realizzazione di opere anche di ridotte dimensioni e in zone di difficile accesso.

Nella formazione dei rilevati, i materiali provenienti da cave, se diversi da quelli prescritti, possono essere resi idonei alla formazione di riporti mediante adeguati trattamenti (vagliature, frantumazione, miscelazione od altro), secondo modalità e prove che devono essere stabilite dalla Direzione Lavori.

7. VIABILITA' DI IMPIANTO E PIAZZOLE

L'accessibilità al sito eolico, con gli interventi sulla viabilità esistente per l'adeguamento provvisorio alle dimensioni dei trasporti eccezionali, la viabilità interna e le piazzole

dell'impianto eolico, necessarie per l'installazione e il montaggio degli aerogeneratori, sono illustrate nella "Relazione tecnica generale" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/I/RT/002-a) e nei relativi elaborati grafici (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/C/PLN/011-a ÷ IT/EOL/E-CASI/PDF/C/PLN/017-a).

Le nuove strade, ad integrazione di quelle esistenti per l'accesso alle piazzole di installazione degli aerogeneratori, sono state studiate nel progetto definitivo il più possibile marginali rispetto ai fondi agricoli e aderenti alla morfologia del territorio, al fine di limitare le opere di scavo e di riporto.

La realizzazione delle strade e delle piazzole, con finitura superficiale a ghiaia, prevede scavi e riporti che saranno eseguiti in conformità a quanto descritto nel precedente capitolo.

Si individuano le seguenti tipologie di intervento:

- sistemazioni provvisorie delle strade e piazzole per la fase di cantiere (costruzione e trasporti);
- sistemazioni definitive delle strade e piazzole per la fase di esercizio dell'impianto eolico.

7.1 Strade di cantiere

Le strade esistenti e di nuova formazione, durante le attività di cantiere, devono essere idonee per consentire il trasporto dei componenti degli aerogeneratori e il passaggio delle macchine operatrici, in particolare le gru necessarie per i montaggi in elevazione.

La viabilità è progettata in accordo alle specifiche tecniche dei principali costruttori di aerogeneratori secondo i seguenti requisiti dimensionali.

STRADE TRASPORTO AEROGENERATORI	
Larghezza carreggiata nei tratti rettilinei	5 m
Cunette laterali	larghezze variabili in base al terreno
Pendenza trasversale	2% max
Raggio minimo delle curve	60 m in mezzaria
Raccordo verticale minimo	500 m

7.2 Piazzole di montaggio

Le piazzole di montaggio dell'aerogeneratore sono state previste nel progetto definitivo con dimensioni ridotte e sagomate, al fine di limitare i movimenti terra e le incidenze sul territorio, supponendo di operare con modalità di montaggio degli aerogeneratori quasi "just in time", ovvero con limitato stoccaggio delle componenti di maggiore ingombro.

Le piazzole di montaggio avranno una sagoma con inviluppo variabile, attorno al plinto di fondazione dell'aerogeneratore, per la formazione delle aree temporanee di stoccaggio e di posizionamento della gru principale e delle gru ausiliarie necessarie per il montaggio del braccio della gru principale.

Le piazzole di montaggio dovranno essere realizzate come sarà previsto nel progetto esecutivo che recepirà le prescrizioni di portata, dimensione e forma fornite dal costruttore dell'aerogeneratore, in accordo con la ditta incaricata dei trasporti e delle movimentazioni.

7.3 Tracciamento e sottofondo

Il tracciamento delle strade, adeguamento delle esistenti e nuova realizzazione, nonché il tracciamento delle aree delle piazzole, dovrà essere eseguito mediante materializzazione dei punti di picchettamenti definiti in progetto.

Si procederà quindi allo scotico del primo strato di terreno (spessore medio di 25 cm) e di sbancamento e riporto del terreno in accordo alle modalità di scavo indicate nel precedente capitolo.

La pulizia del verde interno all'area picchettata deve essere eseguita prestando attenzione alla eventuale presenza di vegetazione da salvaguardare, a meno che ne non sia già stata opportunamente autorizzata la rimozione.

Lo scavo nelle aree delle strade sarà eseguito sino alla quota indicata negli elaborati del progetto esecutivo; l'eventuale terreno soffice ed inutilizzabile, al di sotto della quota fondo scavo di progetto, dovrà essere rimosso e sostituito da materiale compattato.

La formazione del sottofondo dovrà essere curata con attenzione per ottenere le migliori caratteristiche di portanza e di resistenza all'azione dell'acqua e del gelo, in quanto costituisce la base di appoggio della sovrastruttura stradale. Il grado di compattazione sarà non minore del 95% della densità massima del Proctor Modificato (ASTM D 1557).

7.4 Strato di fondazione

Lo strato di fondazione è il primo livello della sovrastruttura, con funzione di distribuzione dei carichi sul sottofondo, e sarà costituito da misto granulare di pezzatura grossolana (tout venant di cava) messo in opera in modo tale da ottenere uno spessore di circa 50 cm a costipamento avvenuto. Il misto granulare dovrà essere costituito da materiale frantumato spigoloso e poliedrico, deve essere costituito da elementi sani, tenaci, non gelivi e deve soddisfare i requisiti stabiliti nel progetto esecutivo in aderenza alle norme tecniche di riferimento (CNR-UNI 10006), in accordo con le indicazioni della Direzione Lavori. Pertanto, non potranno essere utilizzati misti granulari costituiti da clasti di forma tondeggianti, o piatta o lenticolari, o da clasti teneri e friabili.

Il costipamento del materiale deve essere eseguito con l'impiego di un rullo liscio vibrante, di peso 6 ton ÷ 8 ton, eseguendo minimo 6 passate per ogni sezione ad una velocità massima di 1,5 km/h, con una percentuale di ricoprimento maggiore o uguale al 25% e a partire dai bordi esterni per terminare con la fascia centrale.

La ripartizione dei carichi, ove necessario, sarà realizzata mediante manti in tessuto non tessuto in propilene o poliestere (peso non inferiore a 300 g/m²), generalmente posati al di sotto dei punti critici della geo-membrana (piegature, risvolti, zone di contatto con i manufatti ecc.) e giuntati mediante cucitura meccanica continua, oppure con semplice sormonto dei non inferiore a 20 cm, in accordo con le prescrizioni contenute nel progetto esecutivo e con le indicazioni della Direzione Lavori.

7.5 Strato di finitura

Lo strato di finitura viene posato direttamente sopra lo strato di fondazione e costituisce la parte superficiale direttamente a contatto con le ruote dei veicoli.

Lo strato di finitura a inerte costipato sarà costituito da clasti con diametro massimo di 40 mm ed avrà uno spessore finito di circa 20 cm. Dopo la stesura deve essere innaffiato e rullato così da costituire una sagomatura tale da permettere il drenaggio spontaneo delle acque verso l'esterno della strada così come previsto negli elaborati di progetto. La natura, le caratteristiche del misto, la modalità di stesa e di costipamento rimangono gli stessi definiti per lo strato di fondazione.

7.6 Sistemazioni definitive

Terminata l'installazione degli aerogeneratori e la posa dei cavidotti, le ultime attività di cantiere consisteranno nella sistemazione definitiva delle strade e delle piazzole, secondo le planimetrie previste nel progetto esecutivo.

Tutte le aree esterne alla viabilità e alle piazzole di esercizio saranno ripristinate nello stato ante operam e si procederà alla sagomatura delle opere di difesa idraulica e alla rinaturalizzazione dei cigli e delle scarpate.

Alla chiusura del cantiere, la rete viaria interna all'impianto eolico risulterà completamente rinnovata, migliorando l'accessibilità ai terreni utilizzati per l'agricoltura e per la pastorizia, nonché permettendo una più agevole movimentazione dei mezzi antincendio, indispensabili in zone a volte soggette a incendi specie nel periodo estivo.

7.7 Ingegneria naturalistica

La stabilizzazione superficiale dei rilevati e delle scarpate laterali delle strade dovrà essere eseguita mediante interventi di ingegneria naturalistica, utilizzando materiali vegetali vivi, al fine di ottenere risultati efficaci dal punto di vista tecnico-funzionale e adeguati in relazione agli aspetti ecologici ed estetico paesaggistici.

Le soluzioni da adottare saranno definite nel progetto esecutivo in termini tipologici e, per le specifiche applicazioni, saranno decise caso per caso in accordo con la Direzione Lavori.

Di seguito si riportano le principali soluzioni di intervento contenute nel "Atlante delle opere di sistemazione dei versanti" dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT, Manuali e Linee guida 10/2002).

7.7.1 Piantumazione

Le piantumazioni sono particolarmente indicate nelle zone collinari su terreni aridi, quando si vuole ottenere in tempi brevi un'efficace copertura vegetale per il consolidamento e la protezione dall'erosione superficiale di pendii e scarpate o il rinverdimento e consolidamento di opere strutturali.

Le specie vegetali dovranno essere selezionate tra quelle più diffuse nella zona dell'intervento.

7.7.2 Fascinate vive

Le fascinate vive sono utilizzate negli interventi di sistemazione dei versanti con pendenza non superiore ai $30^\circ \div 35^\circ$ per ottenere il rinverdimento ed il drenaggio superficiale dei pendii mediante la formazione di file di gradoni, disposti parallelamente alle curve di livello, nei quali sono sistemati delle fascine di astoni o ramaglia, possibilmente lunghi e dritti, prelevati da piante legnose con elevata capacità di diffusione vegetativa.

La distanza tra le file di gradoni è di $1\text{ m} \div 2\text{ m}$ con disposizione che può essere a elementi paralleli o a spina di pesce, con una realizzazione schematizzata nella figura seguente.

