

# REGIONE LAZIO

Provincia di Viterbo (VT)

## COMUNE DI CELLERE



REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.
1	EMISSIONE PER ENTI ESTERNI	24/02/22	BALUCE S. BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.
0	EMISSIONE PER COMMENTI	18/02/22	BALUCE S. BASSO G.	FURNO C.	NASTASI A.

Committente:

**IBERDROLA RENOVABLES ITALIA S.p.A.**



Sede legale in Piazzale dell'Industria, 40, 00144, Roma  
Partita I.V.A. 06977481008 - PEC: iberdrolarenovablesitalia@pec.it

Società di Progettazione:



*Ingegneria & Innovazione*

Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere - 96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409  
Web: [www.antexgroup.it](http://www.antexgroup.it) e-mail: [info@antexgroup.it](mailto:info@antexgroup.it)

Progetto:

**PARCO EOLICO DI "CELLERE"**

Progettista/Resp. Tecnico:

**Dott. Ing. Cesare Furno**  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Catania  
n° 6130 sez. A

Elaborato:

RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA

Progettista elettrico:

**Dott. Ing. Giuseppe Basso**  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Siracusa  
n° 1860 sez. A

Scala:

NA

Nome DIS/FILE:

C20041S05-PD-RT-01-01

Allegato:

1/1

F.to:

A4

Livello:

**DEFINITIVO**

Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.



## INDICE

1. PREMESSA .....	4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	9
4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	10
4.1. Riferimenti cartografici e posizioni Aerogeneratori .....	10
4.2. Inquadramento geologico e geomorfologico .....	11
4.3. Contesto idrogeologico .....	12
4.4. Sismicità .....	13
5. L'IMPIANTO EOLICO .....	14
6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO .....	17
6.1. AEROGENERATORI .....	17
6.1.1. Specifiche tecniche Aerogeneratori .....	19
6.1.2. Sistemi elettrici e di controllo interni .....	22
6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni .....	22
6.1.4. Descrizione dei componenti principali .....	22
6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto .....	26
6.1.6. Analisi di producibilità .....	26
6.1.7. Analisi acustica .....	29
6.2. CAVIDOTTI .....	46
6.2.1. Generalità .....	46
6.2.2. Dati tecnici del cavo utilizzato .....	46
6.2.3. Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa .....	48
6.2.4. Opere civili cavidotti .....	51
6.2.5. Fibra ottica di collegamento .....	53
6.2.6. Sistema di terra .....	54
6.3. STAZIONE DI UTENZA .....	55
6.4. OPERE ELETTRICHE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN .....	56

7.	INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI .....	58
7.1.	FONDAZIONE AEROGENERATORE.....	58
7.2.	PIAZZOLE AEROGENERATORI.....	59
7.3.	STRADE DI ACCESSO E VIABILITÀ DI SERVIZIO .....	60
7.3.1.	Viabilità di accesso al Sito.....	60
7.3.2.	Viabilità di Servizio.....	63
7.4.	RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI.....	65
7.4.1.	Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade.....	65
7.4.2.	Sovrastrutture per piazzole e strade.....	66
7.4.3.	Sistemazione del piano di posa.....	67
7.4.4.	Pavimentazione con materiale arido.....	68
7.5.	VERIFICA GEOTECNICA DELLA FONDAZIONE STRADALE.....	69
7.5.1.	Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole .....	69
7.5.2.	Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole.....	69
8.	OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE.....	70
8.1.	GENERALITÀ.....	70
8.2.	SPECIFICHE TECNICHE DEGLI INTERVENTI .....	72
8.2.1.	Cunetta vivente.....	72
8.2.2.	Canalizzazioni in pietrame e legno.....	73
8.2.3.	Idrosemina e rivestimenti antiersosivi.....	74
9.	OPERE IDRAULICHE .....	77

## 1. PREMESSA

Su incarico di IBERDROLA Renovables Italia S.p.A., la società Antex Group Srl ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico nel comune di Cellere, nella provincia di Viterbo.

Il progetto prevede l'installazione di n. 10 nuovi aerogeneratori con potenza unitaria di 6 MW, per una potenza complessiva di impianto di 60MW.

Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Valentano (VT), tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV.

Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV, da cabina utente adiacente, in nuova Stazione Elettrica di Smistamento di Terna da inserire in entra-esce sulla linea RTN esistente "Latera-San Savino" a 150 kV.

Le attività di progettazione definitiva e di studio di impatto ambientale sono state sviluppate dalla società di ingegneria Antex Group Srl.

Antex Group Srl è una società che fornisce servizi globali di consulenza e management ad Aziende private ed Enti pubblici che intendono realizzare opere ed investimenti su scala nazionale ed internazionale.

È costituita da selezionati e qualificati professionisti uniti dalla comune esperienza professionale nell'ambito delle consulenze ingegneristiche, tecniche, ambientali e gestionali.

Sia Antex che Iberdrola pongono a fondamento delle attività e delle proprie iniziative, i principi della qualità, dell'ambiente e della sicurezza come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

Difatti, in un'ottica di sviluppo sostenibile proprio e per i propri clienti e fornitori, le Aziende citate posseggono un proprio Sistema di Gestione Integrato Qualità-Sicurezza-Ambiente.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

### Energie rinnovabili

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011
- Per la redazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa:
- DECRETO 28 aprile 2005. Criteri relativi ai progetti per la realizzazione di impianti industriali per la produzione di energia mediante lo sfruttamento del vento
- DECRETO n. 91/GAB del 25 giugno 2007. Adozione delle misure idonee e garantire la tutela dell'ambiente e del paesaggio ai fini del rilascio dei provvedimenti di cui al D.P.R. 12 aprile 1996 per gli impianti di sfruttamento dell'energia eolica

### Rumore

- Legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge Quadro sull'inquinamento acustico": stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico;
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore": contiene le definizioni e le quantificazioni relative ai valori di emissione, immissione, differenziali, di attenzione e di qualità che le attività umane sono tenute a rispettare;
- D.M. 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico": riporta le modalità sulla base delle quali il tecnico competente in acustica deve effettuare le misurazioni fonometriche e redigere il conseguente rapporto di valutazione;
- Norma UNI/TS 11143-7 "Metodo per la stima dell'impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti – Parte 7: Rumore degli aerogeneratori".

### Elettrodotti, linee elettriche, sottostazione e cabina di trasformazione

- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- D.P.R. 18 marzo 1965, n. 342 "Norme integrative della legge 6 dicembre 1962, n. 1643 e norme relative al coordinamento e all'esercizio delle attività elettriche esercitate da enti ed imprese diversi dall'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica";
- Legge 28 giugno 1986, n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne";
- Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59";
- Norma CEI 211-4/1996 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6/2001 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo"
- Norma CEI 11-17/2006 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica–Linee in cavo";

- DM 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetiche.
- CEI 0-16 Ed. III, dicembre 2012: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 11-1 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Norma Generale. Fasc. 1003
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo. Fasc. 8408 ed 2006
- CEI 11-48 Esercizio degli impianti elettrici
- CEI 14-4 Trasformatori di potenza Fasc. 609
- CEI 14-4V1 Variante n. 1 Fasc. 696S
- CEI 14-4 V2 Variante n. 2 Fasc. 1057V
- CEI 14-4 V3 Variante n. 3 Fasc. 1144V
- CEI 14-4 V4 Variante n. 4 Fasc. 1294V
- CEI 14-8 Trasformatori di potenza a secco Fasc. 1768
- CEI 14-12 Trasformatori trifase di distribuzione di tipo a secco a 50 Hz, da 100 kVA a 2500 kVA con una tensione massima per il componente non superiore a 36kV. Parte 1: Prescrizioni generali e prescrizioni per trasformatori con una tensione massima per il componente non superiore a 24kV Fasc. 4149C
- CEI 17-1 Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V Fasc. 1375
- CEI 17-1 V1 Variante n. 1 Fasc. 1807V
- CEI 17-4 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V Fasc. 1343
- CEI 17-4 EC Errata corrige Fasc. 1832V
- CEI 17-4 V1 Variante n. 1 Fasc. 2345V
- CEI 17-4 V2 Variante n. 2 Fasc. 2656V
- CEI 17-6 Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 52kV Fasc. 2056
- CEI 17-13/1 Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) – parte I: Apparecchiature di serie soggette a prove di tipo (AS) e apparecchiature non di serie parzialmente soggette a prove di tipo (ANS) Fasc. 2463E
- CEI 17-13/2 Apparecchiatura assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT) – parte II: Prescrizioni particolari per i condotti sbarre Fasc. 2190
- CEI 17-43 Metodo per la determinazione della sovratemperatura mediante estrapolazione per le apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) ANS Fasc. 1873
- CEI 17-52 Metodo per la determinazione della tenuta al corto circuito delle apparecchiature non di serie (ANS) Fasc. 2252
- CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30kV Fasc. 1843
- CEI 20-13 V1 Variante n. 1 Fasc. 2357V

- CEI 20-13 V2 Variante n. 2 Fasc. 2434V
- CEI 20-22II Prova d'incendio su cavi elettrici. Parte 2: Prova di non propagazione dell'incendio Fasc. 2662
- CEI 20-22III Prova d'incendio su cavi elettrici. Parte 3: Prove su fili o cavi disposti a fascio Fasc. 2663
- CEI 20-35 Prove sui cavi elettrici sottoposti a fuoco. Parte 1: Prova di non propagazione della fiamma sul singolo cavo verticale. Fasc. 688
- CEI 20-35V1 Variante n. 1 Fasc. 2051V
- CEI 20-37/1 Cavi elettrici – Prove sui gas emessi durante la combustione Fasc. 739
- CEI 20-37/2 Prove sui gas emessi durante la combustione dei cavi – Determinazione dell'indice di acidità (corrosività) dei gas mediante la misurazione del pH e della conduttività Fasc. 2127
- CEI 20-37/3 Misura della densità del fumo emesso dai cavi elettrici sottoposti e combustione in condizioni definite. Parte 1: Apparecchiature di prova Fasc. 2191
- CEI 20-38 Cavi isolati con gomma non propaganti l'incendio e a basso sviluppo di fumi e gas tossici e corrosivi. Parte 1: Tensioni nominali  $U_0/U$  non superiore a 0.6/1kV Fasc. 2312
- CEI UNEL35024/1 Portata dei cavi in regime permanente Fasc. 3516 Per impianti elettrici utilizzatori:
- CEI 64-8/1 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua Fasc. 4131
- CEI 70-1 Grado di protezione degli involucri (codice IP) Fasc. 3227C Per impianti elettrici ad alta tensione e di distribuzione pubblica di bassa tensione:
- CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1kV in corrente alternata Fasc. 5025
- CEI 11-18 Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica. Dimensionamento degli impianti in relazione alle tensioni Fasc. 3703R
- L'impianto dovrà essere conforme inoltre alle prescrizioni contenute nella Specifica Tecnica Terna "requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN".

### Opere civili

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"; D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- D. M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018 n. 42 - Suppl. Ord. n. 8) Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".
- Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.) "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".



**PARCO EOLICO DI "CELLERE"**  
RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA



24/02/2022

REV: 1

Pag.8

- Circolare Consiglio Superiore Lavori Pubblici del 02/02/2009 contenente istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008;
- Consiglio Nazionale delle Ricerche "Norme tecniche n. 78 del 28 luglio 1980 sulle caratteristiche geometriche delle strade extraurbane.
- IEC 60400-1 "Wind Turbine safety and design";
- Eurocodice 2 "Design of concrete structures".
- Eurocodice 3 "Design of steel structures".
- Eurocodice 4 "Design of composite steel and concrete structures".
- Eurocodice 7 "Geotechnical design".
- Eurocodice 8 "Design of structures for earthquake resistance".

### Sicurezza

- D.LGS 9 Aprile 2008 "Testo unico sulla sicurezza"



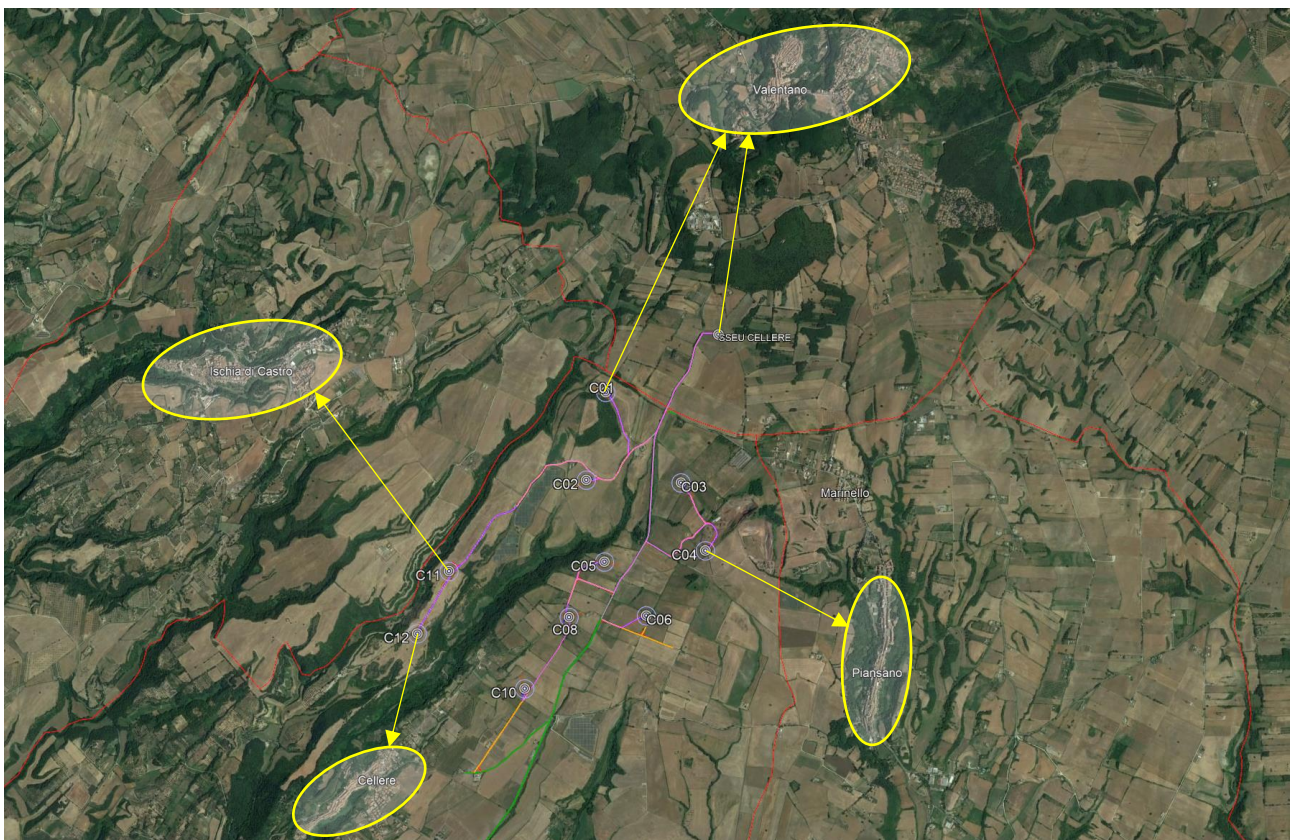
### 3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di 10 aerogeneratori ed opere di connessione, inclusive di piazzole di costruzione e di esercizio, viabilità di accesso, cavidotti e sottostazione di trasformazione, ubicati in agro al Comune di Cellere, facente parte delle Provincia di Viterbo. Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel Comune di Valentano, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

I centri urbani distano circa:

- Cellere 1.2 Km dalla turbina C12;
- Ischia di Castro 2,1 Km dalla turbina C11;
- Piansano 1.5 Km dalla turbina C04;
- Valentano 2.5 Km dalla turbina C01.

Le aree della sottostazione di collegamento si trovano a circa 1.9 km dal centro abitato di Valentano.



#### 4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

##### 4.1. Riferimenti cartografici e posizioni Aerogeneratori

Il progetto si identifica all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 136 NE I Pitigliano, 136 NO I L. di Mezzano, 136 NE I Gradoli, 136 SE IV Ponte S. Pietro, 136 SO I Valentano, 136 SE I Capodimonte, 136 NE III Riminino, 136 NO II Canino e 136 NE II Toscana.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 344064, 344061, 344063 e 344062.