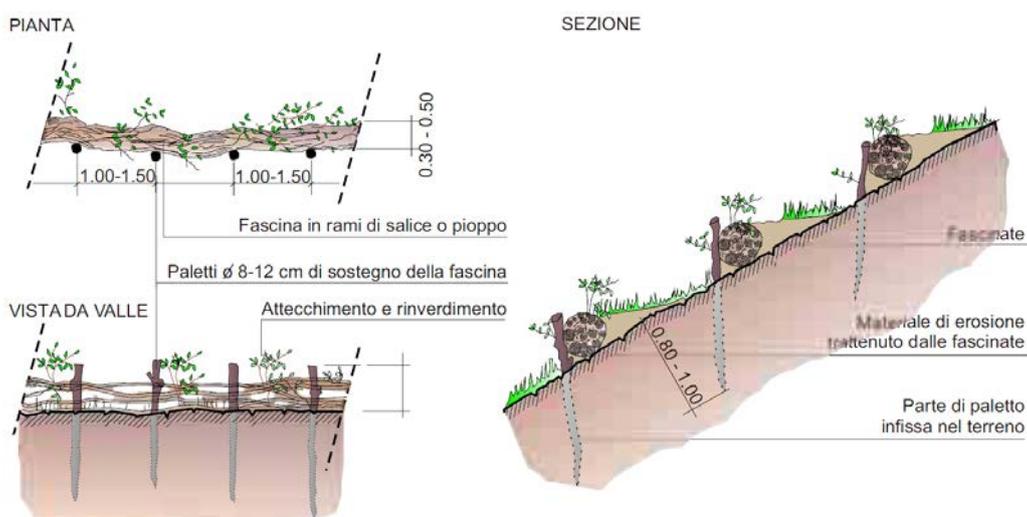
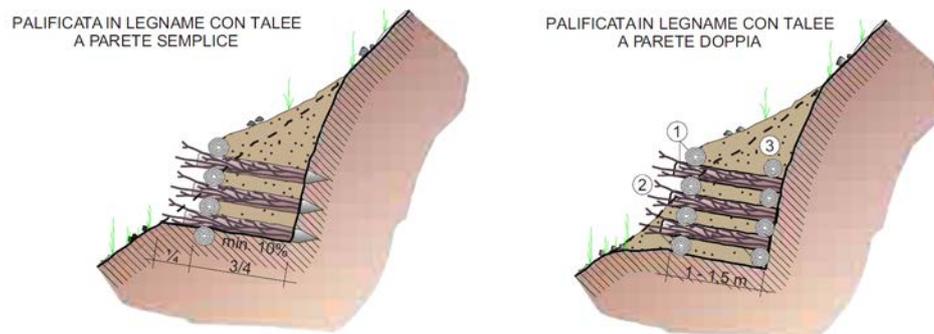


Figura 2: Schematizzazione fascinata viva su una scarpata con pendenza inferiore a 35°

7.7.3 Palificate vive

Le palificate vive con talee e/o con piantine sono impiegate negli interventi di stabilizzazione e rinverdimento di pendii e scarpate, naturali o artificiali, attraverso la formazione di strutture fisse in legname, che hanno la funzione di formare delle piccole gradonate a monte delle quali si raccoglie il terreno. Lo sviluppo dell'apparato radicale garantisce il consolidamento del terreno, mentre la parte aerea contribuisce a contenere l'erosione superficiale.



1. pali il legno scortecciato di sezione tonda o quadrata 10 ÷ 25 cm
2. ramaglia viva o talee
3. terreno di riporto

Figura 3: Sezione schematica di palificate vive a parete semplice e doppia

Nella precedente figura è rappresentata a sinistra la soluzione a parete semplice, i tronchi in legname sono posti nello scavo a "L" (con piede in contro-pendenza di circa 15°), alternativamente in senso longitudinale ed in senso trasversale, formando una specie di castello di legno. I tronchi sono fissati tra loro con chiodi o fili di ferro e la struttura viene riempita con il materiale di risulta dello scavo, procedendo alla messa in opera delle talee e delle piantine radicate.

Nella stessa figura, a destra, è rappresentata la soluzione a parete doppia, la palificata è realizzata disponendo i tronchi su due file orizzontali sia all'esterno sia all'interno della struttura con appoggio alla parete dello scavo.

7.7.4 Gradonate vive

La tecnica delle gradonate vive con talee e/o con piantine è un sistema impiegato negli interventi di stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali, in materiali sciolti.

La realizzazione di gradonate permette di rinverdire le scarpate attraverso la formazione di piccoli gradoni lineari, a forma mdi "L" con piede in contropendenza che corrono lungo le curve di livello del pendio, in cui si interrano dei fitti "pettini" di talee e/o di piantine radicate (vedi figura seguente).



Figura 4: Sezione schematica di gradonata con talee

Lo sviluppo dell'apparato radicale garantisce il consolidamento del terreno, mentre la parte aerea contribuisce a contenere l'erosione superficiale.

7.7.5 Inerbimenti

I fenomeni erosivi superficiali su pendii e scarpate, naturali o artificiali, dovranno essere contrastati mediante inerbimento eseguito con semina a spaglio di essenze autoctone in periodi idonei per la germinazione.

Gli inerbimenti nelle aree di maggiore pendenza potranno eventualmente essere favoriti mediante la posa di bioreti, costituite da fibre naturali (cocco, juta, ecc.) tessute a maglia aperta o annodate, o di biofeltri, costituiti da teli (o nappes) non tessuti di fibre vegetali (paglia, trucioli di legno, cocco, ecc.) asciolte agugliate o anche pressate.

7.7.6 Regimazione acque meteoriche

La regimazione delle acque meteoriche è fondamentale per mantenere in perfetta efficienza le strade e le piazzole dell'impianto eolico. Il sistema idraulico di raccolta e drenaggio delle acque

meteoriche sarà realizzato secondo le indicazioni del progetto esecutivo, nel quale saranno indicate anche i ripristini delle opere di difesa idraulica della viabilità esistente.

Le acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole e dalle superfici circostanti verranno raccolte mediante fossi longitudinali (trincee drenanti e setti drenanti) riempiti in pietrame e canalette trasversali in legno per essere trasportate fino agli impluvi naturali e ai dissipatori in pietrame che saranno opportunamente ubicati in relazione alla idrografia e alla morfologia del territorio.

8. FONDAZIONI DEGLI AEROGENERATORI

Il dimensionamento delle fondazioni sarà eseguito in fase di progettazione esecutiva, sulla base dei carichi effettivi dell'aerogeneratore che saranno comunicati dal produttore e dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi.

Le fondazioni, in generale, potrebbero essere di tipo diretto, ma le valutazioni preliminari fatte in sede di progetto definitivo portano a non escludere fondazioni di tipo indiretto su pali, con un plinto superiore circolare di spessore variabile e pali trivellati in numero, diametro e lunghezza adeguati in riferimento alla singola posizione di installazione dell'aerogeneratore, sulla base delle indagini geotecniche che saranno eseguite e delle soluzioni adottate in sede di progetto esecutivo. Preliminarmente, sarà eseguito lo scavo di sbancamento del terreno necessario al raggiungimento della quota di imposta, secondo le modalità precedentemente descritte per gli scavi in genere, e avendo cura di regolarizzare il fondo e di mettere in sicurezza delle pareti di scavo.

8.1 Plinto di fondazione

La realizzazione del plinto di fondazione sarà eseguita in conformità ai calcoli e alle modalità esecutive previste nel progetto esecutivo, con il controllo della Direzione Lavori, eseguendo le seguenti fasi principali.

Sul fondo dello scavo, eventualmente attrezzato con materiali speciali (materassini in polistirene ad alta densità, geostuoie, ecc ...), sarà posato lo strato di magrone di fondazione, sopra al quale si procederà a montare la gabbia di ancoraggio metallica cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di ancoraggio. Entrambe le

piastre, da posare in perfetta orizzontalità, saranno dotate di serie concentriche fori per il passaggio di barre in acciaio ad alta resistenza filettate (tirafondi) che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre.

Dopo il controllo finale della perfetta orizzontalità, sarà completata la posa in opera dei ferri di armatura del plinto di fondazione, nella quale saranno installate anche le tubazioni in PVC corrugato per il passaggio dei cavi elettrici e i collegamenti alla rete di messa a terra elettrica. Terminata la cassetta si procederà con l'esecuzione del getto di calcestruzzo, con caratteristiche determinate dai calcoli strutturali, che dovrà essere eseguito con continuità fino a raggiungere la copertura della piastra di base dell'aerogeneratore.

Dopo il periodo di maturazione del calcestruzzo, previo assenso da parte della Direzione Lavori, si procederà al disarmo della cassetta del plinto e il rinterro del plinto di fondazione realizzando ai lati del manufatto un drenaggio dotato anche di tubazione microforata per la raccolta e l'allontanamento delle acque dalla fondazione.

8.2 Pali trivellati

Qualora in fase esecutiva si prevedano pali trivellati in cemento armato, a partire dalla quota di imposta della fondazione saranno realizzati i pali mediante perforazione e asportazione del terreno con trivella per liberare il cilindro corrispondente al volume del fusto del palo.

Il sostegno delle pareti dello scavo, in dipendenza della natura del terreno e delle altre condizioni cui l'esecuzione dei pali può essere soggetta, sarà assicurato tipicamente mediante infissione di rivestimento tubolare provvisorio in acciaio, o con l'ausilio di fanghi bentonitici in quiete nel cavo o in circolazione tra il cavo e una apparecchiatura di separazione dei detriti.

Le armature metalliche dovranno essere assemblate fuori opera e calate nel foro prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio; nel caso in cui il palo sia armato per tutta la lunghezza, esse dovranno essere mantenute in posto nel foro, sospendendole dall'alto e non appoggiandole sul fondo. Le armature dovranno essere provviste di opportuni dispositivi distanziatori e centratori atti a garantire una adeguata copertura di conglomerato cementizio sui ferri di almeno 5 cm. Inoltre, tutte le gabbie dovranno essere munite di staffe circolari interne di irrigidimento con distribuzione non superiore a 2 m e con diametro non inferiore a 20 mm. All'interno della gabbia saranno predisposti almeno tre tubi (diametro pari a 2 pollici) acciaio o ferro ricotto con giunzioni filettate, per tutta la lunghezza del palo e gli stessi

dovranno essere disposti a triangolo per la esecuzione delle prove non distruttive. I sistemi di getto dovranno essere tali, in ogni caso, da non danneggiare l'armatura e non alterarne la posizione rispetto ai disegni di progetto per la perfetta esecuzione delle letture delle prove non distruttive.

La realizzazione dei pali comporterà la predisposizione di impianti ed attrezzature per la confezione, il trasporto e la posa in opera del conglomerato cementizio di potenzialità tale da consentire il completamento delle operazioni di getto in continua di ogni palo, qualunque sia il diametro e la lunghezza.

Nel caso di impiego del tubo di rivestimento provvisorio, l'estrazione dello stesso dovrà essere eseguita gradualmente adottando tutti gli accorgimenti necessari per evitare che si creino distacchi, discontinuità od inclusioni di materiali estranei al corpo del palo.

Tutte le condizioni di approntamento del cantiere e di esecuzione dei pali dovranno essere approvate dalla Direzione Lavori.

9. OPERE IN CALCESTRUZZO

I calcestruzzi per la costruzione delle fondazioni degli aerogeneratori e, in genere, utilizzati per la costruzione delle opere d'arte necessarie per il completamento dell'impianto eolico, dovranno essere perfettamente idonei ed approvati dalla Direzione Lavori.

9.1 Composizione del calcestruzzo

Tutti i materiali che compongono il calcestruzzo dovranno corrispondere a quanto prescritto dalle "Norme tecniche per le costruzioni" approvate con Decreto Ministeriale del 17.01.2018 al quale si fa riferimento per il tipo ed il numero dei controlli e le prove sui materiali da eseguire, salvo quanto sarà eventualmente diversamente specificato negli elaborati del progetto esecutivo.

Il rapporto acqua/cemento deve essere scelto opportunamente (vedi UNI EN 206-1) in modo da consentire la realizzazione di calcestruzzi di elevata impermeabilità e compattezza e da migliorare la resistenza alla carbonatazione ed all'attacco dei cloruri; deve essere comunque utilizzato un rapporto acqua/cemento non superiore a 0,45 per tutti gli elementi strutturali in

cemento armato e a 0,50 per tutti gli altri elementi (controllo quantità di acqua immessa nell'impasto sia l'umidità degli inerti con metodo SPEEDY TEST).

I leganti da impiegare devono essere conformi alle prescrizioni e definizioni contenute nella Legislazione vigente ed alla Norma UNI EN 206-1 e UNI EN 197-1. Per le opere destinate ad ambiente umido deve essere utilizzato cemento tipo pozzolanico.

Il dosaggio minimo di cemento per ogni metro cubo di calcestruzzo deve essere determinato in funzione del diametro massimo degli inerti, secondo la Norma UNI 8981 - Parte 2[^] sulla durabilità del calcestruzzo, il tutto come riportato negli elaborati di progetto esecutivo o secondo le disposizioni impartite dalla Direzione Lavori.

Gli inerti possono provenire sia da cave naturali che dalla frantumazione di rocce di cave coltivate con esplosivo e possono essere sia di natura silicea che calcarea, purché di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Devono essere 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.

Gli aggregati da utilizzare nella confezione dei calcestruzzi devono soddisfare i requisiti richiesti nel Decreto Ministeriale del 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" ed essere conformi alle prescrizioni relative alla Norma UNI 8520.

La granulometria degli inerti deve essere scelta in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre senza pericolo di segregazione (UNI EN 206-1), considerando diametri D15 per spessori di calcestruzzo minori o uguali a 15 cm e 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 e certificazione rilasciata da un Laboratorio Ufficiale.

Prima dell'inizio della esecuzione del getto, la Direzione Lavori dovrà approvare la Relazione Tecnica fornita dall'impresa relativa alla provenienza del calcestruzzo, alla granulometria degli inerti, alla qualità degli stessi, alla marca del cemento e al suo dosaggio, riportando le quantità d'acqua che saranno impiegate per la confezione in relazione a ciascuna Classe di resistenza.

9.2 Classe di resistenza a compressione

Tutte le strutture per fondazioni, platee, pozzetti, muri ecc. dovranno essere realizzate con calcestruzzo della classe specificata sugli elaborati progettuali esecutivi o indicata dalla Direzione Lavori (di norma classe di resistenza minima Rck 25 N/mm²).

I getti di sottofondazione, rinfiacco ed allettamento, nonché eventuali getti per finiture stradali saranno realizzati utilizzando calcestruzzo confezionato con classe di resistenza minima Rck 20 N/mm².

La misurazione della consistenza del calcestruzzo fresco, realizzato con inerti ≤ 40 mm, dovrà essere eseguita secondo la normativa UNI EN 12350-2 mediante il cono di Abrams e non potrà mai superare i valori prescritti per ogni classe, mentre detti valori potranno essere ridotti quando risulterà possibile ed opportuno per migliorare la qualità del calcestruzzo.

La classe di resistenza minima non dovrà in alcun modo essere inferiore ai valori indicati nel Decreto Ministeriale del 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Nel corso di ogni fase di getto verranno prelevati numero non inferiore a 2 prelievi di tre cubetti, o in numero e modalità diversa come stabilito dalla Direzione Lavori, al fine di accertare la rispondenza del calcestruzzo secondo le modalità indicate dal Decreto Ministeriale del 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

I provini, datati e contrassegnati in modo indelebile con riferimento al manufatto cui si riferiscono, saranno portati ad un Laboratorio ufficiale per l'esecuzione delle prove di schiacciamento.

La determinazione delle Classi viene eseguita separatamente per ogni singola opera di volume superiore o uguale a 100 m³ e per singole e/o gruppi di opere individuate dalla Direzione Lavori in cantiere.

Qualora dalle prove di Laboratorio riferite a manufatti singoli, si ottenesse una Classe inferiore a quella prescritta, l'opera dovrà essere demolita e ricostruita, procedendo al prelievo di nuovi provini secondo le modalità sopra stabilite.

In alcuni casi, ove tecnicamente possibile, invece della demolizione possono essere realizzate opere di rafforzamento delle strutture al fine di raggiungere una resistenza equivalente alla prescritta, in base ai nuovi calcoli strutturali e alle disposizioni della Direzione Lavori.

9.3 Calcestruzzi magri e di riempimento

I calcestruzzi magri per getti di pulizia di fondazione (magroni di sottofondazione), per appoggio di drenaggi e scogliere, etc., dovranno essere dosati con q.li. 1,5 ÷ 2,0 di cemento (tipo II/III/IV classe 32,5 N/mm²) per ogni metro cubo di impasto.

In casi particolari la Direzione Lavori potrà richiedere l'impiego di calcestruzzo magro dosato con 0,50 q.li/m³ di cemento (tipo II/III/IV classe 32,5 N/mm²) e con inerti dalla dimensione massima di 10 mm, per la realizzazione di riempimenti. Il calcestruzzo dovrà avere una consistenza tale da non richiedere interventi manuali per lo stendimento (autolivellante).

9.4 Calcestruzzo preconfezionato

Il calcestruzzo potrà essere approvvigionato presso impianti di betonaggio della zona, purché operanti secondo le prescrizioni del Decreto Ministeriale del 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e della UNI EN 206-1, a seguito di approvazione della Direzione Lavori che eseguirà gli opportuni accertamenti con il fornitore, stabilendo anche i necessari prelievi e controlli.

L'impiego di conglomerato cementizio preconfezionato nelle opere di costruzione dell'impianto eolico dovrà rispettare scrupolosamente tutte le norme regolamentari e di legge stabilite sia per i materiali (inerti, leganti, ecc.) sia per il confezionamento e trasporto dal luogo di produzione al cantiere.

9.5 Esecuzione dei getti in calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà essere posto in opera appena confezionato e stendendo strati successivi fresco su fresco, possibilmente per tutta la superficie interessante il getto, osservando quanto previsto nel Decreto Ministeriale del 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" UNI EN 206-1. Inoltre, dovrà essere vibrato con vibrator meccanici ad immersione o percussione, evitando accuratamente la formazione di sacche d'aria e la segregazione degli inerti.

Non potranno essere eseguite interruzioni nei getti di calcestruzzo se non previste nei disegni di progetto e con l'approvazione della Direzione Lavori. Le eventuali riprese di getto da fase a fase dovranno essere eseguite previa opportuna preparazione delle superfici di ripresa, che devono essere scalpellate e pulite con getti di aria ed acqua in pressione.

Anche i basamenti non aventi armatura metallica dovranno essere gettati in unica fase affinché il getto stesso risulti monolitico.

Per necessità logistiche od esecutive, in accordo con la Direzione Lavori, i getti potranno essere effettuati con l'ausilio di pompa da calcestruzzo, evitando però la caduta libera dell'impasto da altezze superiori a 1,5 m.

Tutte le superfici orizzontali dei getti di calcestruzzo che rimarranno in vista devono essere rifinite e lisce a fratazzo fine, in fase di presa del getto.

Non potranno essere messi in opera i calcestruzzi a temperatura inferiore a zero gradi centigradi.

I getti di calcestruzzo dovranno essere eseguiti con le tolleranze massime di errore geometrico definite nel progetto esecutivo ed eventuali errori superiori dovranno essere eliminati con le modalità che la Direzione Lavori riterrà opportune.

Al momento del getto, fermo restando l'obbligo di corrispondere alla Classe di resistenza a compressione prescritta, il calcestruzzo dovrà avere una Classe di 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 sopra definito, mantenendo le superfici opportunamente bagnate durante la prima fase della presa (almeno tre giorni) e protette con teli di juta inumiditi.

Il trasporto del calcestruzzo fresco, dall'impianto di betonaggio alla zona del getto, dovrà essere fatto mediante l'utilizzo di mezzi (autobetoniere) idonei a evitare la separazione degli inerti e a mantenere il controllo delle perdite di acqua per evaporazione; all'arrivo in cantiere dovrà essere controllata la consistenza o la plasticità del calcestruzzo con prelievi periodici (slump), a giudizio della Direzione Lavori.

9.6 Predisposizioni in corso di esecuzione del getto

In corso di esecuzione del getto, con il controllo della Direzione Lavori, dovranno essere eseguite tutte le predisposizioni previste nei disegni costruttivi del progetto esecutivo, riguardo a fori, cavità, incassature, sede di cavi, parti di impianti, etc.

La mancata esecuzione delle predisposizioni prescritte negli elaborati progettuali e dalla Direzione Lavori, se non diversamente realizzabili, comporteranno demolizioni e ricostruzioni dei getti eseguiti.

9.7 Casseforma per opere in calcestruzzo

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

Le tecniche di disarmo dovranno essere eseguite in conformità alle Decreto Ministeriale del 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e alla UNI EN 206-1.

Dopo il disarmo dovranno essere asportate tutte le sbavature, tagliati tutti i tiranti metallici di trattenuta ed effettuati i rappezzi necessari, secondo quanto confacente al caso, previa approvazione da parte della Direzione Lavori delle modalità esecutive e delle malte da utilizzare. In funzione dell'opera da realizzare, le cassetture possono essere realizzate con pannelli metallici, con pannellature di legno, e/o con l'impiego di tavole di abete dello spessore minimo di cm 2,5. Particolare cura è richiesta per la preparazione della cassaforma esterna di eventuali muri di retta, onde ottenere opere esteticamente apprezzabili.

Qualora previsto nel progetto esecutivo, o richiesto dalla Direzione Lavori, la cassetatura di taluni manufatti potrà essere in carpenteria metallica a perdere.