I fogli di mappa catastali interessati dalle macchine e dalla viabilità di nuova realizzazione sono:

- Fogli di mappa n. 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 del Comune di Cellere;

Il foglio di mappa interessato dalla sottostazione elettrica è:

- Foglio di mappa n. 31 del Comune di Valentano.

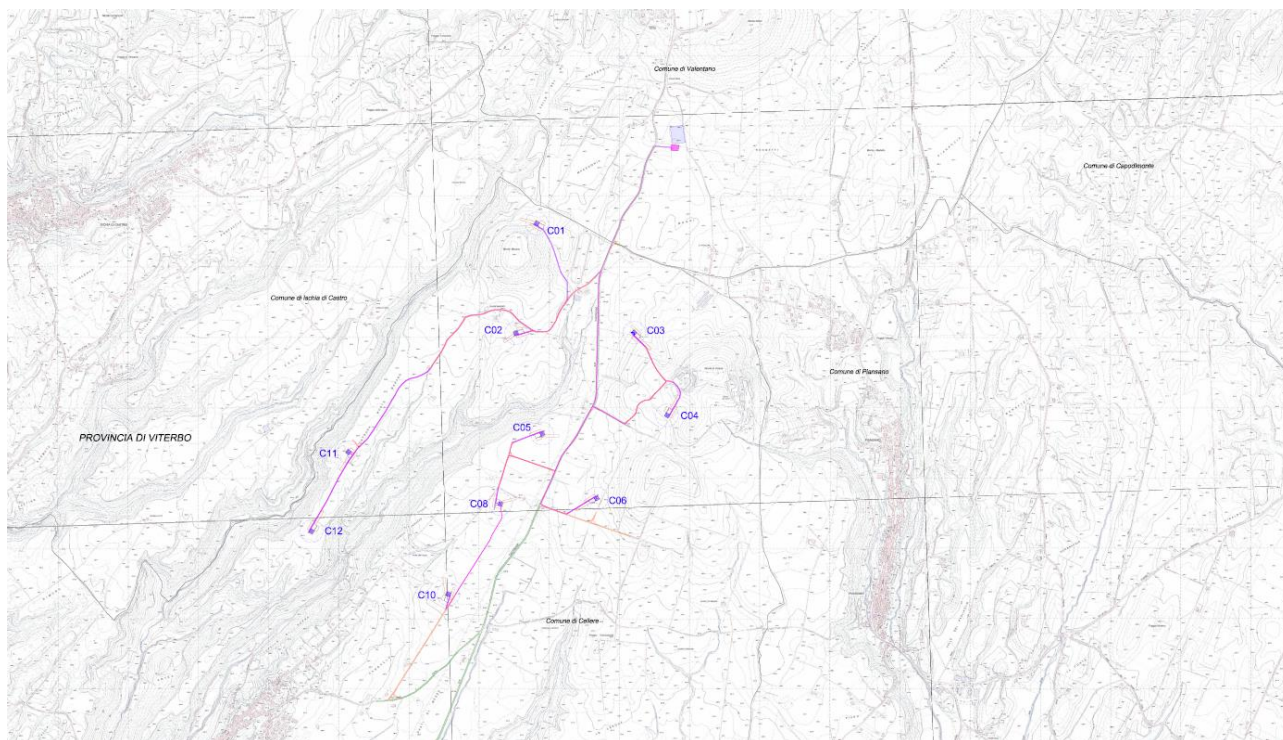
I fogli di mappa interessati dal solo passaggio del cavidotto in MT, peraltro su strade comunali o provinciali, sono:

- Fogli di mappa n. 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 del Comune di Cellere;
- Foglio di mappa n. 31 del Comune di Valentano.

-

Di seguito si riportano le coordinate degli aerogeneratori e della SSE-Utente nel sistema di riferimento UTM WGS84.

ID WTG	Est	Nord	Quota slm (m)	Comune
<b>C01</b>	729882.00 m E	4713796.00 m N	497	Cellere
<b>C02</b>	729734.00 m E	4713017.00 m N	457	Cellere
<b>C03</b>	730575.00 m E	4713021.00 m N	472	Cellere
<b>C04</b>	730809.00 m E	4712433.00 m N	511	Cellere
<b>C05</b>	729920.00 m E	4712302.00 m N	462	Cellere
<b>C06</b>	730307.00 m E	4711842.00 m N	468	Cellere
<b>C08</b>	729623.00 m E	4711803.00 m N	451	Cellere
<b>C10</b>	729250.00 m E	4711161.00 m N	431	Cellere
<b>C11</b>	728541.00 m E	4712171.00 m N	426	Cellere
<b>C12</b>	728277.00 m E	4711609.00 m N	407	Cellere
<b>SSE-UTENTE</b>	730864.00 m E	4714339.00 m N	482	Valentano



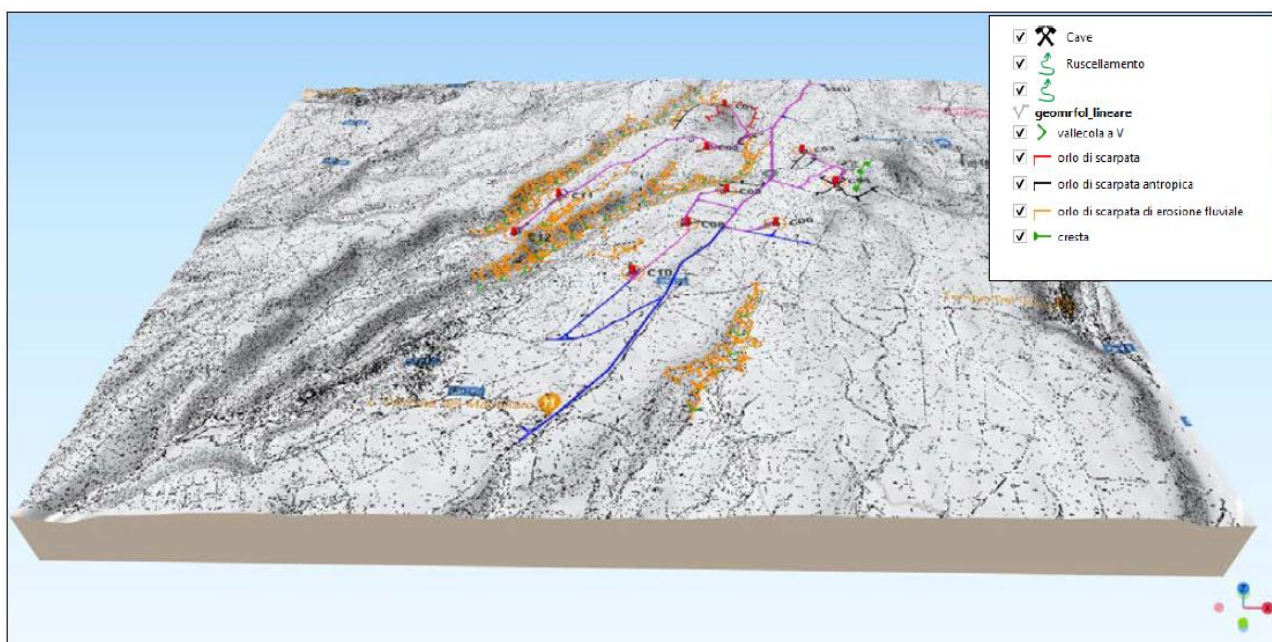
**Figura 1 – Inquadramento su CTR dell’impianto**

#### **4.2. Inquadramento geologico e geomorfologico**

Al fine di verificare la fattibilità del progetto in esame è stato eseguito uno studio geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree in esame, spinte fino ad un intorno utile a definire le caratteristiche sopra menzionate.

L'area sulla quale verranno installate le turbine e la sottostazione ricadono nel Foglio 344 IV Valentano, ricadente nella porzione meridionale del Distretto Vulcanico Vulsino, il più settentrionale ed esteso fra i distretti vulcanici del Lazio, caratterizzata da un paesaggio morfologico ricco di molti elementi: le colline dolci sedimentarie ed i ripiani tufacei, rilievi aguzzi ed aspri delle lave, i laghi craterici o vulcano-tettonici di forma circolare o composta da più circonferenze che si intersecano sovrapponendosi; le forre e i corsi d'acqua a carattere torrentizio. In particolare essa si configura come un vasto tavolato, costituito in gran parte da piroclastiti e subordinatamente da lave, su cui insistono le ampie depressioni morfologiche di Latera e di Bolsena, quest'ultima occupata in parte dall'omonimo lago (305 m s.l.m.) e affiancata a SE dalla conca di Montefiascone.

È stata redatta una carta geomorfologica che mette in evidenza le caratteristiche del territorio, evidenziando orli di scarpata da erosione fluviale, i punti di deflusso, orli di scarpata e orli di scarpata antropica, creste, cave e vallecole a V.



*Figura 2 – Modello 3d dell'area con le evidenze geomorfologiche*

Nello specifico ci troviamo in un'area collinare incisa da diversi fossi (alcuni dei quali di natura stagionale) a SO con una percentuale media del pendio intorno al 3%.

Geologicamente l'area è caratterizzata da prodotti vulcanici del complesso del Vulsino, quali: cineriti, tufiti e lave.

Il terreno vegetale rappresenta l'orizzonte superficiale dall'originario piano campagna, non sempre presente e con spessori estremamente diversificati (da pochi cm a poco più di 1 metro) derivante dall'alterazione in posto degli orizzonti superficiali delle formazioni affioranti.

Le **WTG C10, C08, C05, C06, C01, C04, C02** ricadono nell'UNITA' DI MONTE DI CELLERE (MCKa e MCKb in carta, Pleistocene Medio) caratterizzata da depositi di lapilli, bombe e blocchi scoriacei rosso-arancio, in bancate massive o a gradazione multipla, da caduta stromboliana, relativi ai centri eruttivi di Monte di Cellere e Monte Marano. Sono associate lave in colata grigio scure, compatte, afiriche; ove alterate assumono colore grigio chiaro, esfoliazione cipollare ed aspetto pulverulento; la composizione è trachibasaltico-shoshonitica.

Le **WTG C03, C11, C12** ricadono nella FORMAZIONE DI GROTTI DI CASTRO (GRC) è costituita da un livello di lapilli fini scoriacei grigio scuri, ricco di cristalli di clinopirosseno, di spessore centimetrico, da caduta, cui segue un orizzonte di lapilli pomicei biancastri e litici lavici, a gradazione inversa-diretta, di spessore decimetrico, da caduta di tipo pliniano.

### 4.3. Contesto idrogeologico

Le turbine ed il relativo layout comprensivi di viabilità e cavidotto si trovano su un altopiano con quote che vanno dai 407 m.s.l.m ai 515 m.s.l.m.

Per quanto riguarda l'aspetto **idrogeologico** l'area è caratterizzata da numerosi compluvi a carattere stagionale che confluiscono nei principali collettori dell'area, costituiti da quattro incisioni principali quali Fosso Marano, Fosso Cassata,

Fosso del Canestraccio e Fosso Arroncino. Si tratta di incisioni abbastanza profonde nei dintorni di Cellere che trasportano acque a carattere torrentizio che si riversano a valle nel fiume Fiora.

La permeabilità dei litotipi è variabile a seconda del terreno attraversato, e nello specifico:

- le lave sono caratterizzate da una permeabilità da media a medio-alta sulla base della presenza o meno di una vasta rete di fratture e, laddove si presentano sature d'acqua, esse sono interessate da falde molto produttive;
- la permeabilità dei tufi è variabile, compresa tra bassa e media, in funzione del dominio geologico attraversato dal corso d'acqua;
- la permeabilità delle sabbie risulta media.

La falda rilevata nell'escavazione di pozzi nelle vicinanze si attesta intorno ai 130 m nelle vicinanze delle **WTG C03 e C04**. Visto l'opera in oggetto, non c'è alcun rischio di inquinamento della falda, per cui non sussistono vincoli di sorta alla realizzazione del parco. Inoltre considerando la posizione delle turbine e il tessuto idrografico dei luoghi, gli aerogeneratori non interferiscono con il reticolo fluviale mentre per il cavidotto si utilizzerà la tecnologia TOC, spinta ad una profondità tra 1,50 – 2 metri per non intaccare le opere idrauliche esistenti, preservando la morfologia esistente.

#### 4.4. Sismicità

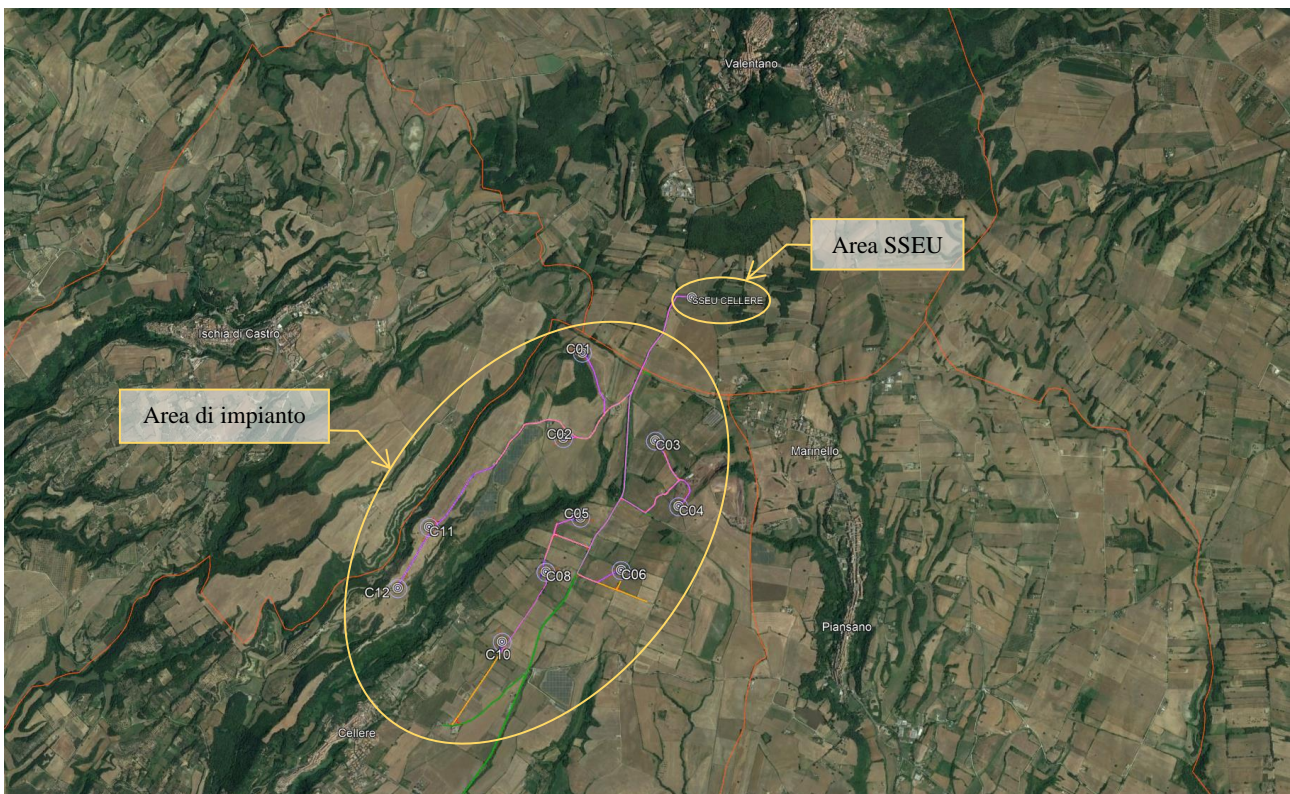
Considerando i litotipi presenti sono di tipo roccioso ci si aspetta un  $V_{s30}$  compreso tra 360 m/s e 800 m/s, considerando anche che i primi metri siano molto fratturati, per cui, in questa fase si può ipotizzare un suolo di **categoria B**:

*" Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)".* Per ottemperare alle NTC 2018 questi dati verranno implementati con indagini sismiche mirate in fase di esecutiva, nel quale non dovranno mancare le indagini MASW, Dohn Hole e RSL per ogni turbina in modo da misurare la risonanza del suolo ed evitare che vi sia il fenomeno della doppia risonanza che causerebbe seri problemi strutturali alle turbine.