9.8 Acciaio per cemento armato

L'acciaio e la rete elettrosaldata da utilizzare per i cementi armati dovranno corrispondere alle caratteristiche specificate dal Decreto Ministeriale del 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Le dimensioni della maglia, il diametro del filo e la misura base dei pannelli della rete elettrosaldata dovranno rispettare le indicazioni contenute nel progetto esecutivo.

Come prescritto dalla normativa succitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato dovranno essere prodotti i certificati di controllo in originale e/o in copia conforme all'originale ai sensi dell'Art. 14 della Legge n. 15 del 04.01.1968. La Direzione Lavori provvederà, in cantiere, al prelievo dei vari spezzoni da sottoporre agli accertamenti sulle caratteristiche fisico-chimiche, coerentemente a quanto disposto nel D.M. citato, presso un Laboratorio Ufficiale di prova materiali.

La costruzione delle armature e la loro messa in opera dovranno essere conformi alle prescrizioni delle vigenti leggi per le opere in cemento armato. L'armatura dovrà essere posta in opera nelle casseforme, secondo le posizioni assegnate dai disegni di progetto esecutivo, facendo particolare attenzione agli spazi da lasciare per il ricoprimento con lo spessore di calcestruzzo (copriferro) prescritto.

10. OPERE CIVILI

10.1 Inerti per conglomerati cementizi

Le ghiaie i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei conglomerati cementizi per opere in calcestruzzo semplice ed armato, dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dal D.M. 14 febbraio 1992, dalla circolare 24.06.1993 n° 374061 e s.m.i., nonché alle normative UNI CNR.

Detti materiali dovranno essere costituiti da elementi omogenei, di natura preferibilmente silicea o silicatica, provenienti da rocce con alta resistenza alla compressione, compatte, uniformi e non gelive, con esclusione di rocce decomposte o gessose o marmose. Dovranno risultare assolutamente esenti da sostanze organiche, limose od argillose e da altre sostanze estranee o comunque nocive. La sabbia da usarsi in miscela con leganti idraulici dovrà essere assolutamente esente da solfati, ove necessario ripetutamente lavata con acqua dolce fino al raggiungimento dei requisiti richiesti.

Tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o facilmente sfaldabili e quelle rivestite da incrostazioni.

L'assortimento granulometrico degli aggregati da impiegarsi nella formazione dei conglomerati dovrà sempre corrispondere a quello stabilito dalla Direzione Lavori in relazione alla destinazione dei getti e alle modalità di posa in opera dei calcestruzzi. L'impresa avrà l'obbligo di garantire comunque la costanza delle caratteristiche e dell'assorbimento granulometrico prescritto e di porre a disposizione della D.L. in cantiere gli strumenti di misura e la serie completa dei setacci e dei crivelli unificati.

10.2 Malte

Le composizioni dei materiali da impiegare per le malte dovranno corrispondere alle proporzioni stabilite nelle specifiche del progetto esecutivo in funzione delle diverse tipologie: (i) malta di calce comune per intonaci; (ii) malta di calce idraulica per intonaci; (iii) malta cementizia per murature; (iv) malta cementizia per opere di rifinitura e intonaci civili; (v) malta cementizia per intonaci impermeabilizzati a cemento.

Le proporzioni dei componenti potranno essere variate in seguito a precise indicazioni della Direzione Lavori.

Ad ogni impasto, i vari componenti, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno essere misurati a peso o a volume, a mezzo di apposite casse della capacità prescritta dalla Direzione Lavori. La manipolazione delle malte dovrà essere eseguita, di norma, a mezzo di idonee macchine mescolatrici, oppure, quando non sia possibile, a braccia d'uomo su aree convenientemente pavimentate. I componenti delle malte idrauliche e cementizie dovranno prima essere mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio omogeneo di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile, ma sufficiente, e continuamente rimescolato.

Gli impasti dovranno essere preparati esclusivamente nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro.

I residui di impasto che per qualsiasi ragione non avessero immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune che dovranno comunque essere utilizzati nello stesso giorno della loro manipolazione.

Se necessario, la Direzione Lavori potrà ordinare che le malte siano passate al setaccio; tale operazione dovrà comunque essere effettuata per le malte da impiegare nello strato di finitura degli intonaci e per le malte fini (setaccio 4 UNI 233211) e per le colle (setaccio 2 UNI 233211).

Le malte espansive (antiritiro) saranno ottenute con impasto di cemento classe 325, sabbia ed un particolare additivo costituito da un aggregato metallico catalizzato agente come riduttore dell'acqua di impasto.

La sabbia dovrà avere granulometria corrispondente alla curva di massima compattezza e le proporzioni dei componenti saranno di 1:1:1: in massa. La resistenza a compressione della malta, a 28 gg. di stagionatura, non dovrà essere inferiore a 600 Kg/cm².

Se non confezionate in cantiere, le malte in argomento potranno essere fornite come prodotto industriale, in confezioni sigillate di marca qualificata.

10.3 Calci e gessi

Le calci aeree dovranno essere esclusivamente del tipo calce idrata in polvere da costruzione, salvo diversa prescrizione specificata nel progetto esecutivo o indicata dalla Direzione Lavori, ottenuta dallo spegnimento totale di ottime calci in zolle presso stabilimenti specializzati; la polvere dovrà presentarsi fine, omogenea e secca e dovrà essere confezionata in imballaggi idonei che saranno conservati in locali ben asciutti.

Gli imballaggi dovranno portare ben visibili l'indicazione del produttore, il peso del prodotto e la specifica se si tratta di fiore di calce o di calce idrata da costruzione.

I gessi per edilizia dovranno essere di recente cottura, perfettamente asciutti, di fine macinazione, scevri di materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. I gessi dovranno essere approvvigionati in sacchi sigillati di idoneo materiale riportanti il nome del produttore e la qualità del gesso contenuto. La conservazione dovrà essere effettuata con tutti gli accorgimenti atti ad evitare degradazioni da umido. Saranno senz'altro rifiutati ed allontanati dal cantiere i gessi che risulteranno avere una presa troppo lenta e che, bagnati, assumano colore grigio.

10.4 Conglomerati bituminosi

Gli inerti da utilizzare per i conglomerati bituminosi dovranno essere principalmente costituiti da pietrischi e graniglie frantumati, ottenuti da rocce con resistenza meccanica non inferiore a 1200 Kg/cm², e dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatti, di forma pressoché poliedrica, con spigoli vivi e superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da altre materie estranee, con una perdita per decantazione in acqua non superiore all' 1 %.

Gli inerti per lo strato di usura gli inerti dovranno provenire da rocce con resistenza alla compressione non inferiore a 1400 Kg/cm².

La sabbia dovrà corrispondere alle caratteristiche granulometriche fissate e alla prova di decantazione in acqua dovrà presentare una perdita in peso non superiore al 2%.

Il bitume da utilizzare per la confezione degli impasti dovrà avere una composizione granulometrica ben assortita e con i coefficienti di penetrazione definiti in sede di progetto esecutivo.

La formula di composizione adottata per i vari tipi di impasti dovrà essere preventivamente comunicata alla Direzione Lavori e dovrà essere documentata sulla base dei risultati di prove sperimentali eseguite per ogni tipo di impasto presso Laboratori ufficiali, in conformità alle modalità stabilite dalle norme UNI.

Resta espressamente stabilito che nulla è dovuto all'Impresa esecutrice se, in funzione della qualità e della granulometria degli inerti prescelti, dovessero essere necessari dosaggi di bitume superiori a quelli stabiliti. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di approvare i risultati ottenuti, ovvero di richiedere nuove prove sperimentali, e comunque senza che tale approvazione riduca in alcun modo la responsabilità a dell'Impresa esecutrice, la quale, per espresso patto contrattuale, resta in ogni caso unica e totale garante dell'esecuzione del lavoro in conformità alle prescrizioni del presente articolo ed obbligata a rifare a sue spese, fino a collaudo eseguito, tutte quelle applicazioni che dopo la loro esecuzione non abbiano dato risultati soddisfacenti.

In corso d'opera, rispetto ai limiti estremi prescritti nella formula per ogni tipo di impasto, non saranno assolutamente consentite variazioni in più o in meno superiori allo 0,5% per il bitume, all' 1 % per l'additivo e al 5% per ciascun assortimento granulometrico dell'aggregato.

I conglomerati bituminosi dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

- elevatissima resistenza meccanica interna;
- marcata scabrezza specifica (elevatissima resistenza all'usura superficiale per conglomerati di tipo chiuso);
- a costipamento ultimato, sulla base di campioni di materiale tagliati ed estratti dal manto, dovrà risultare un volume dei vuoti residui non superiori al 4% e all'8% del totale, rispettivamente per conglomerati di tipo chiuso e conglomerati di tipo semiaperto.
- marcata impermeabilità da verificare mediante carote di campioni di materiale, sottoposti alla prova con colonna d'acqua costante di cm 50 di altezza, che dovranno presentare un coefficiente di permeabilità $< 10^{-6}$ cm/sec dopo 24 ore.

Gli impasti dovranno essere confezionati a caldo in impianti di potenzialità proporzionata all'entità complessiva del lavoro da compiere e capaci di assicurare:

- il perfetto essiccamento degli aggregati;
- la loro depurazione dalla polvere ed il riscaldamento a temperature comprese tra i 150° C ed i 170° C;
- la classificazione dei singoli aggregati mediante vagliatura ed il controllo della granulometria;
- la perfetta dosatura degli aggregati mediante idonea apparecchiatura che consenta di usare almeno tre categorie fra pietrischetti e sabbie già vagliate prima dell'invio al mescolatore;
- il riscaldamento del bitume a temperatura e viscosità uniforme fino al momento dell'impasto; il perfetto dosaggio del bitume e dell'additivo.

L'Appaltatore dovrà consentire alla Direzione Lavori di effettuare tutti i controlli presso l'impianto di produzione.

Il trasporto e la posa in opera del materiale dovranno essere eseguiti in modo da evitare di modificare o sporcare gli impasti ed ogni separazione dei componenti.

Gli impasti dovranno essere portati sul cantiere e stesi ad una temperatura non inferiore a 120° C e la posa in opera dovrà essere preceduta da una accurata pulizia della superficie da rivestire, mediante energico lavaggio e ventilazione, e dalla spalmatura di un velo continuo di emulsione bituminosa al 55% del tipo e della qualità accettata dalla Direzione Lavori, in ragione di 0,7 kg/m² per la mano di attacco del conglomerato di tipo semiaperto e di 0,4 kg/m² per la mano di attacco del conglomerato di tipo chiuso.

Farà immediatamente seguito la stesura del conglomerato che verrà effettuata mediante idonee macchine vibrofinitrici, del tipo approvato dalla Direzione Lavori ed in perfetto stato d'uso, capaci di assicurare il mantenimento della uniformità agli impasti e la stesa di strati di livellette e profili perfettamente regolari e dello spessore stabilito nel progetto esecutivo, compensando eventuali irregolarità della fondazione.

La cilindratura del conglomerato, con compressori meccanici a rapida inversione di marcia del peso di 5-10 ton, comincerà iniziando il primo passaggio con le ruote motrici anteriori, procedendo dai bordi della strada verso il centro con passaggi paralleli in modo che ogni passaggio si sovrapponga parzialmente all'altro per una striscia di 25-30 cm di lunghezza; dopo

il primo consolidamento la cilindratura dovrà essere eseguita anche in senso diagonale e dovrà proseguire fino ad ottenere il grado di addensamento prescritto per il conglomerato.

In corrispondenza delle giunzioni, dei cordonati laterali, delle bocchette dei servizi sotterranei e dei margini comunque limitanti la pavimentazione ed i suoi singoli tratti, prima della posa del manto si dovrà procedere alla spalmatura di uno strato di bitume a caldo in modo da assicurare la perfetta impermeabilità ed adesione delle superfici a contatto.

Le giunzioni dovranno essere battute e rifinite a mano con gli appositi pestelli da giunta a base rettangolare, opportunamente scaldati.

Successivamente, previa eliminazione degli eventuali piccoli cedimenti mediante l'aggiunta di binder, si procederà alla posa dello strato di usura che a costipamento ultimato dovrà avere lo spessore stabilito nel progetto esecutivo e controllato dalla Direzione Lavori.

Il manto di usura dovrà essere eseguito senza soluzione di continuità lungo una serie di tratti contigui e su metà strada alla volta.

A lavoro ultimato i manti dovranno presentare superficie regolarissima in ogni punto e perfettamente corrispondente alle sagome ed alle livellette indicate nel progetto esecutivo. Ad un accurato controllo effettuato con un'asta rettilinea della lunghezza di 4 m, in nessun punto dovranno risultare ondulazioni od irregolarità superiori a 5 mm.

10.5 Opere e manufatti in ferro

Il ferro e gli acciai da impiegarsi nella esecuzione delle opere e dei manufatti previsti nel progetto esecutivo dovranno avere caratteristiche perfettamente rispondenti alle specifiche e i materiali approvvigionati dovranno essere verificati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della lavorazione, affinché possa disporre il prelievo dei campioni da sottoporre ai controlli che riterrà necessari od opportuni. Per tutte le strutture dovrà essere osservato il D.M. del 14.02.1992.

I materiali dovranno essere lavorati con regolarità di forme e di dimensioni e nei limiti delle tolleranze consentite.

Il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, dovranno essere eseguiti con dispositivi agenti per pressione; riscaldamenti locali, se ammessi, non dovranno creare eccessive concentrazioni di tensioni residue.

I tagli potranno essere eseguiti con la cesoia od anche ad ossigeno, purché regolari; i tagli irregolari, in special modo quelli in vista dovranno essere rifiniti con la smerigliatrice.

Le superfici di laminati diversi, di taglio o naturali, destinate a trasmettere per mutuo contrasto forze di compressione, dovranno essere piallate, fresate, molate o limate per renderle perfettamente combacianti.

I fori per chiodi e bulloni dovranno sempre essere eseguiti con trapano e sarà tollerato l'impiego dei punzoni per fori di preparazione, in diametro minore di quello definitive, da allargare poi e rifinire mediante trapano e alesatore; per tali operazioni sarà vietato comunque l'uso della fiamma. I pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera, dovranno essere marcati in modo da poter riprodurre, nel montaggio definitivo, le posizioni d'officina all'atto dell'alesatura dei fori.

Le unioni dei vari elementi componenti le strutture o i manufatti dovranno essere realizzate conformemente alle prescrizioni contenute nel progetto esecutivo.

1) Unioni chiodate

Le unioni chiodate saranno eseguite fissando nella giusta posizione relativa, mediante bulloni di montaggio ed eventuale ausilio di morse, gli elementi da chiodate, previamente ripuliti; i chiodi dovranno essere riscaldati con fiamma riduttrice od elettricamente e liberati da ogni impurità (come scorie, tracce di carbone) prima di essere introdotti nei fori. A fine ribaditura dovranno ancora essere di colore rosso scuro. Le teste ottenute con la ribaditura dovranno risultare ben centrate sul fusto, ben nutrite alla loro base, prive di screpolature e ben combacianti con la superficie dei pezzi; dovranno poi essere liberate dalle bavature mediante scalpello curve, senza intaccare i pezzi chiodati.

2) Unioni con bulloni normali e ad attrito

Le unioni con bulloni dovranno sempre essere precedute dalla perfetta pulizia delle superfici di combaciamento, mediante sgrassaggio, fiammatura o sabbiatura a metallo bianco, secondo i casi. Nelle unioni si dovrà sempre fare uso di rosette; nelle unioni con bulloni normali, in presenza di vibrazioni o di inversioni di sforzo, si dovranno impiegare controdadi oppure rosette elastiche. Nelle unioni ad attrito le rosette dovranno avere uno smusso a 45° in un orlo interno ed identico smusso sul corrispondente orlo esterno, smussi che dovranno essere rivolti, nel montaggio, verso la testa della vite o versa il

dado. Per il serraggio dei bulloni si dovranno usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata.

3) Unioni saldate

Le unioni saldate potranno essere eseguite mediante procedimenti di saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti o con procedimenti automatici ad arco sommerso o sotto gas protettivo o con altri procedimenti preventivamente approvati dalla Direzione Lavori. In ogni caso si dovranno ottemperare le disposizioni contenute nel D.M. 14.02.1992 al punto specifico 2.3, 2.4, 3.5 e successivi. I procedimenti dovranno essere tali da permettere di ottenere dei giunti di buon aspetto esteriore, praticamente esenti da difetti fisici nella zona fusa ed aventi almeno resistenza a trazione, su provette ricavate trasversalmente al giunto, non minore di quella del metallo base. La preparazione dei lembi da saldate sarà effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico, e dovrà risultare regolare e ben liscia; i lembi, al momento della saldatura, dovranno essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità. Tanto in officina quanta in cantiere, le saldature da effettuate con elettrodi rivestiti dovranno essere eseguite da saldatori abilitati. Qualunque sia il sistema di saldatura impiegato, a lavorazione ultimata la superficie delle saldature dovrà risultare sufficientemente liscia e regolare e ben raccordata con materiale di base.

Per strutture o manufatti particolarmente complessi o se disposto dalla Direzione Lavori, dovrà essere eseguito il montaggio provvisorio in officina; tale montaggio potrà anche essere eseguito in più riprese, purché in tali montaggi siano controllati tutti i collegamenti e siano eseguite le necessarie operazioni di marcatura.

Nel collocamento in opera dei manufatti le zanche, le staffe e qualunque altra parte destinata ad essere incamerata nelle strutture murarie, dovranno essere murate a cemento se cadenti entro murature o simili, mentre saranno fissate con piombo fuso o con malte epossidiche se cadenti entro pietre, marmi o simili.

I manufatti per i quali siano previsti movimenti di scorrimento o di rotazione dovranno poter compiere tali movimenti, a collocazione avvenuta, senza impedimenti od imperfezioni di sorta.

Le operazioni di trasporto, sollevamento e pre-montaggio dovranno essere eseguite facendo attenzione a non sottoporre le strutture a condizioni di lavoro più gravose di quelle risultanti a

montaggio ultimato e tali perciò da poter determinare deformazioni permanenti, demarcature, autotensioni, ecc.

Salvo disposizioni contrarie, prima dell'inoltro in cantiere tutti i manufatti in ferro, le strutture o parti di esse dovranno essere protette con una mano di vernice antiruggine, previa un'accurata preparazione delle superfici.

Di norma nelle strutture chiodate o bullonate, dovranno essere verniciate con una ripresa di pittura antiruggine non soltanto le superfici esterne, ma tutte le superfici a contatto (ivi comprese le facce dei giunti da effettuare in opera) e le superfici interne dei cassoni; saranno esclusi solo i giunti ad attrito, che dovranno essere accuratamente protetti non appena completato il serraggio definitivo, verniciando a saturazione i bordi dei pezzi a contatto, le rosette, le teste ed i dadi dei bulloni, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

A pie d'opera, e prima ancora di iniziare il montaggio, si dovranno ripristinare tutte le verniciature eventualmente danneggiate dalle operazioni di trasporto; infine, qualora la posizione di alcuni pezzi desse luogo, a montaggio ultimato, al determinarsi di fessure o spazi di difficile accesso per le operazioni di verniciatura successive, tali fessure o spazi dovranno essere, prima dell'applicazione delle mani di finitura, accuratamente chiusi con materiali sigillanti.

A montaggio ultimato si provvederà al completamento delle operazioni di verniciatura con applicazione del numero di mani e delle vernici prescritte nel progetto esecutivo.

10.6 Manufatti in lamiera zincata

La fornitura e posa in opera di manufatti portanti in lamiera zincata, generalmente ondulata, previsto nel progetto esecutivo o dalla Direzione Lavori, dovranno essere costituiti da elementi prefabbricati e componibili in opera mediante ganci o bullonatura, secondo determinate forme standard, tipo Armco Finsider o Fracasso o equivalenti.

Inoltre, manufatti portanti in lamiera zincata in forma tubolare potranno essere utilizzati per condotte portanti (singole o affiancate) in attraversamenti stradali di corsi d'acqua, in tombini stradali, e per condotte drenanti (del tipo microfessurato od a giunti aperti, in vari diametri), oppure anche per cassonatura di scavi a pozzo (disposti con asse verticale) e per eventuali altri usi richiesti dalla Direzione Lavori.

10.7 Manti impermeabilizzanti

I manti impermeabilizzanti da impiegarsi nella realizzazione delle opere di impermeabilizzazione potranno essere in HDPE o in PVC di marche primarie e dotati delle necessarie certificazioni e le saldature verranno eseguite da specialisti patentati.