## 5. L'IMPIANTO EOLICO

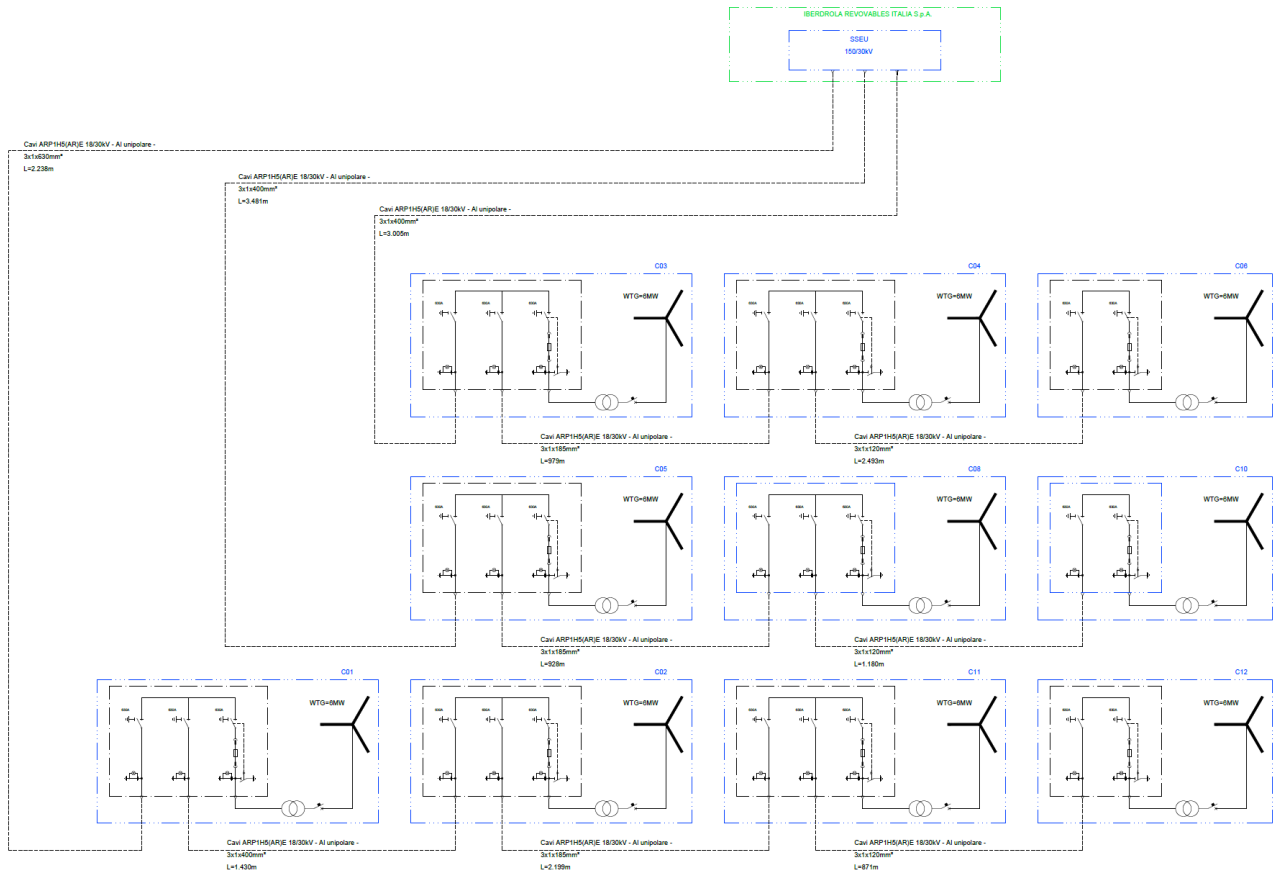
L'impianto Eolico sarà costituito da n°10 aerogeneratori, ciascuno di potenza massima fino a 6,0 MW, corrispondenti ad una potenza massima di impianto di 60,0 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Stazione di trasformazione Utente, posta nel comune di Valentano (VT), tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 30 kV.

La stazione di trasformazione utente riceverà l'energia proveniente dall'impianto eolico a 30 kV e la eleverà alla tensione di 150 kV. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 150 kV, da cabina utente adiacente, in nuova Stazione Elettrica di Smistamento di Terna da inserire in entra-esce sulla linea RTN esistente "Latera-San Savino" a 150 kV.



**Figura 3 – Layout impianto eolico "Cellere"**

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in tre gruppi rispettivamente di 4 e 3 turbine ciascuno, tramite cavi di MT da 30kV, costituendo così n.3 distinti sottocampi e collegati alla sottostazione elettrica come mostrato nel seguente schema di rete di distribuzione dell'impianto. Gli aerogeneratori sono indipendenti dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione, e possono essere controllati in maniera remota dal sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (SCADA).



**Figura 4 – Schema di rete distribuzione impianto**

All'interno della sottostazione utente sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando, misura e supervisione (MCM/SCADA) dell'impianto eolico che assicura l'operatività dell'impianto in remoto.

Le opere civili previste comprendono l'esecuzione dei plinti di fondazione degli aerogeneratori, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto.

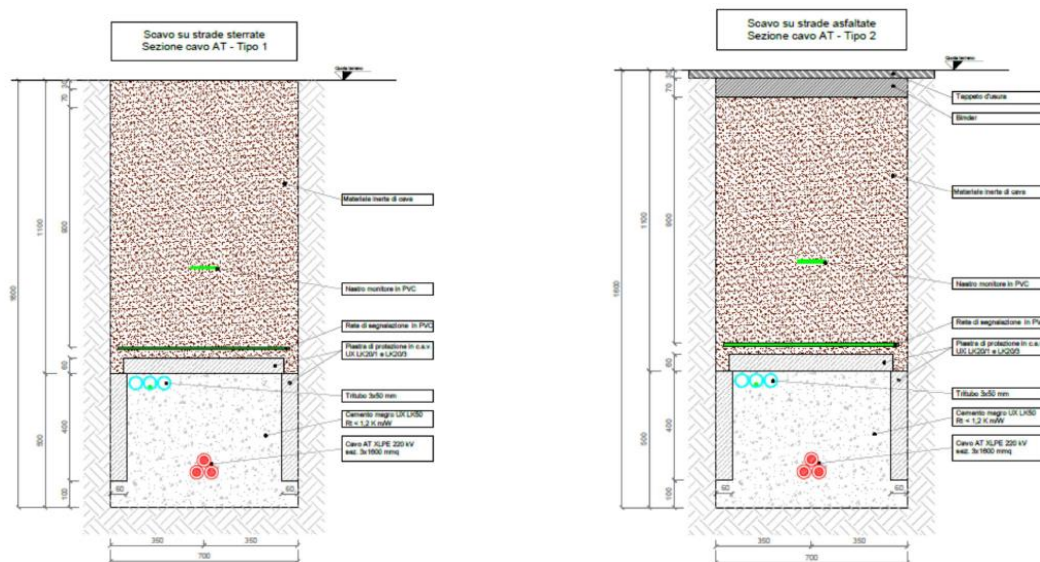
Sono altresì previsti scavi a sezione obbligatoria per la realizzazione di cavidotti interrati MT, in adiacenza alla viabilità esistente, per il collegamento elettrico tra i singoli aerogeneratori, tra gli aerogeneratori e la sottostazione di consegna esistente.

La cabina di stazione sarà costituita dai locali contenenti i quadri con gli scomparti di arrivo/partenza linee dall'impianto eolico, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dallo scomparto MT per il collegamento al trasformatore MT/AT, necessario per il collegamento RTN. La costruzione dell'edificio sarà di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile. La copertura a tetto piano, opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi realizzati in alluminio anodizzato naturale.



**Figura 5 – Inquadramento SSEU e RTN**

Per il collegamento elettrico tra la sottostazione utente alla rete RTN si eseguirà uno scavo a sezione obbligata per la posa dei cavi di AT come riportato in figura.



**Figura 6 – Sezione tipo cavidotto AT**



## 6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO

Di seguito di riportano le principali componenti dell'impianto eolico e loro caratteristiche:

- Aerogeneratori;
- Cavidotti;
- Stazione di Utenza;
- Stazione RTN.

### 6.1. AEROGENERATORI

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta dal vento per la produzione di energia elettrica. La macchina con le sue dimensioni è rappresentata nell'elaborato "Sezioni tipo Aerogeneratori".

Sul mercato esistono diverse tipologie di aerogeneratori, ad asse orizzontale e verticale, con rotore mono, bi o tripala, posto sopra o sottovento.

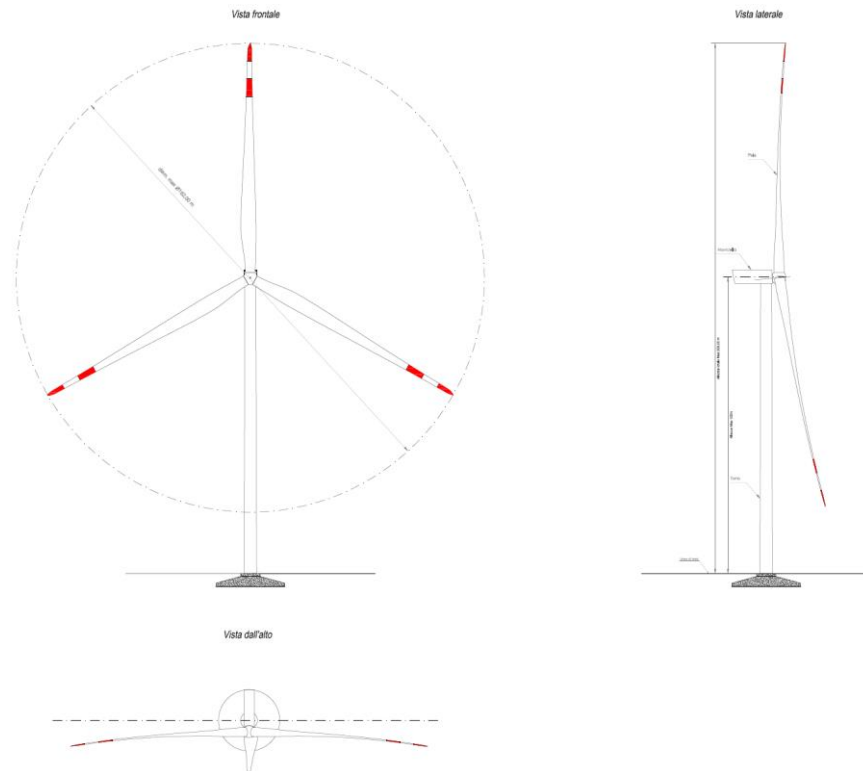
Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è il Vestas V162-6.0\_HH125, un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e potenza massima di 6000 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo di 162 m, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- sostegno tubolare troncoconico in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore al massimo pari a 125 m.

I tronchi di torre sono realizzati da lastre in acciaio laminate, saldate per formare una struttura tubolare troncoconica.

Alcune turbine, in genere quelle poste a più alta quota e quelle di inizio e fine tratto, saranno equipaggiate, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea, consistente nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

Tutte le turbine avranno, inoltre, una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.



**Figura 7 – Aerogeneratore tipo**

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO<sub>2</sub>, i quali rivelano gli incendi e attivano un sistema di spegnimento ad acqua atomizzata ad alta pressione nel caso di incendi dei componenti meccanici e a gas inerte (azoto) nel caso di incendi dei componenti elettrici (cabine elettriche e trasformatore). In aggiunta a ciò il rivestimento della navicella contiene materiali autoestinguenti.

L'aerogeneratore è dotato di un completo sistema antifulmine integrato, in grado di proteggere da danni diretti ed indiretti sia alla struttura (interna ed esterna) che alle persone. Il fulmine viene "catturato" per mezzo di un sistema di conduttori integrati nelle pale del rotore, disposti ogni 5 metri per tutta la lunghezza della pala. Da questi, la corrente del fulmine è incanalata attraverso un sistema di conduttori a bassa impedenza fino al sistema di messa a terra. La corrente di un eventuale fulmine è scaricata dal rotore e dalla navicella alla torre tramite collettori ad anelli e scaricatori di sovratensioni. La corrente del fulmine è infine scaricata a terra tramite un dispersore di terra. I dispositivi antifulmine previsti sono conformi agli standard della più elevata classe di protezione, secondo lo standard internazionale IEC 61400-24.

La turbina eolica scelta per il progetto entra in funzione a velocità del vento di circa 3 m/s e raggiunge la sua potenza nominale a velocità di circa 13 m/s con una densità dell'aria pari a 1225 kg/m<sup>3</sup>. A velocità del vento superiori, più precisamente superati i 16,5 m/s, il sistema di controllo del passo inizia a funzionare in maniera da limitare la potenza della macchina e da prevenire sovraccarichi al generatore ed agli altri componenti elettromeccanici. A velocità di circa 24 m/s il sistema di controllo orienta le pale in maniera tale da mandare in stallo il rotore e da evitare forti sollecitazioni e danni meccanici e strutturali. L'obiettivo è quello di far funzionare il rotore con il massimo rendimento possibile con

velocità del vento comprese tra quella di avviamento e quella nominale, di mantenere costante la potenza nominale all'albero di trasmissione quando la velocità del vento aumenta e di bloccare la macchina in caso di venti estremi. Il moderno sistema di controllo del passo degli aerogeneratori permette di ruotare singolarmente le pale intorno al loro asse principale; questo sistema, in combinazione con i generatori a velocità variabile, ha portato ad un significativo miglioramento del funzionamento e del rendimento degli aerogeneratori.

La frenatura è effettuata regolando l'inclinazione delle pale del rotore. Ciascuno dei tre dispositivi di regolazione dell'angolo delle pale del rotore è completamente indipendente. In caso di un guasto del sistema di alimentazione, i motori a corrente continua sono alimentati da accumulatori che ruotano con il rotore. L'impiego di motori a corrente continua permette, in caso di emergenza, la connessione degli accumulatori senza necessità di impiego di inverter. La torsione di una sola pala è sufficiente per portare la turbina in un range di velocità nel quale la turbina non può subire danni. Ciò costituisce un triplice sistema ridondante di sicurezza. Nel caso in cui uno dei sistemi primari di sicurezza si guasti, si attiva un disco meccanico di frenatura che arresta il rotore congiuntamente al sistema di registrazione della pala.

I sistemi frenanti sono progettati in modo che, se uno qualunque dei componenti del sistema frenante non funziona correttamente o è guasto, immediatamente l'aerogeneratore si porta in condizioni di sicurezza.

Gli aerogeneratori hanno una vita utile di circa 30 anni, al termine dei quali è necessario provvedere al loro smantellamento ed eventualmente alla loro sostituzione con nuovi e più performanti aerogeneratori. La fase di decommissioning avverrà con modalità analoghe a quanto descritto per la fase di installazione. Le componenti elettriche (trasformatore, quadri elettrici, ecc) verranno quindi smaltite, in accordo con la direttiva europea (WEEE - Waste of Electrical and Electronic Equipment); le parti in metallo (acciaio e rame) e in plastica rinforzata (GPR) potranno invece essere riciclate, come meglio descritto nell'elaborato "Relazione sulla dismissione dell'impianto e ripristino dei luoghi".

### 6.1.1. Specifiche tecniche Aerogeneratori

Di seguito sono elencate le specifiche tecniche degli aerogeneratori Vestas V162-6.0\_HH125, scelti per il presente progetto:

GENERALI	
Temperatura di funzionamento	-40 °C / +50 °C
Intervallo di temperatura operativa NCV	-20 °C / +45 °C
Intervallo di temperatura operativa CCV	-30 °C / +45 °C
Max. altezza s.l.m.	2000 m
Certificazioni	IEC 61400-1
Tipologia turbina	Rotore tripala ad asse orizzontale sopra-vento
Regolazione della potenza	Regolazione attiva singola pala
Potenza nominale	6000 kW
Velocità del vento per il raggiungimento della potenza nominale (con densità dell'aria di 1.225 kg/m <sup>3</sup> )	Circa 13.0 m/s
Range velocità di funzionamento del rotore	Da 4.3 rpm a 12.1 rpm
Velocità nominale	Circa 10.4 rpm
Velocità vento di cut-in	3 m/s
Velocità vento di cut-out	24 m/s
Velocità vento di Cut-back-in	23 m/s
Vita di funzionamento stimata	≥ 20 anni

<b>TORRE</b>	
Tipologia	HH125 - 0077-2108
Altezza all' Hub	125 m
Classe vento	DIBt S/ IEC S
Numero di sezioni	6
<b>ROTORE</b>	
Diametro rotore	162.0 m
Area spazzata	20611 m <sup>2</sup>
Potenza su superficie nominale	317 W/m <sup>2</sup>
Angolo di inclinazione dell'albero rotore	6.0°
"Cone angle" della pala	6.0°
<b>PALE DEL ROTORE</b>	
Materiale	Fibra di vetro e fibra di carbonio rinforzata
Lunghezza totale	79.35 m
<b>ALBERO ROTORE/CUSCINETTO ROTORE</b>	
Tipologia	Albero cavo forgiato
Tipologia di cuscinetto	Cuscinetto a rulli sferici
Lubrificazione	Cadenziale con grasso lubrificante
<b>FRENO MECCANICO</b>	
Tipologia	Freno a disco attivo
Posizionamento	Sull'albero veloce
Numero pinze freni	1
Materiale delle pastiglie del freno	Pastiglie organiche
<b>GEARBOX</b>	
Tipologia	Ingranaggi planetari multi-stadi + stadio a ingranaggi cilindrici
Rapporto di trasmissione	50 Hz: i = 121.5 60 Hz: i = 145.8
Lubrificazione	Ad alimentazione forzata
Quantità d'olio incluso circuito di raffreddamento	Max. 800-1000 l
Temperatura max. olio	Circa 77° C
Cambio olio	Se richiesto (codici di pulizia dell'olio ISO 4406- /15/12)
<b>IMPIANTO ELETTRICO</b>	
Potenza nominale PnG	5850 kW
Voltaggio nominale	3 x AC 800 V ± 10 % (sulla specifica del codice di rete)
Corrente nominale durante la piena immissione di corrente reattiva InG a SnG	4876 A
Potenza apparente nominale SnG a PnG	6850 kVA
Frequenza	50 / 60 Hz
Peso totale	Circa 9 t
Isolamento	Esterno
Tensione nominale OV, Ur	720 V
Tensione di rete OV	19.1 – 22.0 kV 22.1 – 33.0 kV 33.1 – 36.0 kV
Frequenza nominale fr	50/60 Hz
Collegamento delle fasi	Dyn 11
Altitudine di installazione (slm)	2000 m
Potenza nominale apparente Sr	7000 kVA
Tensione di impedenza uz	8 bis tolleranza 9 % ± 10 %

Perdita di Potenza: Perdite inattive Perdite di cortocircuito	3000 W 70000 W
<b>QUADRO MT</b>	
Tensione nominale (dipendente dalla rete MT)	24, 36 o 40.5 kV
Corrente nominale	630 A
Durata nominale di corto circuito	1 s
Corrente nominale di corto circuito	24 kV: 16 kA 36/40.5 kV: 20 kA
Temperatura ambiente minima e massima durante il funzionamento	NCV: -25 °C a +45 °C CCV: -30 °C a +45 °C
Tipologia di connessione	Cono esterno tipo C secondo EN 50181
<b>Interruttore</b>	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E2
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
Commutazione di correnti capacitive	Min. C1 - low
<b>Sezionatore</b>	
Numero di cicli di commutazione con corrente nominale	E3
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente da cortocircuito	E3
Numero di cicli di commutazione meccanica	M1
<b>Sezionatore</b>	
Numero di cicli di commutazione meccanica	M0
<b>Interruttore di terra</b>	
Numero di cicli di commutazione con interruzione corrente nominale da cortocircuito	E2
Numero di cicli di commutazione meccanica	≥ 1000
<b>GENERATORE</b>	
Grado di protezione	IP 54 (scatola anello di contatto IP 23)
Voltaggio statore	3x800 V
Frequenza	0-138 Hz
Intervallo di velocità	0-460 rpm
Poli	36
Peso	Circa 10.6 t
<b>RAFFREDDAMENTO</b>	
<b>Gearbox</b>	
Tipo	1 ° circuito di raffreddamento: circuito dell'olio con scambiatore di calore olio / acqua e bypass termico
Filtro	Filtro a maglia grossa 50 µm / filtro fine 10 µm / filtro ultrafine <5 µm
<b>Scatola Generatore e Convertitore</b>	
Tipo	Circuito idrico con scambiatore di calore acqua / aria e bypass termico
Refrigerante	Refrigerante a base di acqua e glicole
<b>TRASFORMATORE</b>	
tipologia	Trasformatore a immersione in liquido di progettazione ecocompatibile.
Tipologia di raffreddamento	KF/WF
Potenza nominale	7000 kVA

<b>SISTEMA DI PASSO</b>	
Cuscinetto del passo	Cuscinetto a contatto a quattro punti e doppia fila
Lubrificazione ingranaggi e binari	Lubrificazione periodica con grasso
Controllo del passo	Motori elettrici incl. freno planetario a molla e ingranaggio planetario multistadio
Alimentazione d'emergenza	Batterie
<b>SISTEMA DI IMBARDATA</b>	
Cuscinetto di imbardata	Anello di imbardata forgiato trattato termicamente. Cuscinetti a strisciamento PETP
Lubrificazione ingranaggi e binari	Lubrificazione periodica con grasso
Tipologia di imbardata	Ingranaggio planetario a più stadi
Velocità di imbardata	Circa 0.4°/s (50 Hz) - 0.5°/s (60 Hz)

### 6.1.2. Sistemi elettrici e di controllo interni

All'interno di ciascuna torre, in apposito spazio, saranno ubicati i seguenti impianti:

- quadro di automazione della turbina;
- trasformatore elevatore BT/MT con isolamento in resina;
- quadro di media tensione;
- sistema di sicurezza e controllo.

Il quadro di controllo assicura l'arresto del sistema in caso di anomalie dell'impianto, di incendio, di eccessiva velocità del vento, etc. Il controllo si realizza mediante apparati che misurano la tensione, l'intensità e la frequenza della corrente, il fattore di potenza, la tensione e il valore della potenza attiva e reattiva, nonché dell'energia prodotta o assorbita.

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore in bassa tensione viene trasformata a 30 kV con apposito trasformatore all'interno dell'aerogeneratore stesso.

### 6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni

L'energia prodotta verrà trasportata alla sottostazione elettrica 150/30 kV, per la consegna sulla rete fisica di TERNA, tramite linee interrate che saranno ubicate preferibilmente lungo la rete viaria esistente, mentre il destinatario commerciale dell'energia sarà il GSE.

Il cavo, all'interno della trincea, sarà posizionato ad una profondità minima di 1,5 m. Tutto il cavidotto sarà realizzato il più possibile aderente ai tracciati stradali esistenti e collegherà gli aerogeneratori alla rete nazionale di distribuzione elettrica.

### 6.1.4. Descrizione dei componenti principali

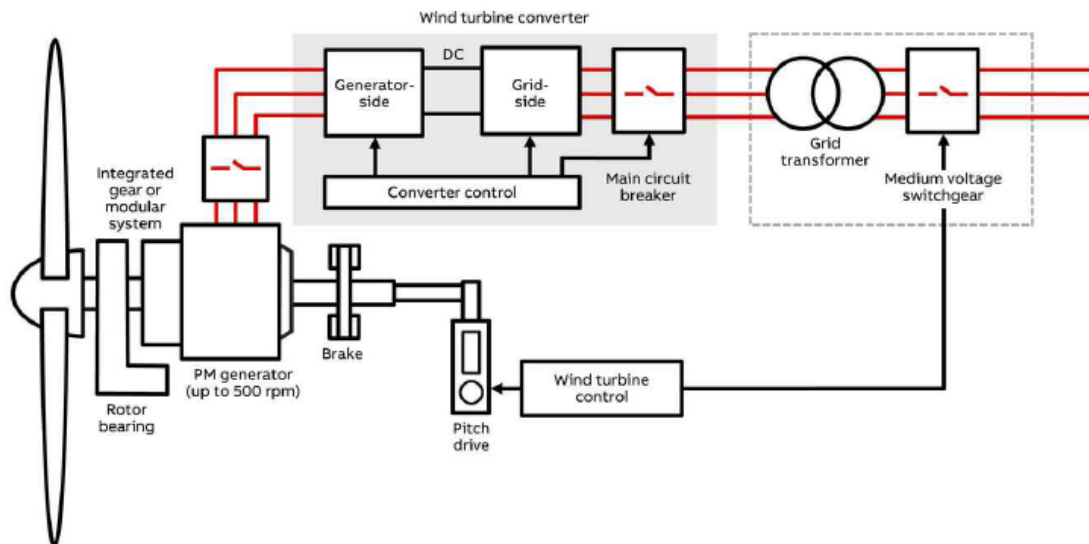
All'interno dell'aerogeneratore, la tensione a 0,75 kV prodotta dalla macchina verrà elevata a 30 kV tramite le seguenti componenti all'interno dello stesso:

- l'arrivo del cavo BT (0,75 kV) dall'aerogeneratore;
- il trasformatore BT/MT (0,75/30 kV);

- la cella MT (30 kV) per la partenza verso i quadri di macchina e da lì verso la cabina di raccolta.

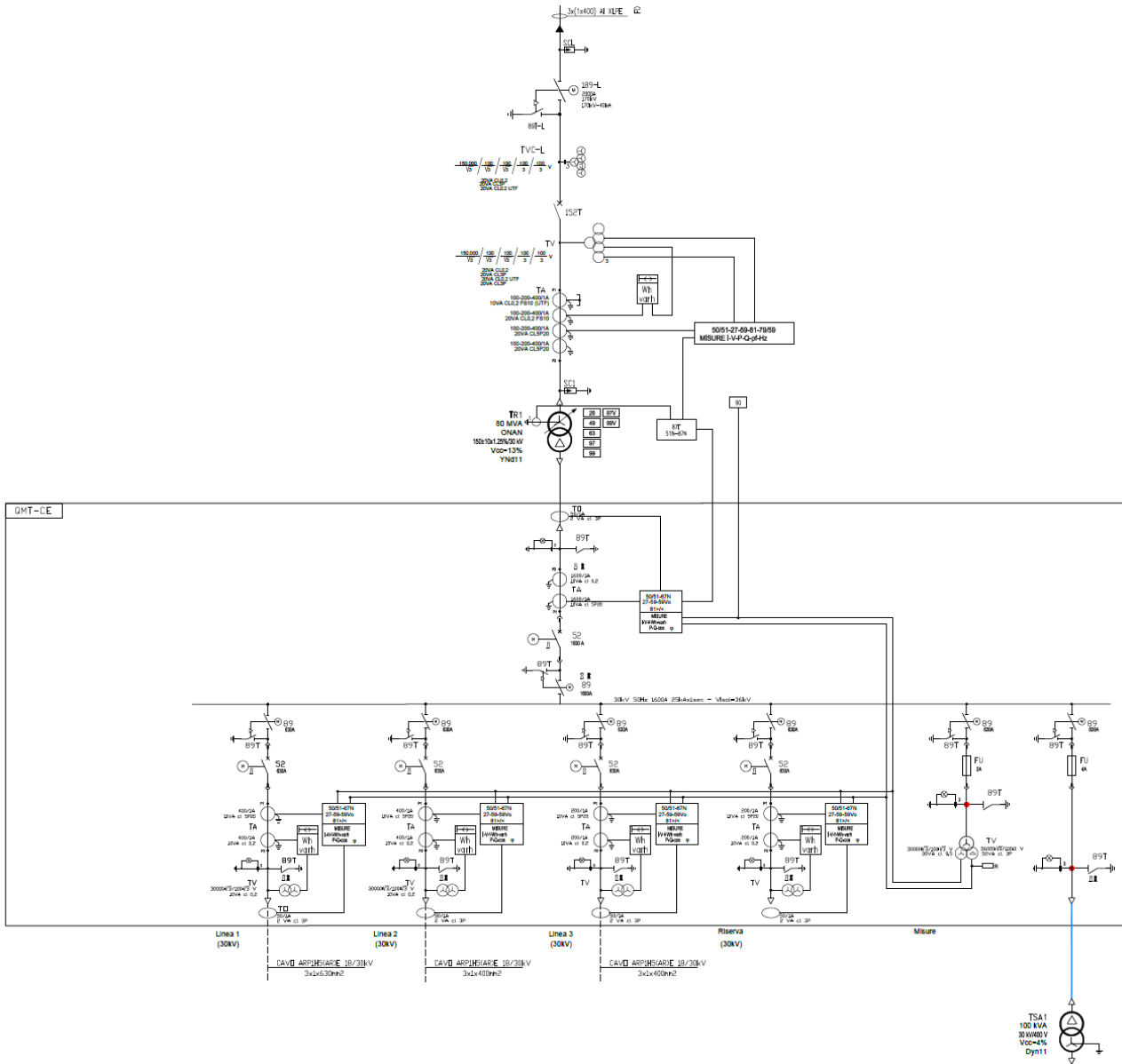
I quadri all'interno dell'aerogeneratore comprenderanno le seguenti apparecchiature:

- un quadro MT 30 kV composto da uno scomparto per l'arrivo dal trasformatore BT/MT e uno o due scomparti, a seconda della posizione della macchina nel radiale di collegamento alla stazione utente, per l'arrivo e la partenza dai quadri delle altre macchine del radiale;
- un quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina;
- un quadro BT di alimentazione del sistema di controllo e di emergenza.



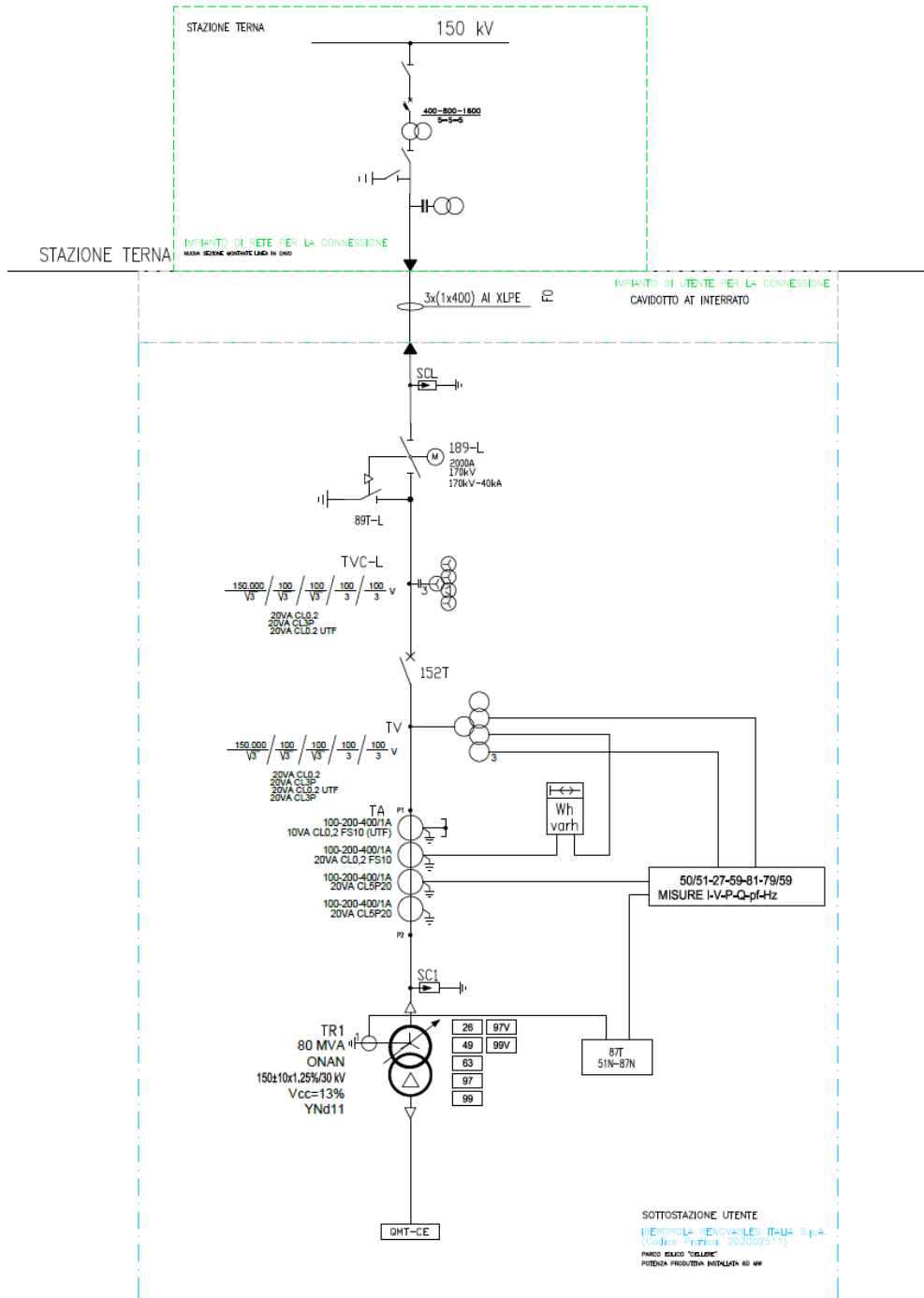
**Figura 8 – Schematico aerogeneratore**

Da tale punto partiranno i collegamenti alla stazione utente MT/AT per la successiva connessione alla RTN.