La posa in opera del manto in HDPE dovrà essere eseguita (all'asciutto e a temperature maggiore di +5 °C) sormontando i fogli di circa 20 cm ed estrudendo un cordone di HDPE fuso, previa molatura delle superfici da unire e preriscaldamento dei lembi con aria surriscaldata (saldatura interposta).

Nel caso di brevi tratti di saldatura, riparazioni, raccordi, situazioni sfavorevoli, pareti a forte pendenza le saldature saranno eseguite riportando il cordone di saldatura sovrapposto al giunto (saldatura sovrapposta).

La posa in opera del manto in PVC dovrà essere eseguita (all'asciutto e a temperature maggiore di +5 °C) sormontando i fogli di circa 5 cm e procedendo con la saldatura a freddo mediante solvente tetraidrofurano, oppure ad aria calda mediante cannello LEISTER.

Tutte le saldature dovranno essere collaudate, in presenza della Direzione Lavori, mediante lo scorrimento sulle giunzioni di una punta metallica.

10.8 Tessuto non tessuto e materassi drenanti

I manti in tessuto non tessuto saranno utilizzati per costituire elemento di ripartizione dei carichi e/o di protezione della geo-membrana.

Essi saranno posti generalmente in opera al di sotto dei punti critici della geo-membrana (piegature, risvolti, zone di contatto con i manufatti ecc.), con le modalità e nelle quantità indicate nel progetto esecutivo.

I manti saranno giuntati mediante cucitura meccanica continua, oppure con semplice sormonto dei lembi contigui per almeno 20 cm lungo tutto lo sviluppo del manto posato.

I materassi drenanti saranno posti in opera secondo le esigenze di progetto e saranno giuntati mediante cucitura continua meccanizzata o semplice sormonto per una porzione non inferiore a 25 cm.

Nel caso debbano essere posizionati su alte pendenze, i manti dovranno essere saldamente ancorati sulla testa della scarpata e fissati alla scarpata od alla eventuale rete sottostante di protezione, ad intervalli regolari stabiliti dalla Direzione Lavori.

10.9 Tubazioni inserite nei manufatti

Le tubazioni per il passaggio cavi e altri impianti, dovranno essere realizzate con tubi corrugati in PVC (tipo 300 - UNI EN 1329-1) con dimensione interna maggiore o uguale a quanto indicato sui disegni e dovranno essere dotati di apposita certificazione sia sul tipo di materiale che sui metodi di impiego.

I tubi dovranno essere forniti ed inseriti nelle murature e nelle opere di calcestruzzo semplice ed armato (cordoli, briglie, muri, etc.) in qualunque forma e dimensione, con le pendenze e le altre prescrizioni di progetto o come indicato dalla Direzione Lavori in cantiere, assicurando che i raggi di curvatura rispettino le prescrizioni del costruttore e le modalità di posa dei cavi da contenere.

Le giunzioni dovranno essere utilizzati esclusivamente i giunti previsti dalla ditta produttrice.

10.10 Pozzetti

La realizzazione di pozzetti in calcestruzzo per canalizzazioni elettriche e idrauliche, per ispezione di dispersori di terra, etc., dovrà essere eseguita secondo i disegni del progetto esecutivo e le disposizioni della Direzione Lavori in cantiere; in generale la profondità dei pozzetti sarà legata a quella delle relative canalizzazioni e, qualora ubicati in terreni agricoli, dovranno sporgere di circa 40 cm per impedire il transito su di essi di macchine agricole.

Potranno essere necessari anche solo i completamenti 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; in quest'ultimo caso dovranno essere apposte chiusure provvisorie atte ad evitare danni ed infortuni.

10.10.1 Pozzetti realizzati in opera

I pozzetti realizzati in opera, salvo diverse indicazioni contenute nel progetto esecutivo, dovranno essere costruiti in calcestruzzo con classe di resistenza minima Rck 25 N/mm², con pareti di spessore 15 o 20 cm, con fondo in calcestruzzo di tipo e spessore pari alle pareti o con fondo drenante costituito da cm 25÷30 di ciottoli di fiume o di cava, con armatura in

FeB38K nel cordolo porta telaio. Le dimensioni nette interne saranno di norma di cm 50x50, 70x70, 80x80, 100x100 con profondità variabile, secondo disegni di progetto.

10.10.2 Pozzetti prefabbricati

I pozzetti prefabbricati dovranno essere forniti in cemento armato vibrato di dimensioni nette interne generalmente da cm 40x40 a cm 100x100, salvo diversa indicazione, sia del tipo ad elemento unico con profondità standard e sia del tipo ad anelli. I pozzetti dovranno essere provvisti di chiusino carrabile e dovranno essere posati su sottofondo in calcestruzzo con classe di resistenza minima $R_{ck} 20 \text{ N/mm}^2$ dello spessore minimo di 10 cm, con fori drenanti. I pozzetti con dimensioni interne maggiori di 50 x 50 cm dovranno avere spessore delle pareti non inferiore a 10 cm.

10.10.3 Chiusini e griglie per pozzetti

I chiusini e le griglie in ghisa dovranno essere forniti del tipo unificato, conforme alle normative vigenti, e posti in opera secondo le indicazioni fornite dal progetto esecutivo o dalla Direzione Lavori. I chiusini dovranno avere coperchio antisdrucchiolevole con nervature portanti, piani di chiusura rettificati, telaio bullonato smontabile, ed essere adatti al carico di transito di 6 ton. per asse. I chiusini dovranno avere forma tale da poter essere posti direttamente sulle pareti dei pozzetti con dimensioni interne di cm 50x50 e di cm 70x70; per pozzetti con dimensioni interne superiori la posa dei chiusini richiederà l'esecuzione di apposito cordolo in calcestruzzo armato solidale con le pareti.

Potranno essere richiesti anche chiusini prefabbricati in cemento armato vibrato (spessore minimo 10 cm) per pozzetti ubicati fuori delle aree di transito pesante (autocarri).

La posa in opera dei telai metallici sarà eseguita curandone la connessione al cordolo in cemento armato dei pozzetti e mantenendo la quota superiore allo stesso livello del piano finito della strada o del piazzale, secondo i particolari dei disegni del progetto esecutivo.

11. CAVIDOTTI

L'impianto eolico in progetto, composto da n. 7 aerogeneratori da 7,0 MW di potenza unitaria per una potenza complessiva di 49 MW, è suddiviso in due sottocampi da collegare con altrettanti cavi alla futura stazione elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV delle Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) denominata "Caltanissetta", mediante un elettrodotto

interrato alla tensione di 36 kV che si snoda su un percorso poco superiore a 20 km di lunghezza.

I due sottocampi dell'impianto eolico, rispettivamente composti da tre e quattro aerogeneratori, sono collegati a due cabine di sezionamento (CB01 e CB02) mediante linee elettriche interrate a 36 kV aventi sezioni dei conduttori calcolate in funzione della caduta di tensione e delle perdite a piena potenza.

All'interno dell'area dell'impianto eolico e nel percorso alla Cabina Utente e alla stazione elettrica della RTN i cavi saranno posati direttamente interrati secondo le prescrizioni della norma CEI 11-17 (posa di tipo L).

Nel caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze saranno adottate soluzioni diverse, illustrate nella "Relazione interferenze cavidotti" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/C/RT/028-a ÷ IT/EOL/E-CASI/PDF/C/RT/034-a), che sono di seguito sintetizzate.

1) Trivellazione Orizzontale Controllata

L'attraversamento degli impluvi, ma anche della maggior parte dei sottoservizi, sarà effettuato con la tecnologia T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata) che consente di oltrepassare il manufatto ad una profondità, tipicamente $1,5 \div 2$ m tutto sotto, con una limitata movimentazione di terra. La perforazione, guidata da una sonda tele-controllata, consente di infilare nel terreno una tubazione di materiale plastico, o di acciaio, di diametro idoneo ad ospitare il cavo elettrico. Indicativamente, per ogni terna di cavi di potenza viene utilizzata una tubazione con diametro di 200 mm e un'altra di minori dimensioni per la fibra ottica. In fase di progettazione esecutiva, potrà essere valutata l'opportunità di utilizzare una sola tubazione di idoneo diametro per il passaggio di due terne di cavi, invece della doppia tubazione. La lunghezza del tubo interrato con la tecnologia T.O.C. dipende dalla profondità del manufatto da sottopassare, dalla natura del terreno e della possibilità di variare gli angoli di attacco e di uscita (tipicamente $8 \div 18$ gradi). La lunghezza della perforazione mediamente può essere considerata dell'ordine di $30 \div 40$ m per un manufatto di canalizzazione dell'impluvio di normale dimensione. A monte e a valle della trivellazione sarà necessario realizzare in via provvisoria uno scavo di circa 2×3 m, profondo 1,5 m allo scopo di favorire l'ingresso e l'uscita della sonda, della trivella e della tubazione. Prima di effettuare la trivellazione ,

se non già accertato in fase di progetto esecutivo, dovranno essere svolte indagini strumentali per la ricerca di eventuali altri manufatti oltre a quello da attraversare.

2) Attraversamento con manufatto di protezione

L'attraversamento di opere di ridotte dimensioni e profondità, quali ad esempio piccoli canali in calcestruzzo, il cavidotto potrà agevolmente essere realizzato mediante un sottopassaggio ad una maggiore profondità di posa con protezione del cavo con una tubazione di acciaio ovvero mediante una soletta in calcestruzzo armato di idonee dimensioni. A questo scopo, qualche metro prima del punto di attraversamento, lo scavo del cavidotto sarà realizzato più largo e profondo per consentire la realizzazione del nuovo manufatto. Nel caso di impluvio canalizzato con tombinatura in cemento, potrà essere eseguita la demolizione della canalizzazione e la sua ricostruzione nel tratto interessato dal passaggio del cavidotto con analoghe caratteristiche ante operam. Questa tipologia di intervento potrebbe essere utilmente impiegata anche al fine di adeguare e ripristinare gli eventuali manufatti in disfacimento.

3) Attraversamento su ponte con "staffaggio"

Nel caso di attraversamento di impluvi, torrenti o strade in presenza di ponti si potrà prevedere di utilizzare, previo interessamento dell'Ente gestore, la tecnica di "staffaggio" del cavidotto sulla struttura portante del manufatto. Le modalità di realizzazione di questi interventi saranno necessariamente definite in via di progettazione esecutiva, tenendo conto delle caratteristiche tecniche dell'opera esistente in relazione al sistema di fissaggio della canalina in acciaio inox di protezione dei cavi in tensione, considerando anche gli aspetti di sicurezza riguardo a urti accidentali e manomissioni.

In ogni caso, gli attraversamenti dovranno essere realizzati secondo le modalità contenute nel progetto esecutivo, in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere oggetto dell'interferenza, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

I cavidotti saranno realizzati mediante trincee a sezione obbligatoria, con larghezza compresa tra circa 0,50 m per una terna e 0,7 m per due terne, sul fondo delle quali saranno stesi i cavi a

una profondità di 1,2 m sotto al piano di calpestio, o come sarà precisato nel progetto esecutivo. La posa dei cavi sarà eseguita come di seguito descritto:

- scavo a sezione obbligata, con riferimento al progetto esecutivo per la larghezza, la profondità e il percorso da materializzare in sito tramite picchetti;
- esecuzione scavi con macchine escavatrici di qualsiasi tipo, purché di ingombro adeguato in relazione all'ubicazione ed alle dimensioni;
- regolarizzazione del fondo scavo, senza fratture, sfaldature, residui organici, o sporgenze che devono essere eliminate, evitando di riempire i vuoti con i materiali scavati;
- deposito del materiale scavato ai lati della trincea per facilitare successivamente il rinterro degli scavi stessi;
- posa della corda di rame (solo all'interno dell'area dell'impianto eolico) sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
- preparazione del letto di posa dei cavi mediante sabbia vagliata che sarà poi aggiunta per la ricopertura dei cavi dopo la loro posa;
- posa delle terne di cavo in configurazione a trifoglio e della fibra ottica, nel numero previsto come da schemi di collegamento, e ricopertura con sabbia vagliata;
- rinterro per uno spessore variabile, a seconda che si tratti di strada sterrata o strada asfaltata, con materiale proveniente dagli scavi compattato, interponendo il nastro segnalatore della presenza di cavi in tensione;
- nel caso di strada sterrata, finitura con materiale inerte costipato;
- nel caso di strada asfaltata, strato di circa 30 cm di materiale cementato, strato di 15 cm di conglomerato bituminoso (binder) e strato di 3 cm di tappetino di usura.

11.1 Cavi

I cavi per le linee elettriche a 36 kV che collegheranno l'impianto eolico alla sezione a 36 kV della stazione elettrica (SE) della RTN sono ancora in fase di sviluppo da parte dei costruttori, per rispondere al nuovo standard di connessione introdotto da Terna.

Ai fini del dimensionamento preliminare delle linee dell'impianto si è considerato un cavo unipolare di costruzione simile a quelli utilizzati in media tensione, idoneo per la posa diretta interrata senza protezione meccanica (posa tipo L Norma CEI 11-17) con conduttori in alluminio, strato di mescola estrusa, isolante in gomma HEPR di qualità G7, schermo metallico

costituito da nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale sotto guaina di PVC qualità Rz. Normalmente, fino alla sezione di 300 mm², i tre cavi unipolari possono essere forniti avvolti ad elica visibile.

I collegamenti dei cavi elettrici sono riportati nello come da "Schema a blocchi impianto elettrico" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/E/SCH/021-a),

Le caratteristiche tecniche, i materiali e i metodi di prova relativi a tutti i cavi saranno definiti in sede di progetto esecutivo.

11.2 Corda di terra

Il sistema di terra dell'impianto eolico sarà costituito da una maglia di terra formata dai sistemi di dispersori dei singoli aerogeneratori e dal conduttore di corda nuda che li collega. La maglia complessiva che si viene così a creare consente di ottenere un valore di resistenza di terra tale da garantire un sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente.

Il sistema di terra di ciascun aerogeneratore sarà realizzato con anelli concentrici della corda di rame nudo da 50 mm² e dispersori verticali posati in profondità, collegati fra loro mediante la corda di rame resa solidale in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

Il conduttore di terra di collegamento tra i vari aerogeneratori sarà realizzato con una corda di rame nudo da 50 mm², posta in intimo contatto con il terreno vegetale alla profondità di scavo necessaria per posa dei cavi di potenza.

11.3 Fibra ottica

La realizzazione del sistema di monitoraggio e controllo dell'impianto eolico comporta il collegamento dei singoli aerogeneratori mediante un cavo a fibra ottica, come da "Schema a blocchi connessione fibra ottica" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/E/SCH/022-a), che sarà posato all'interno degli stessi cavidotti dei collegamenti elettrici.

Il cavo a fibra ottica sarà del tipo "single mode" da 12 fibre 9/125, idoneo alla posa interrata, di caratteristiche prestazionali tali da garantire una attenuazione del segnale minima, così da permettere la migliore qualità nella trasmissione delle informazioni.

I cavi a fibra ottica saranno corredati di tutti gli accessori necessari ad eseguire le giunzioni da parte di personale specializzato e si attesteranno sui cassette ottici installati presso le apparecchiature da collegare, mediante switch e connessione ethernet.

12. CABINE ELETTRICHE

12.1 Cabina di sezionamento

Le cabine di sezionamento installate nell'area dell'impianto saranno del tipo monoblocco prefabbricato in cemento armato vibrato, con struttura monolitica autoportante senza giunti d'unione tra le pareti e tra queste ed il fondo, realizzati in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa. La coibentazione termica conseguente alla presenza dell'argilla espansa riduce gli effetti derivanti dal fenomeno della parete fredda (formazione di condensa). La base d'appoggio del monoblocco (vasca) avrà una altezza di circa 60 cm (di cui 50 cm saranno interrati) e sarà realizzata in calcestruzzo senza l'aggiunta di argilla per aumentare, a parità di rapporto acqua-cemento, la resistenza e durabilità della stessa base. La base di appoggio della vasca sarà adagiata su una fondazione, consistente in una piastra in cemento armato gettato in opera di spessore 20 cm circa. Il pavimento delle cabine e delle vasche di fondazione sarà dotato della forometria, stabilita in sede di progetto esecutivo, necessaria per il passaggio dei cavi provenienti dai cavidotti interrati. La vasca di fondazione, per evitare eventuali cedimenti, potrà essere rinforzata con travi in acciaio IPE 100, zincate a caldo, in corrispondenza dei punti più sollecitati dovuti a carichi concentrati.

Il monoblocco sarà protetto esternamente dagli agenti atmosferici con materiali speciali della colorazione più idonea a favorire l'inserimento nell'ambiente.

Le cabine di sezionamento saranno dotate di porte di ingresso e di aperture di ventilazione, meglio definite nel progetto esecutivo, e avranno dimensioni esterne in pianta di 2,50 m di larghezza e 5,60 m di lunghezza, come illustrato nell'elaborato grafico "Cabine elettriche di sezionamento - Planimetrie e prospetti" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/C/PLN/025-a).

Nelle cabine di sezionamento verranno installate le apparecchiature elettromeccaniche necessarie ad effettuare il collegamento e il sezionamento delle linee elettriche provenienti dagli aerogeneratori e in uscita verso la Cabina Utente, come indicato nello "Schema elettrico unifilare impianto eolico" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/E/SCH/020-a).

Gli scomparti di giunzione delle linee elettriche avranno le seguenti principali caratteristiche tecniche che saranno meglio definite nel progetto esecutivo:

- isolamento in SF₆;
- sistema rilevazione presenza tensione;
- relè rilevatore di guasto con segnalazione luminosa;

- tensione nominale 36 kV;
- corrente nominale 630 ÷ 1.250 A;
- corrente di breve durata 12,5 kA /1s (preliminare).

Il quadro elettrico delle cabine di sezionamento sarà composto dalle seguenti celle:

- n. 2 celle arrivo linee elettriche aerogeneratori, equipaggiate con interruttori automatici e sezionatori sotto carico;
- n. 1 cella misure, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;
- n. 1 cella partenza linea, verso la Cabina Utente, equipaggiata con sezionatore sotto carico.

Le cabine sono dotate di scomparti per le misure della potenza prodotta, i cui contatori con i relativi dispositivi di trasmissione dati in fibra ottica potrebbero essere installati in locali separati, per consentire l'accessibilità a personale non addestrato o appartenente a diverse società.

12.2 Cabina Utente

Da ciascuna delle due cabine di sezionamento parte una linea elettrica alla tensione di 36 kV, posata direttamente interrata in un cavidotto che si sviluppa lungo un percorso stradale di circa 20 km, fino a raggiungere la Cabina Utente (CU) dell'impianto eolico, che costituisce l'interfaccia con la Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) ed è posizionata vicino alla Stazione Elettrica (SE) di Terna 380/150/36 kV denominata "Caltanissetta".

La Cabina Utente è posizionata vicino alla Stazione Elettrica RTN, ma all'esterno delle aree di rispetto ed è limitrofa alla strada statale SS121 lungo la quale è previsto l'arrivo del cavidotto d'impianto.

La Cabina Utente è composta da alcuni monoblocchi prefabbricati in cemento armato vibrato affiancati, del tipo con struttura monolitica autoportante senza giunti d'unione tra le pareti e tra queste ed il fondo, realizzati in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa. La coibentazione termica conseguente alla presenza dell'argilla espansa riduce gli effetti derivanti dal fenomeno della parete fredda (formazione di condensa). Ogni monoblocco sarà dotato di porte di ingresso e di aperture di ventilazione, come definite nel progetto esecutivo, e avrà una base d'appoggio (vasca), con altezza di circa 60 cm (di cui 50 cm saranno interrati), realizzata in calcestruzzo senza l'aggiunta di argilla per aumentare, a parità di rapporto acqua-

cemento, la resistenza e durabilità della stessa base. La base di appoggio della vasca sarà adagiata su una fondazione, consistente in una piastra in cemento armato gettato in opera di spessore 20 cm circa. Il pavimento dei monoblocchi e delle relative vasche di fondazione sarà dotato della forometria, stabilita in sede di progetto esecutivo, necessaria per il passaggio dei cavi provenienti dai cavidotti interrati. Le vasche di fondazione, per evitare eventuali cedimenti, potranno essere rinforzate con travi in acciaio IPE 100, zincate a caldo, in corrispondenza dei punti più sollecitati dovuti a carichi concentrati. Le pareti esterne dei monoblocchi saranno protette dagli agenti atmosferici con materiali speciali della colorazione più idonea a favorire l'inserimento nell'ambiente.

In aggiunta ai monoblocchi prefabbricati, si prevede l'installazione di due container tipo navale, uno piccolo (lunghezza 20 piedi) e uno grande (lunghezza 40 piedi), adattati tipo magazzino con le necessarie aperture per il passaggio di apparecchiature e materiali, oltre alle porte per il normale accesso del personale, e saranno opportunamente coibentati e attrezzati con gli impianti di illuminazione e forza motrice.