**Figura 9 – Schema elettrico unifilare SSE Utente**





**Figura 10 – Schema a blocchi Impianto di progetto**

### 6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto

La centrale e tutti i suoi componenti, primi tra tutti gli aerogeneratori, sono progettati per un esercizio completamente automatico dell'impianto senza la necessità di una sorveglianza locale.

Ciascuna macchina è equipaggiata con un suo sistema di controllo e supervisione che rende possibile l'esercizio in automatico della macchina se non intervengono, dall'interno della stessa, segnalazioni di anomalia.

In ogni istante, se tutti i parametri di controllo sono nei limiti predefiniti di funzionamento, l'aerogeneratore può avviarsi automaticamente, ad esempio quando le condizioni di vento consentono di produrre energia, si mantiene in esercizio regolando quando necessario la potenza erogata attraverso il controllo del passo, oppure può comandare la cessazione della produzione in caso di vento troppo elevato, rientrando automaticamente in servizio appena le condizioni tornano sotto le soglie previste per il regolare funzionamento.

Una rilevante quantità di sensori riporta al supervisore di macchina lo stato dei principali organi e in base a questa informazione il supervisore fornisce il consenso al controllore per la regolazione del funzionamento.

Nel caso si presenti un evento riconosciuto dal supervisore come anomalo, ad esempio una sovratemperatura, una vibrazione anomala, una pressione eccessiva o insufficiente nei circuiti idraulici, per citare alcune situazioni molto comuni, viene inviato un segnale al controllo che provvede immediatamente a mettere fuori esercizio l'aerogeneratore, ponendolo nelle condizioni di sicurezza previste.

Poiché sono numerose le cause che possono indurre una situazione di guasto, in cui una o più macchine possono non funzionare correttamente, oppure altri componenti della centrale possono subire guasti o malfunzionamenti, è previsto che la parte di impianto non interessata da guasti non subisca arresti e nello stesso tempo è previsto che debba essere segnalato ad un posto di sorveglianza remoto la necessità di un intervento per ripristinare il funzionamento.

Perciò la centrale è equipaggiata con un sistema di supervisione esterno a ciascuno dei componenti, avente il compito di effettuare un monitoraggio continuo di ciascuna parte sorvegliata.

### 6.1.6. Analisi di producibilità

Una valutazione affidabile della producibilità energetica di un parco eolico deve essere basata su una campagna anemometrica, preferibilmente eseguita direttamente sul sito oggetto dell'indagine. È pur vero che, nella pratica, sono disponibili metodi di simulazione che consentono di eseguire delle valutazioni Anemologiche tramite reanalisi, ossia utilizzando modelli meteorologici basati su dati provenienti dai satelliti e/o da stazioni di misura terrestri rilevati in zone più o meno vaste (similmente a quanto avviene per il fotovoltaico). La metodologia tuttora considerata affidabile dagli istituti di credito è certamente la misurazione anemometrica tramite struttura fissa. La norma tecnica internazionale stabilisce che la struttura debba avere un'altezza pari ad almeno 2/3 del mozzo della futura turbina e che i dati raccolti dalla campagna Anemologica da un monitoraggio a lungo periodo.

L'area di futura installazione della torre anemometrica è stata individuata ad una quota di circa 461 m s.l.m. circa, ed è situata in un punto abbastanza aperto senza ostacoli a pregiudicare l'intensità dei venti predominanti.

Pertanto per un'analisi della ventosità attesa e per una successiva stima della producibilità del sistema eolico ci si dovrà riferire ai dati memorizzati dalla futura Torre Anemometrica che avrà 96 metri di altezza, rappresentativa dei 2/3

dell'altezza del mozzo della turbina di progetto (alt. max. 144 metri sls).

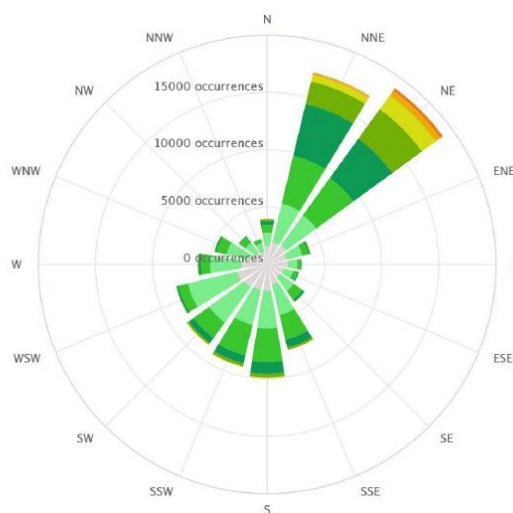
Il sito non ancora monitorato, ma sull'area esistono numerosi dati per una stima preliminare, con stazioni delocalizzate, e sono disponibili numerose serie di dati storici in rete (da acquistare per una data coordinata geografica) e per un preliminare calcolo dei regimi di vento della zona vasta, grazie ai software disponibili per tali valutazioni.

Prendendo come riferimento i dati processati con un Virtual Mast con 2 sensori a 50 e 100 metri di altezza (intensità e direzione) e i dati relativi al territorio di Cellere, dal sito Meteo Blue, si è proceduti al calcolo del Wind Shear (gradiente di velocità) del sito di Global Wind Atlas (implementato da Vortex) in corrispondenza della futura Torre anemometrica. I risultati ottenuti restituiscono una media a 50 m di **6,25 m/s** e di **7,13 m/s** a quota 100 m sull'area oggetto di studio.

Per la definizione del regime anemologico sulla zona interessata dal progetto d'impianto sono stati acquistati 14 anni di dati di vento dal sito Meteo Blue ad altezza 80 m, che processa i dati di vento dell'Aeroporto di Viterbo (23 km a sud est), con una analisi abbastanza puntuale sui regimi di vento dell'intera area.

Sono stati elaborati i dati e sono stati analizzati i 14 anni acquistati, implementato il periodo di monitoraggio minimo ammissibile per poter estrapolare una mappa di vento medio annuo già di lungo periodo. Il dato anemometrico di riferimento, ovvero il valore di velocità vento media annua ponderata, estrapolata nella posizione della turbina ad altezza mozzo **HH = 96 m sls** quota di ubicazione della futura **TA<sub>96m</sub>** risulta essere cautelativamente pari a **V<sub>96</sub> = 7,07 m/s**.

L'analisi delle direzioni inoltre ha restituito una prevalenza di venti dai quadranti nord est come indicato in figura sottostante:



**Figura 11 – Distribuzione dei venti dal 2008 al 2020**

La stima della resa energetica sarà eseguita facendo girare i sistemi di calcolo analizzando l'intensità media sperimentale dedotta con le direzioni stabilite nella Wind Energy Rose, considerando la rugosità e l'orografia dell'area anche vasta, partendo dalla turbina. La velocità del vento sulla posizione della turbina, estrapolata alla relativa altezza mozzo, è stata calcolata attraverso l'atlante di vento ottenuto dall'implementazione del database di dati ad altezza  $h = 10 \div 80 / 50 \div 100$  m (velocità e direzione vento). Le simulazioni sono state eseguite applicando una correzione sulle velocità misurate per tarare la velocità estrapolata ad altezza mozzo ai valori  $V_{hub}$  calcolabili sulla posizione della futura turbina corrispondente alla posizione TA<sub>96m</sub>. La producibilità calcolata dal software non tiene conto delle perdite aggiuntive collegate a fattori indipendenti dalle potenzialità eoliche del sito e dalle caratteristiche di performance del modello di turbina adottato. I valori assunti per la stima di tali perdite, esprimibili in percentuale dell'energia prodotta al netto delle scie, sono riportati sulla tabella seguente, ciascuno in corrispondenza dell'effetto considerato. I coefficienti di perdita sono stati applicati alle quattro configurazioni di centrale in termini di ore di funzionamento annue medie unitarie a potenza nominale.

Perdite aggiuntive		
Fattore di perdita	Stima parziale [%]	Stima complessiva [%]
Perdite elettriche d'impianto	2,5%	<b>8,4%</b>
Indisponibilità di macchina per manutenzione ordinaria e/o straordinaria	4.0%	
Sporco ed insetti sulle pale	0.2%	
Manutenzione	0.2%	
Rugosità	1.5 %	

Valutando attentamente le correlazioni tra Vortex e Meteo Blue, si ritiene più cautelativo il dato estrapolato dai dati grezzi di Meteo Blue che vanno dal 01/01/2008 al 31/12/2020, con serie di dati precisi alle altezze di riferimento di 10 e 80 metri sls. Stando ai dati utilizzati per la stima della ventosità sul punto della TA<sub>96m</sub>, e alle comparazioni sui dati orografici e di rugosità, di seguito, in tabella, le corrispondenze dei dati con restituzione del dato per le altezze in gioco, fino al dato restituito (estrapolato) per l'altezza HUB della futura turbina.

Periodo	Velocità vento misurata		Wind Shear [α]	HH125 m hub
	Vortex 50-100m	Meteo Blue 10-80m		
Annua	6,34 m/s (50 m)	4,44 m/s (10 m)	<b>0.142</b>	<b>6,34 m/s</b>
Breve / Lungo Periodo	7,20 m/s (100 m)	5,96 m/s (80 m)		

Come si può constatare dall'osservazione dei parametri anemologici, sopra riportate, la dislocazione ottimale delle turbine dovrà pertanto seguire, compatibilmente con i vincoli territoriali, una direttrice di allineamento secondo schiere orientate lungo l'asse normale a quello delle direzioni prevalenti del vento.

Pertanto la stima di producibilità media annua a breve periodo è stata eseguita considerando come aerogeneratore una turbina di taglia da **6000 kW** della casa costruttrice **Vestas (classe V162)**, altezza **HH125m** e diametro **Ø162m**, ottenendo una producibilità netta pari a **15,464 GWh/anno P<sub>50</sub>** a cui corrispondono **2.577 Ore Equivalenti**.

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato "Relazione anemologica e stima di producibilità".

### 6.1.7. Analisi acustica

L'impianto eolico oggetto di valutazione è collocato all'interno del comune di Cellere. Il territorio è caratterizzato da un vasto paesaggio pianeggiante/collinare spoglio e adibito a pascolo. Come previsto dalla legge, si è proceduto inizialmente all'acquisizione e all'esame di tutte le informazioni relative alle sorgenti acustiche esistenti nello stato attuale. Sono presenti nell'area di studio altri aerogeneratori di piccola e grande dimensione. Il sito eolico di nuova realizzazione si compone di aerogeneratori di tipo VESTAS EnVentus™ V162-6.0MW tripala con diametro di 162 m e altezza del mozzo pari a 125 m. Secondo quanto contenuto nelle schede tecniche fornite da VESTAS la potenza sonora degli aerogeneratori può variare sia in funzione della velocità del vento rilevata all'HUB sia alle modalità di funzionamento (impostate al generatore). Nella figura seguente si riporta un estratto della scheda tecnica in cui viene riportato il livello di potenza sonora attribuito all'aerogeneratore a seconda del regime di funzionamento impostato.

Sound modes			
Mode No.	Maximum Sound Level	Serrated trailing edges	Available hub heights
PO6000	104.3 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
PO6000-0S	107.1 dBA	No (option)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m

In addition, Sound Optimized (SO) modes as listed below are available as options for the turbine.

Sound Optimized (SO) modes			
Mode No.	Maximum Sound Level	Serrated trailing edges	Available hub heights
SO2	102 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
SO3	101 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
SO4	100 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
SO5	99 dBA	Yes (standard)	119 / 125 / 149 / 166 / 169 m
SO6	98 dBA	Yes (standard)	Site specific

Sound Optimized (SO) modes are only available with serrated trailing edges on the blades. For further details on sound performance and in case of specific requests, please contact Vestas Wind Systems A/S.

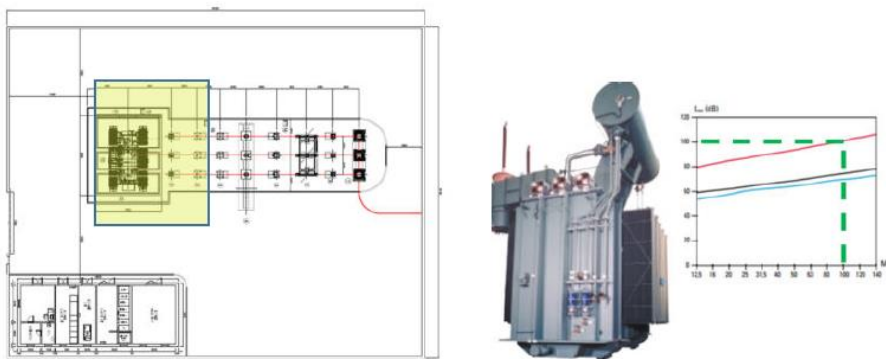
La potenza sonora massima dell'aerogeneratore può variare da un valore di 107.1 dB(A) in 'modalità 0S' fino a circa 98 dB(A) in 'modalità S06'. Nelle condizioni di velocità del vento all'HUB di 3-5 m/s si verificano le condizioni di potenza sonora minima attribuibile al generatore dell'ordine di 94 dB(A) valido in generale nelle diverse modalità di funzionamento, con una differenza rispetto alla massima potenza in 'modalità 0S' di circa meno 13 dB(A).

Modalità	Velocità del vento all'HUB (m/s)																	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PO6000	93.9	94.1	94.3	96.2	99.2	102.0	104.1	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3	104.3
PO6000_0S	96.7	96.9	97.1	99.0	102.0	104.8	106.9	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1	107.1
PO6000_S02	93.5	93.7	94.3	97.3	100.2	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0
PO6000_S03	93.5	93.7	94.3	97.3	100.2	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0
PO6000_S04	93.5	93.7	94.3	97.3	99.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
PO6000_S05	93.5	93.7	94.3	97.2	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
PO6000_S06	93.5	93.7	94.3	97.1	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0

Pertanto, ai fini del calcolo di impatto acustico si è previsto di utilizzare una condizione di funzionamento standard cioè quella relativa alla modalità **PO6000** e velocità del vento all'HUB superiori a 10 m/s come evidenziato in rosso nelle

figure precedenti.

Per quanto riguarda, invece, l'immissione dell'energia prodotta dalle turbine, quest'ultime saranno collegate ad una stazione di trasformazione utente, che verrà realizzata nel comune di Valentano. Si riporta nell'immagine seguente un estratto del layout di progetto della sottostazione elettrica utente costituita da una porzione totalmente in esterno (dove è ubicato il trasformatore principale) e una contenuta all'interno di un monoblocco in calcestruzzo (dove sono ubicati i quadri elettrici e le apparecchiature di servizio). Quindi per la valutazione di impatto acustico, gli elementi fonte di potenziale disturbo acustico presso i ricettori sono il trasformatore ausiliario del tipo ONAN/ONAF da 80 MVA posto al centro dell'area esterna (evidenziato in giallo nella figura precedente).



Secondo quanto ricavabile dalla scheda tecnica di un trasformatore da 80 MVA la potenza acustica, con riferimento alla norma DIN 42508, è pari a circa 100 dB(A).