I locali della Cabina Utente sono adibiti alle seguenti funzioni:

- locale contatori di misura;
- locale quadri elettrici a 36 kV con tutte le protezioni per le linee in arrivo dall'impianto eolico e in partenza verso la Stazione Elettrica di Terna;
- locale trasformatore per i servizi ausiliari in BT con il relativo quadro di distribuzione delle linee elettriche all'interno della cabina utente;
- locale gruppo elettrogeno di emergenza
- locale UPS per l'alimentazione ausiliari a 110 V cc con relativo pacco batterie e quadro elettrico di distribuzione;
- locale tecnico con sistemi di supervisione (SCADA), Unità Periferica di Difesa e Monitoraggio (UPDM), Unità Terminale Remota (RTU) interfacciato con il sistema di controllo TERNA e apparati di telecomunicazione (TLC);
- locale per eventuali sistemi di compensazione induttivi / capacitivi e altre apparecchiature di servizio;
- locale magazzino e supervisione ad uso esclusivo del costruttore degli aerogeneratori (turbinista).

I locali della cabina utente potranno essere dotati, in base alle specifiche del progetto esecutivo, di unità di condizionamento (raffrescamento e riscaldamento) a split interno e unità esterne opportunamente installate a pavimento.

Per maggiori dettagli si rimanda l'elaborato grafico "Cabina elettrica utente - Planimetrie e prospetti" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/C/PLN/026-a) nel quale sono riportate, oltre all'ubicazione, la planimetria e i prospetti con le principali dimensioni della Cabina Utente.

Nella Cabina Utente verranno installate le apparecchiature elettromeccaniche necessarie ad effettuare il collegamento e il sezionamento delle linee elettriche, nonché le apparecchiature di misura, controllo e trasmissione dati, come indicato nello "Schema elettrico unifilare impianto eolico" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/E/SCH/020-a).

12.2.1 Apparecchiature elettriche a 36 kV

Nel locale dei quadri elettrici della Cabina Utente verranno installate le apparecchiature elettromeccaniche con le seguenti principali caratteristiche tecniche che saranno meglio definite nel progetto esecutivo:

- tipo di isolamento SF6
- frequenza nominale 50 Hz
- tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 70 kV (preliminare)
- tensione di tenuta ad impulso 170 kV (preliminare)
- corrente nominale ammissibile di breve durata (1s) ≥ 16 kA (preliminare)
- corrente alle sbarre 1250 A (preliminare)
- classificazione d'arco interno IAC AFLR 16 kA – 1s
- categoria di perdita di continuità di servizio LSC2A
- numero di cicli di operazioni 1000
- tensione ausiliari per comandi e segnalazioni 110 Vcc
- tensione ausiliari per illuminazione e resistenza anticondensa 230 Vca
- tensione ausiliari per motore caricamolle 110 Vcc

Si prevede che il quadro elettrico a 36 kV della cabina utente sarà composto da:

- n. 2 celle arrivo linee elettriche capo eolico, equipaggiate con interruttori automatici e sezionatori sotto carico;
- n. 1 cella partenza linea elettrica verso la sezione a 36 kV della Stazione Elettrica RTN, equipaggiata con interruttore automatico;

- n. 1 cella partenza trasformatore servizi ausiliari, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;
- n. 1 cella misure, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;
- n. 1 cella disponibile per sistemi di compensazione, equipaggiata con interruttore automatico.

I dispositivi di protezione intelligenti (IED) costituiranno anche dei terminali di IN/OUT per i segnali di allarme/stato e i comandi cablati da e per le apparecchiature. Gli IED renderanno disponibile la misura delle grandezze elettriche (corrente, tensione, potenza attiva e reattiva, fattore di potenza e frequenza) per il sistema SCADA di cabina; eventualmente le stesse misure eseguite dagli IED potranno essere utilizzate per la trasmissione verso Terna delle telemisure attraverso la RTU dedicata.

Lo SCADA sarà interfacciato con un dispositivo per l'analisi e la registrazione della qualità della tensione, secondo la norma CEI EN 50160, per registrare tutti i dati dei singoli relè di protezione e ricostruire gli interventi per la ricerca guasti.

12.2.2 Apparecchiature BT

I servizi ausiliari in corrente alternata della cabina utente saranno alimentati da un trasformatore trifase 36 kV / 400 V, in grado di alimentare tutte le utenze, e da un gruppo elettrogeno di emergenza, in grado di alimentare solo le utenze essenziali in caso di mancanza della rete elettrica, quali i sistemi di controllo della cabina utente (SCADA, UPDM, RTU, modem TLC, ecc.)

L'alimentazione dei servizi ausiliari in corrente continua sarà fornita da un sistema di alimentazione composto da raddrizzatore e gruppo batteria (UPS). In caso di mancanza dell'alimentazione primaria da rete, la capacità della batteria assicurerà il corretto funzionamento dei circuiti alimentati in corrente continua per il tempo necessario affinché il personale di manutenzione possa intervenire. Il sistema di alimentazione in c.c. sarà a tensione 110 V con il campo di variazione compreso tra +10% / -15%, le batterie saranno di tipo ermetico e dimensionate, in base ai dati di assorbimento delle apparecchiature da alimentare, per una durata minima di 4 ore.

Un quadro in BT posizionato nello stesso locale del trasformatore provvederà alle alimentazioni dei servizi ausiliari a 230/400 V 50 Hz, nonché agli impianti luce e FM della Cabina Utente e

alla gestione della commutazione sull'alimentazione del gruppo elettrogeno in caso di mancanza rete.

La distribuzione delle alimentazioni ai servizi ausiliari 110 V cc sarà gestita da un quadro in BT posizionato nello stesso locale dell'UPS.

I quadri elettrici in BT saranno dotati di interruttori magnetotermici e magnetotermici/differenziali a protezione delle linee servizi ausiliari e alimentazione dei servizi generale/impianti tecnologici. Inoltre, saranno previsti gruppi di misura fiscali per la quantificazione del consumo dei carichi ausiliari e generali.

12.2.3 Misura fiscale dell'energia elettrica

I contatori di energia saranno posizionati in un apposito locale della cabina utente e saranno conformi alle prescrizioni degli allegati N° 43 e N°45 del Codice di Rete di TERNA.

Qualunque accesso ai circuiti di misura fiscale sarà sigillato in accordo alle normative vigenti e alle richieste dell'Agenzia delle Entrate e i misuratori di energia, i nuclei di misura dei TA e TV dedicati alla misura fiscale dell'energia saranno forniti completi di certificati di taratura/calibrazione emessi da un organismo riconosciuto.

I contatori di energia saranno dotati di due porte di comunicazione, una per la connessione al modem di trasmissione remota e l'altra per il download dei dati locali.

12.2.4 Sistema di controllo e monitoraggio

Il monitoraggio e il controllo dei componenti della cabina utente saranno gestiti attraverso lo SCADA completo di apparati quali PC, tastiera, monitor, mouse, stampante, PLC/RTU/CPU, Switch, convertitori, software e qualsiasi funzione HMI necessaria.

Attraverso lo SCADA potrà essere gestito anche il funzionamento degli aerogeneratori dell'impianto eolico.

12.2.5 RTU Terna

La trasmissione dei segnali e delle misure (telesegnali TS e telemisure TM) previsti dal Codice di rete avverrà attraverso l'unità terminale remota (RTU), da interfacciare con il sistema di controllo Terna, installato nel locale contenente gli apparati del sistema SCADA.

La RTU sarà conforme ai requisiti di Terna, con ridondanza di CPU, alimentatori e schede principali, prestazioni in termini di frequenza di trasmissione dei dati e protocolli di

comunicazione. La RTU sarà completa di porte per il collegamento della stessa RTU alle prese dei routers delle due linee di comunicazione, tipo CDN e Frame Relay.

12.2.6 UPDM Terna

Nel locale tecnico della cabina utente sarà installata l'Unità Periferica di Difesa e Monitoraggio (UPDM) interfacciata con il sistema di controllo remoto di Terna per la disconnessione remota dell'impianto di produzione.

L'UPDM sarà conforme ai requisiti di Terna, con ridondanza di CPU, alimentatore e schede principali, prestazioni in termini di frequenza di trasmissione dei dati e protocolli di comunicazione.

L'UPDM sarà un sistema autonomo, completo di tutti i dispositivi necessari da interfacciare con l'apparecchiatura per il comando dell'interruttore automatico asservita al teledistacco.

Il quadro UPDM sarà inoltre interfacciato con i due switch/router, necessari per la connessione dell'UPDM a due linee CDN, per la connessione con Terna.

12.2.7 Trasformatore ausiliari

Il trasformatore dei servizi ausiliari sarà del tipo inglobato in resina, dimensionato per alimentare tutti gli utenti dei servizi ausiliari e generali della Cabina Utente.

Le caratteristiche principali devono essere:

- potenza nominale 100 kVA
- tipo di raffreddamento AN
- rapporto di trasformazione 36/0,4 kV
- tensione massima 45/1 kV
- impedenza di corto circuito 4 %
- commutatore a vuoto sull'avvolgimento 36 kV $\pm 2 \times 2,5$ %
- gruppo vettoriale Dyn11
- classe ambientale e climatica E1 – C1
- classe di comportamento al fuoco F1

Il trasformatore sarà completo di involucro di protezione.

12.2.8 Gruppo elettrogeno

Il generatore elettrico di emergenza, installato in un locale dedicato della cabina utente, è dimensionato per alimentare tutti i carichi ritenuti privilegiati della cabina utente del quadro

elettrico BT di distribuzione a 230/400 V 50 Hz dei servizi ausiliari e illuminazione, con scambio automatico in caso di interruzione dell'alimentazione principale e gestione delle anomalie di funzionamento del gruppo elettrogeno inviando le segnalazioni al Sistema SCADA.

Il gruppo elettrogeno è dotato di serbatoio interno del carburante con capienza inferiore a 120 litri, escludendo la necessità di sistemi di estinzione fissi, secondo le prescrizioni dei vigili del fuoco.

Le caratteristiche principali del gruppo elettrogeno saranno:

- potenza (Prime Power) PRP 10 kVA (preliminare)
- potenza (Limited Time running Power) LTP 11 kVA (preliminare)
- alimentazione motore primo gasolio
- raffreddamento motore primo acqua
- capacità serbatoio integrato < 120 l
- frequenza 50 Hz
- tensione 400 / 230 V+N