Ai fini del calcolo dell'impatto acustico sui recettori ricadenti all'intero dell'area di influenza del futuro parco eolico in progetto, secondo il D.P.C.M. 14/11/1997 stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico. Si riportano di seguito i valori limite di riferimento di emissione e immissione previsti:

Limiti di Emissione - $L_{Aeq}$ In dB(A)		
Classi di destinazione d'uso del territorio	Diurno (6.00 – 22.00)	Notturmo (22.00 – 6.00)
I aree particolarmente protette	45	35
II aree prevalentemente residenziali	50	40
III aree di tipo misto	55	45
IV aree di intensa attività umana	60	50
V aree prevalentemente industriali	65	55
VI aree esclusivamente industriali	65	65

Limiti Assoluti di Immissione - $L_{Aeq}$ In dB(A)		
Classi di destinazione d'uso del territorio	Diurno (6.00 – 22.00)	Notturmo (22.00 – 6.00)
I aree particolarmente protette	50	40
II aree prevalentemente residenziali	55	45
III aree di tipo misto	60	50
IV aree di intensa attività umana	65	55
V aree prevalentemente industriali	70	60
VI aree esclusivamente industriali	70	70

Inoltre, sempre secondo il D.P.C.M. 14/11/1997 all'art. 4 si stabilisce che i limiti differenziali sono 5 dB(A) per il periodo diurno e 3 dB (A) per il periodo di riferimento notturno. Il medesimo decreto fissa un livello minimo di applicabilità del criterio differenziale e stabilisce che, nel periodo diurno, ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile se il livello del

rumore ambientale misurato a finestre aperte è inferiore a 50 dB(A) e se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse è inferiore a 35 dB(A); analogamente, nel periodo notturno, ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile se il livello del rumore ambientale misurato a finestre aperte è inferiore a 40 dB(A) e se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse è inferiore a 25 dB(A).

Limiti Differenziali di Immissione - $L_{Aeq}$	
Diurno (06.00 – 22.00)	+ 5 dB(A)
Notturno (22.00 – 06.00)	+ 3 dB(A)

I principali ricettori circostanti al Parco Eolico in progetto ricadano nel territorio del Comuni di Cellere, Piansano, Valentano e Ischia di Castro.

Si riporta, in tabella, l'attuale stato di approvazione dei Piani di Classificazione Acustica dei suddetti Comuni.

Comune	Stato di approvazione del PCCA
Cellere	Approvato con D.C.C. n. 10 del 18/03/2004
Piansano	Approvato con D.C.C. n. 22 del 28/09/2006
Valentano	Approvato con D.C.C. n. 17 del 19/04/2006
Ischia di Castro	Approvato Novembre 2005

Nella figura successiva si riportano alcuni estratti dei Piani di Zonizzazione Acustica dei comuni interessati dalla realizzazione del parco eolico, dei cavidotti e di tutti i ricettori potenzialmente esposti.



**Figura 12 – Estratto PCCA del Comune di Ischia di Castro**



**Figura 13 – Estratto PCCA del Comune di Piansano**



**Figura 14 – Estratto PCCA del Comune di Cellere**

Per quanto concerne il Comune di Valentano non è disponibile sul sito del Comune. Ai fini della presente valutazione ai ricettori potenzialmente più impattati dal futuro parco eolico (appartenenti al comune di Valentano) è stata assegnata la classe III.

Ai fini dello studio previsionale di impatto acustico, per la verifica del rispetto dei limiti normativi, si è fatto un censimento di tutti gli edifici prossimi alle sorgenti acustiche, potenzialmente disturbati dalle emissioni rumorose degli impianti previsti nella fase di esercizio e dalle lavorazioni di cantiere per la costruzione degli impianti e per la realizzazione delle linee interrato.

In riferimento all'area di indagine si è fatto riferimento ad un areale esteso fino a 1000 m intorno a ciascun aerogeneratore.



Tali indicazioni sono coerenti anche con quanto indicato dalla norma UNI 11143-7:2003 “Acustica - Metodo per la stima dell’impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti - Parte 7: Rumore degli aerogeneratori” che in merito riporta quanto segue: “nel caso di parchi eolici, l’area di influenza è individuata dal tecnico sulla base dei seguenti elementi: classificazione acustica della zona, morfologia del territorio, presenza di ricettori, eventuali regolamentazioni regionali”.

Per ciascun gruppo di edifici, censiti come abitati o potenzialmente abitabili, è stato inserito nel modello di simulazione acustica un punto di calcolo su tutte le facciate potenzialmente esposte al rumore degli aerogeneratori più vicini.

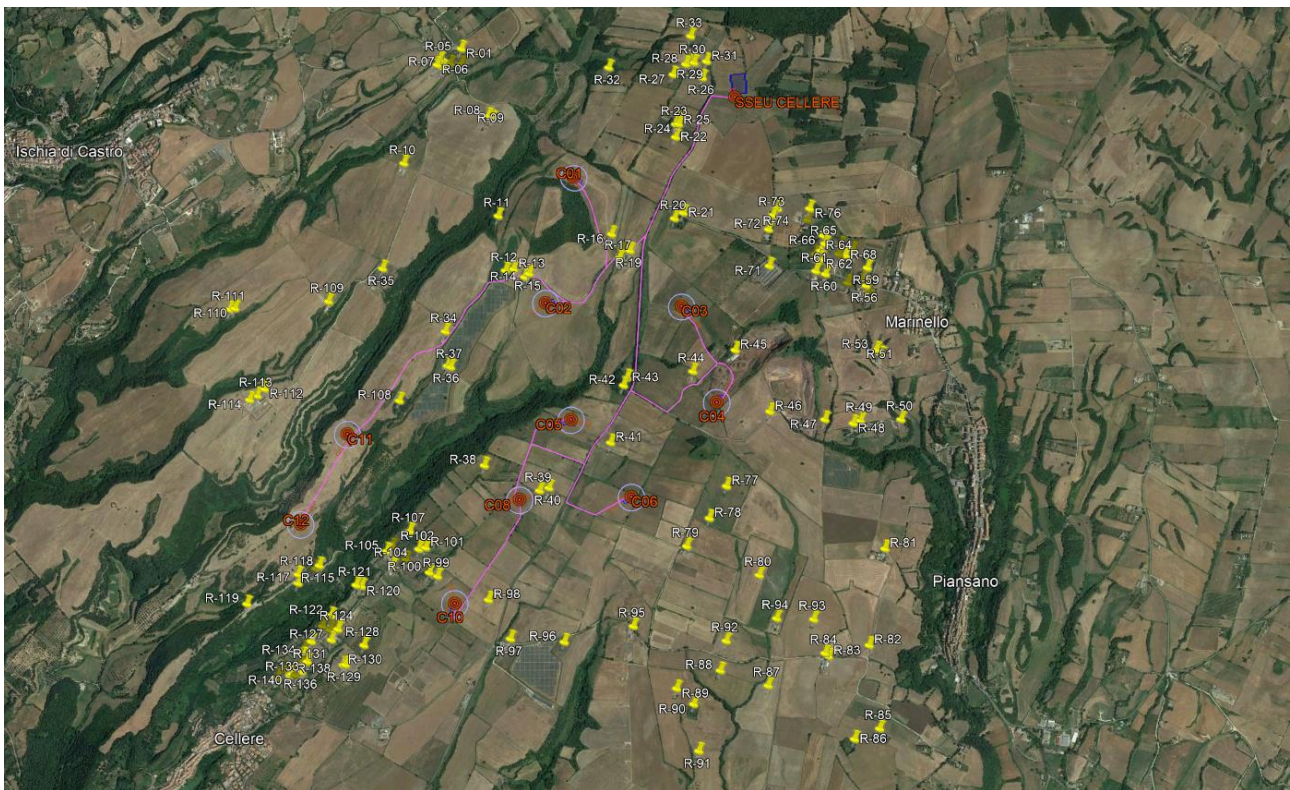
Si riportano di seguito l’elenco dei ricettori censiti:

ID	Coordinata x	Coordinata y	Dest. Cat.	Classe PCCA	Comune di appartenenza	Destinazione associata per il calcolo	Distanza minima dall’aerogeneratore di progetto	
R-01	729132.04	4714547.87	A7	3	ISCHIA DI CASTRO	RES	371	C10
R-02	729134	4714451	D10	3	ISCHIA DI CASTRO	PROD COMM	646	C10
R-03	729066	4714454	D10	3	ISCHIA DI CASTRO	PROD COMM	1048	C01
R-04	729010	4714491	C2	3	CELLERE	ELSE	1115	C01
R-05	728999	4714474	A3	3	ISCHIA DI CASTRO	RES	168	C08
R-06	728985	4714440	C2	3	CELLERE	ELSE	1104	C01
R-07	729019	4714427	C6	3	CELLERE	ELSE	1069	C01
R-08	729321	4714122	NC	3	CELLERE	ELSE	649	C01
R-09	729346	4714107	D10	3	ISCHIA DI CASTRO	PROD COMM	620	C01
R-10	728807.32	4713811.85	D10	3	ISCHIA DI CASTRO	PROD COMM	1075	C01
R-100	729073.37	4711297.62	NC	1	CELLERE	ELSE	802	C12
R-101	729043.93	4711447.01	FD	1	CELLERE	ELSE	629	C12
R-102	729001.3	4711436.1	NC	1	CELLERE	ELSE	957	C12
R-103	728924.92	4711371.43	EU	1	CELLERE	ELSE	1362	C05
R-104	728842.69	4711329.37	C2	1	CELLERE	ELSE	1451	C05
R-105	728803.67	4711417.41	NC	1	CELLERE	ELSE	1424	C05
R-106	728834.1	4711445.21	NC	1	CELLERE	ELSE	1383	C05
R-107	728941.97	4711544.2	C2	1	CELLERE	ELSE	1237	C05
R-108	728841.63	4712340.51	NC	1	CELLERE	ELSE	958	C12
R-109	728376.08	4712938.13	D10	3	ISCHIA DI CASTRO	PROD COMM	966	C12
R-11	729406.88	4713502.86	C6	1	CELLERE	ELSE	558	C01
R-110	727793.39	4712878.41	C2	3	CELLERE	ELSE	627	C12
R-111	727762.23	4712871.4	A3	3	ISCHIA DI CASTRO	RES	800	C10
R-112	728002.16	4712386.36	A3	3	ISCHIA DI CASTRO	RES	1843	C02
R-113	727958.51	4712343.38	D10	3	ISCHIA DI CASTRO	PROD COMM	418	C10
R-114	727912.36	4712316.83	D10	3	ISCHIA DI CASTRO	PROD COMM	223	C10
R-115	728381.98	4711314.08	D10	1	CELLERE	PROD COMM	935	C12
R-116	728359.67	4711294.44	D10	1	CELLERE	PROD COMM	1857	C05
R-117	728252.59	4711202.77	NC	1	CELLERE	ELSE	1049	C06
R-118	728255.11	4711256.09	NC	1	CELLERE	ELSE	1952	C06
R-119	727955.88	4711067.77	D10	1	CELLERE	PROD COMM	2319	C05
R-12	729466.98	4713162.7	D10	1	CELLERE	PROD COMM	304	C02
R-120	728655.14	4711199.35	C6	1	CELLERE	ELSE	1678	C05
R-121	728621.07	4711204.57	C6	1	CELLERE	ELSE	1700	C05
R-122	728477.23	4711014.2	NC	1	CELLERE	ELSE	1933	C05
R-123	728427.77	4710949.98	A7	1	CELLERE	RES	1555	C06
R-124	728523	4710933	C2	4	CELLERE	ELSE	557	C12
R-125	728515.05	4710939.05	C2	4	CELLERE	ELSE	1957	C05
R-126	728475.39	4710927.91	C2	4	CELLERE	ELSE	345	C11

ID	Coordinata x	Coordinata y	Dest. Cat.	Classe PCCA	Comune di appartenenza	Destinazione associata per il calcolo	Distanza minima dall'aerogeneratore di progetto	
R-127	728486.19	4710867.67	EU	4	CELLERE	ELSE	2028	C05
R-128	728688.17	4710842.72	NC	1	CELLERE	ELSE	1909	C05
R-129	728580.96	4710721.56	C6	1	CELLERE	ELSE	531	C12
R-13	729515.73	4713173.38	F2	1	CELLERE	ELSE	268	C02
R-130	728567.72	4710718.88	C6	1	CELLERE	ELSE	1475	C06
R-131	728362.11	4710853.36	C6	1	CELLERE	ELSE	2127	C05
R-132	728320.72	4710807.57	C2	4	CELLERE	ELSE	844	C12
R-133	728343.54	4710730.26	EU	4	CELLERE	ELSE	1346	C08
R-134	728318.69	4710765.88	EU	4	CELLERE	ELSE	1582	C06
R-135	728303.11	4710717.42	D10	3	CELLERE	PROD_COMM	1737	C06
R-136	728313.74	4710668.53	D10	3	CELLERE	PROD_COMM	2013	C06
R-137	728274.94	4710646.34	C2	2	CELLERE	ELSE	1662	C11
R-138	728252.27	4710651.4	C2	2	CELLERE	ELSE	2346	C05
R-139	728235	4710653	C6	2	CELLERE	ELSE	1229	C06
R-14	729585.38	4713126.43	D10	1	CELLERE	PROD_COMM	185	C02
R-140	728241.81	4710643.78	C6	2	CELLERE	ELSE	170	C10
R-141	728210.77	4710675.64	ND	2	CELLERE	ELSE	719	C12
R-142	728165.19	4710628.76	C2	2	CELLERE	ELSE	387	C10
R-143	728873.64	4711112.75	C6	1	CELLERE	ELSE	1584	C05
R-144	728873.64	42550320	A	0	VALENTANO	RES	179	C02
R-15	729613.59	4713148.89	D10	1	CELLERE	PROD_COMM	109	C08
R-16	730113.14	4713412.71	NC	1	CELLERE	ELSE	475	C03
R-17	730167.24	4713264.77	D10	3	CELLERE	PROD_COMM	489	C03
R-18	730181.8	4713312	D10	3	CELLERE	PROD_COMM	451	C03
R-19	730231.36	4713313.02	A2	4	CELLERE	RES	507	C03
R-20	730500.4	4713522.57	NC	2	CELLERE	ELSE	515	C10
R-21	730553.09	4713558.24	FR	2	CELLERE	ELSE	651	C01
R-22	730490.12	4714027.47	NC	3	VALENTANO	ELSE	682	C01
R-23	730488.55	4714108.23	NC	3	VALENTANO	ELSE	699	C01
R-24	730506.47	4714110.26	NC	3	VALENTANO	ELSE	710	C01
R-25	730505.99	4714134.5	C2	3	VALENTANO	ELSE	979	C01
R-26	730645.93	4714407.98	NC	3	VALENTANO	ELSE	827	C06
R-27	730462.62	4714421.8	C2	3	VALENTANO	ELSE	955	C01
R-28	730538.95	4714489.11	C2	3	VALENTANO	ELSE	353	C12
R-29	730572.87	4714503.16	C2	3	VALENTANO	ELSE	999	C01
R-30	730589.03	4714501.52	C2	3	VALENTANO	ELSE	1063	C01
R-31	730667.78	4714511.64	C2	3	VALENTANO	ELSE	492	C10
R-32	730058.36	4714453.37	A3	3	VALENTANO	RES	441	C10
R-33	730563.5	4714665.73	C2	3	VALENTANO	ELSE	670	C02
R-34	729108.5	4712775.52	D10	1	CELLERE	PROD_COMM	1038	C02
R-35	728704.64	4713151.54	A7	3	ISCHIA DI CASTRO	RES	754	C02
R-36	729131.99	4712562.02	C6	1	CELLERE	ELSE	742	C02
R-37	729151.65	4712556.7	C6	1	CELLERE	ELSE	352	C10
R-38	729386.33	4711959.64	NC	1	CELLERE	ELSE	521	C05
R-39	729730.96	4711816.31	NC	3	CELLERE	ELSE	484	C05
R-40	729787.74	4711835.8	C6	3	CELLERE	ELSE	284	C08
R-41	730155.75	4712123.67	A3	3	CELLERE	RES	348	C05
R-42	730221.03	4712477.34	C6	4	CELLERE	ELSE	391	C05
R-43	730241.31	4712525.52	A2	4	CELLERE	RES	215	C04
R-44	730644.31	4712571.91	A2	5	CELLERE	RES	290	C04
R-45	730899.6	4712708.2	D7	6	CELLERE	PROD_COMM	325	C04
R-46	731121.06	4712340.71	F2	4	CELLERE	ELSE	665	C04
R-47	731462.37	4712306.39	NC	6	CELLERE	ELSE	580	C11
R-48	731637.95	4712289.44	A7	3	PIANSANO	RES	686	C06
R-49	731682.9	4712307.06	A7	3	PIANSANO	RES	1047	C11
R-50	731935.69	4712326.74	A7	3	PIANSANO	RES	1036	C04
R-51	731804.1	4712723.68	C6	3	CELLERE	ELSE	962	C12
R-52	731789.56	4712729.28	C2	3	CELLERE	ELSE	1016	C04
R-53	731773.88	4712751.13	A4	3	PIANSANO	RES	994	C11

ID	Coordinata x	Coordinata y	Dest. Cat.	Classe PCCA	Comune di appartenenza	Destinazione associata per il calcolo	Distanza minima dall'aerogeneratore di progetto	
R-54	731721.68	4713067.39	A7	2	PIANSANO	RES	325	C12
R-55	731704.69	4713104.89	A2	2	PIANSANO	RES	407	C12
R-56	731696.65	4713143.78	A2	2	PIANSANO	RES	1113	C03
R-57	731676.77	4713180.47	A7	2	PIANSANO	RES	472	C06
R-58	731584.11	4713157.95	C2	2	CELLERE	ELSE	711	C12
R-59	731702.1	4713253.84	A2	2	PIANSANO	RES	887	C03
R-60	731443.14	4713203.99	A7	2	PIANSANO	RES	832	C03
R-61	731383.61	4713219.47	FCS	2	CELLERE	ELSE	881	C03
R-62	731412.16	4713294.7	A2	2	PIANSANO	RES	784	C11
R-63	731378	4713325.27	C2	2	CELLERE	ELSE	896	C03
R-64	731410.65	4713346.11	A7	2	PIANSANO	RES	938	C03
R-65	731436.41	4713391.92	A7	2	PIANSANO	RES	948	C03
R-66	731424.72	4713442.59	F3	3	CELLERE	ELSE	997	C03
R-67	731522.66	4713331	A7	2	PIANSANO	RES	320	C06
R-68	731564.64	4713326.41	A7	2	PIANSANO	RES	566	C06
R-69	731534.43	4713392.02	C2	3	CELLERE	ELSE	1089	C03
R-70	731609.41	4713360.94	A7	2	PIANSANO	RES	565	C03
R-71	731095.18	4713241.41	D10/F5	4	CELLERE	PROD COMM	678	C03
R-72	731084.89	4713468.05	D10	3	VALENTANO	PROD COMM	379	C10
R-73	731109.77	4713558.19	C2	3	VALENTANO	ELSE	807	C03
R-74	731136.66	4713600.47	A2	3	VALENTANO	RES	910	C03
R-75	731324.06	4713538.12	C2	3	VALENTANO	ELSE	829	C11
R-76	731335.94	4713609.94	C2	3	VALENTANO	ELSE	556	C04
R-77	730872.31	4711880.14	F2	1	CELLERE	ELSE	750	C04
R-78	730774.97	4711683.86	FD	1	CELLERE	ELSE	939	C04
R-79	730642.32	4711509	D1	1	CELLERE	PROD COMM	1119	C04
R-80	731089.91	4711349.05	F2	1	CELLERE	ELSE	494	C06
R-81	731850.23	4711534.77	D10	3	PIANSANO	PROD COMM	1768	C04
R-82	731770	4710949	C2	3	PIANSANO	ELSE	1075	C06
R-83	731525.78	4710875.28	NC	3	PIANSANO	ELSE	641	C06
R-84	731503.29	4710892.43	C2	3	PIANSANO	ELSE	645	C11
R-85	731846.16	4710452.88	C6	3	PIANSANO	ELSE	1748	C06
R-86	731696.78	4710384.45	C2	3	PIANSANO	ELSE	1783	C04
R-87	731164.7	4710685.24	D10	3	CELLERE	PROD COMM	804	C06
R-88	730871.22	4710766.92	F2	1	CELLERE	ELSE	1789	C05
R-89	730609.32	4710650.54	D10	3	CELLERE	PROD COMM	1875	C04
R-90	730716.23	4710559.71	NC	1	CELLERE	ELSE	1245	C06
R-91	730756.2	4710280.35	C2	1	CELLERE	ELSE	1489	C04
R-92	730901.9	4710946.46	NC	1	CELLERE	ELSE	1475	C04
R-93	731428.64	4711094.4	F2	1	CELLERE	ELSE	770	C12
R-94	731204.26	4711091.71	C2	1	CELLERE	ELSE	986	C12
R-95	730333.4	4711015.41	D10	1	CELLERE	PROD COMM	1396	C05
R-96	729915.91	4710905.53	F2	1	CELLERE	ELSE	760	C12
R-97	729586.21	4710913.04	D10	1	CELLERE	PROD COMM	313	C12
R-98	729443.51	4711144.15	C6	2	CELLERE	ELSE	1296	C05
R-99	729125.94	4711276.88	C6	1	CELLERE	ELSE	371	C10

Si riporta di seguito un estratto dell'elaborato in cui si riportano i ricettori localizzati planimetricamente.

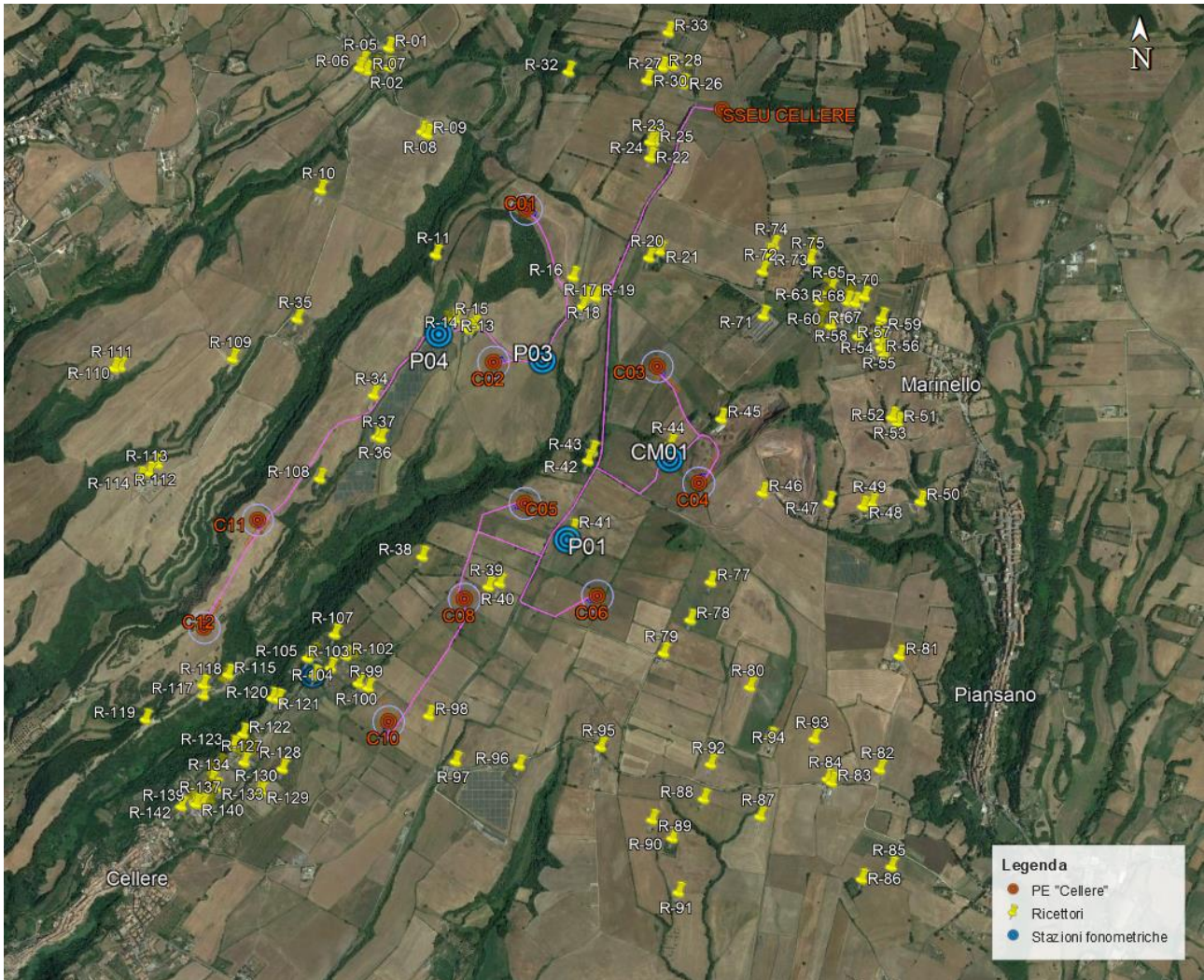


*Figura 15 – Collocazione geografica dei Ricettori rispetto alle turbine di impianto*

L'indagine ha previsto l'installazione di una postazione fissa di lungo periodo codificata come "CM01" all'interno dell'area di influenza del nuovo parco Eolico di progetto e precisamente in corrispondenza del ricettore abitativo R44 (la postazione individuata si trova a breve distanza da tre aerogeneratori C03, C04 e C05 posizionati in tre diverse direzioni). La misura ha avuto inizio il giorno 15 febbraio 2022 alle ore 17:40 ed è terminata il giorno 16/02/2022 alle 12:50. Durante le giornate di monitoraggio con centralina è stata eseguita anche un'ulteriore campagna di monitoraggio con misure di breve durata in più postazioni all'interno all'area del futuro parco eolico. In particolare, l'attività si è concentrata nell'area posta a Nord del parco dove sarà prevista una maggior presenza di aerogeneratori. Durante le misure fonometriche sono state svolte anche numerose misura della velocità e direzione del vento a terra mediante anemometro portatile (B-METER BP100).

Le 4 postazioni di misura sono state collocate in prossimità dei ricettori R41, R100/107, R16/18 e R12/13, più precisamente:

- Postazione **P01**, presso il Ricettore **R41**, in prossimità degli aerogeneratori **C05, C06 e C08**;
- Postazione **P02**, presso il gruppo Recettori **R100/107**, in prossimità degli aerogeneratori **C10 e C12**;
- Postazione **P03**, presso il gruppo Recettori **R16/18**, in prossimità degli aerogeneratori **C01, C02 e C03**;
- Postazione **P04**, presso il gruppo Recettori **R12 e R13**, in prossimità degli aerogeneratori **C02, e C11 e di due pale eoliche esistenti**;



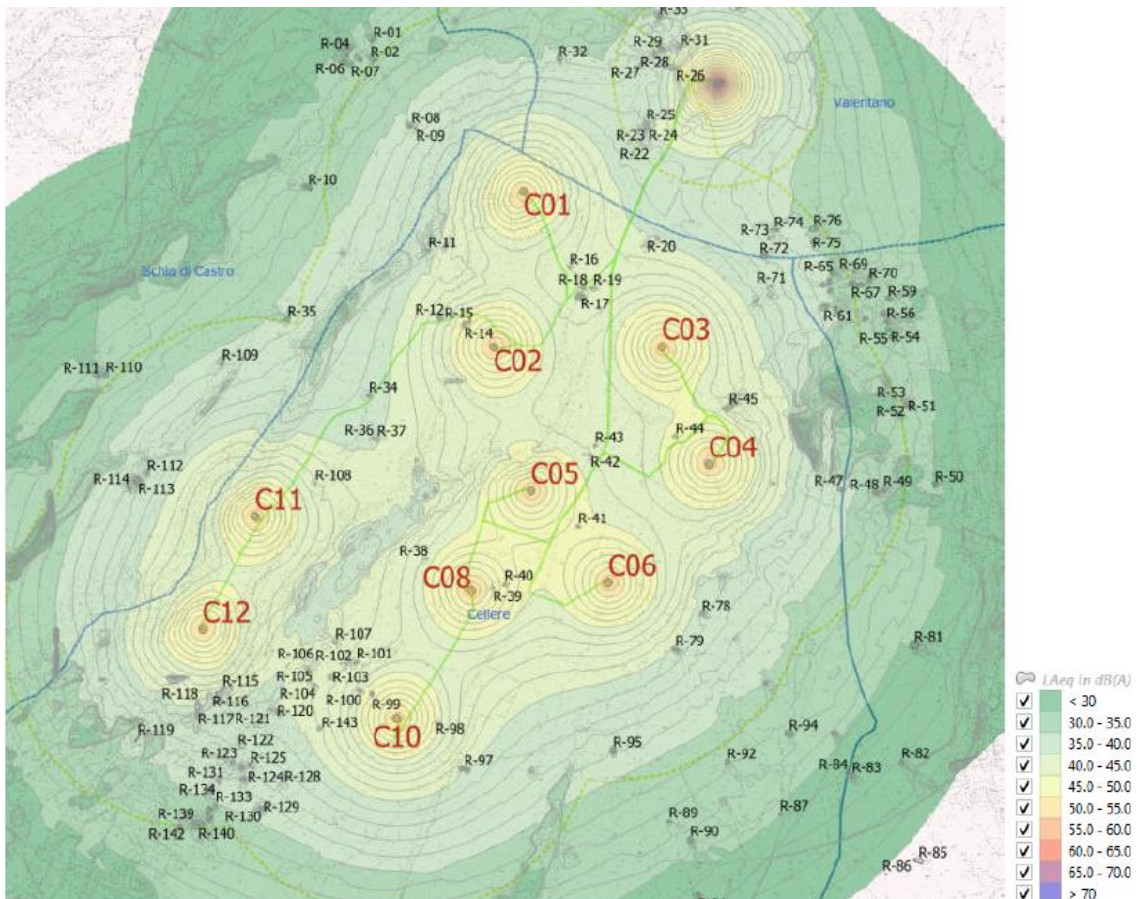
**Figura 16 – Collocazione geografica delle stazioni fonometriche**

Si riportano nella tabella seguente, in forma sintetica i risultati delle rilevazioni fonometriche effettuate durante la campagna di monitoraggio sopra riportata. Per quanto riguarda la postazione fissa li lungo periodo si riportano i dati relativi all'intero periodo di riferimento diurno e notturno:

Postazione	Periodo	Fascia oraria	ora inizio	Durata (min)	L <sub>Aeq</sub> dB(A)	Wind medio m/s	Direzione prevalente
P01	Notturno	22-23	15/02/2022 22:50	30	28.8	2.2	SSW
P01	Diurno	10-11	16/02/2022 10:22	30	42.9	0.8	SSW
P01	Diurno	11-12	16/02/2022 10:52	30	44.3	0.6	NNE
P02	Notturno	22-23	15/02/2022 22:50	30	34.5	2.2	SSW
P02	Diurno	10-11	16/02/2022 10:31	30	40.8	0.8	SSW
P02	Diurno	11-12	16/02/2022 11:01	30	36.8	0.6	NNE
P03	Notturno	23-00	15/02/2022 22:40	30	29.6	2.2	SSW
P03	Diurno	09-10	16/02/2022 09:26	30	36.3	0.5	NNE
P03	Diurno	10-11	16/02/2022 09:56	30	35.3	1.9	NNE
P04	Notturno	23-00	15/02/2022 23:40	30	29.6	2.2	SSW
P04	Diurno	09-10	16/02/2022 09:26	30	36.3	0.5	NNE
P04	Diurno	10-11	16/02/2022 09:56	30	35.3	1.9	NNE
CM01	Notturno	18:00 - 22:00 06:00 - 11:40	-	8 ore	33.8	-	NNE
CM01*	Diurno	22:00 - 06:00	-	10 ore	50.4	-	NNE SSW

Dalla tabella si evince come allo stato attuale non vi siano particolari criticità essendo i valori di emissione inferiori ai limiti di legge, fatta eccezione della misura corrispondente al periodo diurno nella postazione CM01, in quanto questa risulta essere influenzata dal rumore proveniente dalla vicina cava adibita ad attività estrattiva posta a nord della postazione di misura. Inoltre, durante i periodi presenziati di controllo della postazione si sono rilevati numerosi eventi legati a stormi di uccelli migratori che sostavano nelle siepi vicino alla postazione di misura.

Per l'analisi del calcolo previsionale si è fatto riferimento alle condizioni di potenziale massima criticità delle emissioni sonore per l'attività in esame. Le condizioni più gravose dal punto di vista acustico si avranno quando le sorgenti di rumore saranno in funzione contemporaneamente, di conseguenza prendendo in considerazione il funzionamento contemporaneo dei dieci aerogeneratori in progetto. Inoltre, per simulare correttamente la SSEU nel modello acustico è stata inserita una sorgente puntiforme al centro dell'area dove verrà realizzata l'opera, con una potenza sonora pari a 106 dB(A).



**Figura 17 – Mappe del rumore in fase di esercizio con massima emissione 104.3 dB(A)/cad**

Le condizioni acustiche sono state impostate assumendo il funzionamento di tutti gli aerogeneratori alla massima potenza con i ricettori sottovento per tutta la durata del periodo di riferimento.

ID	EMISSIONE		CLASSE ACUSTICA	VALORI LIMITE		VERIFICA
	DIURNO	NOTTURNO		DIURNO	NOTTURNO	
R-01	31.0	31.0	3	55	45	OK
R-02	32.6	-	3	55	45	OK
R-03	31.1	-	3	55	45	OK
R-05	30.0	30.0	3	55	45	OK
R-09	38.3	-	3	55	45	OK
R-10	33.1	-	3	55	45	OK
R-12	44.1	-	1	45	35	OK
R-13	44.9	<b>44.9</b>	1	45	35	-
R-14	47.2	-	1	45	35	OK
R-17	42.8	-	3	55	45	OK
R-18	40.7	-	3	55	45	OK
R-19	41.9	41.9	4	60	50	OK
R-21	39.5	39.5	2	50	40	OK
R-32	36.7	36.7	3	55	45	OK
R-34	39.4	-	1	45	35	OK
R-35	35.8	35.8	3	55	45	OK
R-41	44.6	44.6	3	55	45	OK
R-43	43.0	43.0	4	60	50	OK
R-44	46.3	46.3	5	65	55	OK
R-45	44.9	-	6	65	65	OK
R-46	42.6	42.6	4	60	50	OK
R-48	34.7	34.7	3	55	45	OK
R-49	33.4	33.4	3	55	45	OK
R-50	30.2	30.2	3	55	45	OK
R-53	31.6	31.6	3	55	45	OK
R-54	32.1	32.1	2	50	40	OK
R-55	32.0	32.0	2	50	40	OK
R-56	32.3	32.3	2	50	40	OK
R-57	32.4	32.4	2	50	40	OK
R-59	32.6	32.6	2	50	40	OK
R-60	35.8	35.8	2	50	40	OK
R-62	35.5	35.5	2	50	40	OK
R-64	34.5	34.5	2	50	40	OK
R-65	35.7	35.7	2	50	40	OK
R-66	35.8	35.8	2	50	40	OK
R-67	33.5	33.5	2	50	40	OK
R-68	32.8	32.8	2	50	40	OK
R-70	31.2	31.2	2	50	40	OK
R-72	40.1	-	3	55	45	OK
R-74	37.3	37.3	3	55	45	OK
R-79	40.8	-	1	45	35	OK
R-81	29.7	-	3	55	45	OK
R-87	29.6	-	3	55	45	OK
R-89	32.3	-	3	55	45	OK
R-95	36.2	-	1	45	35	OK
R-96	38.4	38.4	1	45	35	OK
R-97	41.2	-	1	45	35	OK
R-109	36.1	-	3	55	45	OK
R-111	31.8	31.8	3	55	45	OK

R-112	39.3	39.3	3	55	45	OK
R-113	38.7	-	3	55	45	OK
R-115	43.0	-	1	45	35	OK
R-116	41.6	-	1	45	35	OK
R-119	36.7	-	1	45	35	OK
R-123	38.6	38.6	3	55	45	OK
R-135	34.3	-	3	55	45	OK
R-136	32.9	-	3	55	45	OK
R-144	42.5	42.5	3	55	45	OK

Dai risultati sopra riportati si evidenzia come (con questa configurazione di emissione massima e continua) possano presentarsi potenziali criticità rispetto a quanto definito dal PCCA attuale (con particolare ai ricettori posti in classe I e II in prossimità delle pale). Nel confronto con i limiti di emissione è stata cautelativamente considerata (per i ricettori interessati) sia la Classe acustica I (come riporta il vigente PCCA). Pertanto, l'unico superamento del limite di emissione in corrispondenza del ricettore R13. Tuttavia, da una parte si evidenzia come il ricettore sia attualmente a livello di diruto dall'altra il livello effettivo risulta inferiore in base alle condizioni di vento prevalente.

L'alterazione acustica dell'area durante la costruzione dell'opera è riconducibile alle fasi di approntamento e di esercizio del cantiere, con la presenza di emissioni acustiche che in relazione alle varie attività di cantiere, possono essere di tipo continuo o discontinuo.

Tenuto conto delle caratteristiche costruttive delle opere da realizzare, le fasi cantieristiche caratterizzate dalle emissioni più rilevanti sono quelle relative ai movimenti terra e alla realizzazione delle opere civili, mentre la fase di montaggio delle apparecchiature elettromeccaniche determinerà emissioni sonore certamente più contenute.

In particolare, si avranno quattro macro-fasi principali:

- Opere civili (allestimento area di cantiere, adeguamento viabilità interna e piazzole, adeguamento viabilità esterna, ripristino ante operam viabilità esterna);
- Cavidotti e cavi;
- Aerogeneratori (scavo fondazione, realizzazione fondazione, trasporto aerogeneratori, montaggio)
- Costruzione SSE Utente

Secondo quanto riportato nei documenti progettuali e secondo quanto emerso dall'analisi delle lavorazioni, l'intera opera può essere suddivisa in due tipologie di cantiere, di seguito definiti:

- Cantieri fissi: in corrispondenza di dieci aerogeneratori e della SSEU.
- Cantieri mobili in corrispondenza delle strade di connessione e del tracciato del cavidotto.

Per tutte le fasi di cantiere mobile, trattandosi dunque di cantiere non fisso, ma in movimento, i ricettori considerati nella valutazione saranno soggetti ai valori massimi, solo per periodi molto brevi corrispondenti alle lavorazioni svolte nelle



immediate vicinanze degli stessi. Per quanto riguarda i cantieri fissi i ricettori saranno soggetti invece a rumore proveniente dalle lavorazioni per tutta la durata delle stesse. Su tali cantieri si dovranno dunque prevedere, dove ritenuto necessario, accorgimenti tecniche procedurali al fine di limitare il disturbo.

Per lo svolgimento dei lavori sono stati inseriti i macchinari che effettivamente potranno essere utilizzati in fase di cantiere.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche acustiche di alcuni macchinari utilizzati per le varie lavorazioni:

MACCHINARIO	POTENZA SONORA
Escavatore idraulico	101 dB(A)
Miniescavatore	95 dB(A)
Pala caricatrice	109 dB(A)
Autocarro con braccio gru	92 dB8A)
Autocarro	101 dB(A)
Autobetoniera	90 dB(A)
Main Crane	109 dB(A)
Martello demolitore	110 dB(A)
Trivellatore TOC	104 dB(A)
Autopompa	90 dB(A)
Terna	103 dB(A)
Rullo compattatore	107 dB(A)
Scarificatrice	102 dB(A)
Vibrofinitrice	108 dB(A)

Si riporta nella tabella successiva il livello di potenza sonora LW(A) della fase lavorativa sulla base delle analisi contenute nelle tabelle precedenti. Al fine del calcolo è stata considerata sia la condizione più gravosa (cioè quella rappresentata dal macchinario con la maggior potenza sonora) che quella derivante dalla eventuale somma energetica dei macchinari che possono lavorare contemporaneamente in detta situazione (quantificabile in poche ore al giorno).

Fase	Descrizione	LW(A) Max	LW(A) Tot
<b>1</b>	<b>OPERE CIVILI</b>		
1.1	Allestimento Area di Cantiere	109	113
1.2	Adeguamento Viabilità interna e piazzole	109	116
1.3	Adeguamento Viabilità esterna	113	122
1.4	Ripristino ante operam viabilità esterna	109	117
<b>2</b>	<b>CAVIDOTTI E CAVI</b>		
	Fase cavidotti	105	112
<b>3</b>	<b>AEROGENERATORI</b>		
3.1	Fondazioni	110	118
3.2	Trasporto aerogeneratori	101	110
3.3	Montaggio aerogeneratori	109	118
<b>4</b>	<b>SSE UTENTE</b>		
	Fase sottostazione elettrica	113	121

La valutazione dell'impatto acustico delle attività di cantiere, è stata effettuata considerando il macchinario, o l'insieme dei macchinari in caso di lavorazioni contemporanee, come sorgenti puntiformi in quanto la distanza di misura dalla sorgente al ricettore è sempre maggiore di due volte la massima dimensione caratteristica della sorgente.

Inoltre, la valutazione viene svolta con riferimento ai ricettori maggiormente esposti alle corrispondenti lavorazioni cioè quelli contenuti entro 1000 metri dalle lavorazioni (il ricettore non viene riportato se si trova ad una distanza superiore).

La formula utilizzata per la stima del livello di pressione sonora in facciata al ricettore di riferimento è la seguente:

$$Lp1 = Lw - 20 \cdot \log_{10}(R) - 11 + s + f$$

Dove:

- Lp1 è il livello di pressione sonora stimato in facciata al ricettore in dB(A);
- R è la distanza tra sorgente e ricettore in (m);
- Lw è il livello di potenza sonora della sorgente sonora;
- "f" correzione, +3 dB(A), per considerare la riflessione della facciata;
- "s" correzione, +3 dB(A), per considerare il fatto che il macchinario è appoggiato a terra su terreno compatto;

Di seguito vengono quindi riportati i valori massimi calcolati a cui sono esposti i recettori durante le lavorazioni (macrofasi lavorative) nelle condizioni più gravose, cioè quella rappresentata dalla eventuale somma energetica dei macchinari che possono lavorare contemporaneamente in detta situazione (tra l'altro per una durata limitata, quantificabile in poche ore al giorno circa otto ore).

ID	STRADALE	SSEU	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C08	C10	C11	C12
R-01									53	59	51	53
R-02	44		50							54		51
R-05								56	65	51		
R-08	48		54									
R-09	48		54							51		53
R-10	45											
R-100	56									50		52
R-101	53											54
R-102	52											50
R-103	52											
R-104	51											
R-105	50											
R-106	50											
R-107	50											
R-108	64											50
R-109	48											50
R-11	53		55	55								
R-110										52		54
R-111										52		51
R-112	49											
R-113	48								51	58		
R-114	48								53	63		51
R-115	54											51
R-116	54											
R-117	52											
R-118	53											
R-119	48											
R-12	80		52	60			50					
R-120	49											
R-121	50											
R-122	48											
R-123	47											
R-124	47									54	50	55
R-125	47											
R-126	47								50		59	51
R-127	46											
R-128	49											
R-129	47									54	50	56
R-13	76		53	61			50		51	56	52	55
R-130	47											
R-131	46											
R-132	46											51
R-133	45											
R-134	45											
R-135	45											
R-136	45											
R-137	44											
R-138	44											
R-139	44											
R-14	69		53	65	50		51		53	64		
R-140	44								53	65		51
R-141	45									52		53

ID	STRADALE	SSEU	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C08	C10	C11	C12
R-142	44								52	58	51	53
R-143	53											
R-15	73		53	65	50		51		51		53	
R-16	74		57	55	54			55	69	52		
R-17	71		54	56	56		50					
R-18	77		55	55	56					52		51
R-19	72		54	55	57							
R-20	62		53	51	56							
R-21	60		53	50	55				51	56	52	55
R-22	64	59	54									
R-23	61	60	53									
R-24	62	60	53						51		53	
R-25	62	61	53									
R-26	65	66	50									
R-27	56	61	51					52				
R-28	57	62	50									
R-29	57	63	50							50	50	59
R-30	58	63	50									
R-31	59	65										
R-32	48	55	53						53	56	53	54
R-33	53	60							51	57	51	54
R-34	77			53			51					
R-35	49											
R-36	59			52			52					
R-37	59			53								
R-38	57						54		53	59	51	52
R-39	63						56					
R-40	62						56			52		53
R-41	65			50	50	53	61	51	61	52	51	
R-42	71			53	54	55	59					
R-43	70			53	54	55	58				54	52
R-44	74				57	63	52					51
R-45	69				57	61			51	53		
R-46	54				51	60						
R-47	48					54						
R-48	46					52					55	52
R-49	46					51		53	50			
R-51	45											
R-52	45											50
R-53	45											
R-54	45										50	
R-55	45									51	51	60
R-56	44									50		58
R-57	44											
R-58	45							57				
R-59										52		53
R-60	46				51	50		50				
R-61	46				52	50						51
R-62	46				51							
R-63	46				51						52	
R-64	45				51							
R-65	45				51							
R-66	45				50							
R-67	45				50							
R-68	44							60	54			
R-69	44							55				
R-71	49				55	51						
R-72	47				53			51				
R-73	47				52					58		52
R-74	48				52							
R-75	45				51							
R-76	46				50						52	
R-77	49					55						
R-78	50					53						51

ID	STRADALE	SSEU	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C08	C10	C11	C12
R-79	51					51						
R-80	45											
R-81								56				
R-84								54	51			
R-85											54	52
R-88								52				
R-94										52		52
R-95	46											50
R-96	48											
R-97	53									51		52
R-98	62									51	51	60
R-99	59											

In riferimento ai livelli nelle tabelle precedenti è possibile affermare, senza necessità di ulteriori approfondimenti, che durante le fasi di cantiere, presso alcuni ricettori, saranno presenti criticità sia sul rispetto dei limiti assoluti (emissione ed immissione) di zona definito dai piani di classificazione acustica comunali sia sul rispetto del criterio differenziale di immissione. In base alle analisi condotte si ritiene dunque necessario procedere con la richiesta di autorizzazione in deroga.

**Per quanto riguarda la fase di esercizio,** in base ai risultati delle simulazioni effettuate inserendo nel modello acustico le sorgenti di pertinenza dell'impianto eolico nelle condizioni di esercizio (diurno e notturno), si possono trarre le seguenti considerazioni con riferimento ai limiti stabili dal D.P.C.M 14.11.1997;

- le sorgenti di rumore principali a servizio dell'impianto eolico, di futura costruzione, producono livelli in facciata ai ricettori entro i limiti di emissione della Classe acustica.
- Per quanto riguarda gli effetti cumulativi e il confronto con il limite assoluto di immissione, stante i ridotti livelli di emissioni prodotti dall'intervento di progetto, eventuali superamenti del limite sono certamente imputabili alla variabilità del rumore residuo piuttosto che al contributo della sorgente specifica

**Per quanto riguarda la fase di cantiere,** dall'analisi dei risultati riportati nelle tabelle è possibile affermare che durante le fasi di cantiere sono previsti superamenti sia in riferimento ai limiti assoluti di zona definiti dai piani comunali di classificazione acustica sia in riferimento al criterio differenziale di immissione. In base alle analisi condotte si ritiene dunque necessario procedere con la richiesta di autorizzazione in deroga secondo le modalità definite da ogni comune interessato.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'elaborato "Valutazione previsionale di impatto acustico e di clima acustico per la realizzazione di un impianto eolico da 60 mw".

## 6.2. CAVIDOTTI

### 6.2.1. Generalità

Coerentemente con la suddivisione in sotto campi di cui si è già parlato, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso le SSEU 30/150 kW è articolato su n. 3 distinte linee elettriche a 30 kV, una per ciascun sottocampo. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari al massimo a 630 mm<sup>2</sup>.

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sotto campo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari a crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore.

Linea MT 1 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	C12>>C11	128,30	871	120	46,0	0,153	8,4	0,000	ST - Trifoglio
2	C11>>C02	256,60	2199	185	168,0	0,560	55,6	0,000	ST - Trifoglio
3	C02>>C01	384,90	1430	400	100,5	0,335	40,5	0,000	ST - Trifoglio
4	C01>>SSEU	513,20	2238	630	162,8	0,543	75,2	0,000	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>6738</b>		<b>477</b>	<b>1,59</b>	<b>179,73</b>	<b>0,001</b>	

Linea MT 2 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	C10>>C08	128,30	1180	120	62,3	0,208	11,4	0,000	ST - Trifoglio
2	C08>>C05	256,60	928	185	70,9	0,236	23,5	0,000	ST - Trifoglio
3	C05>>SSEU	384,90	3481	400	244,5	0,815	98,7	0,001	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>4409</b>		<b>315</b>	<b>1,05</b>	<b>122,17</b>	<b>0,001</b>	

Linea MT 3 - in cavo unipolare posato a trifoglio (Impianto Utente)									
N° WTG	TRATTA	In [A]	Lunghezza [m]	Sez. cavo [mmq]	C.d.t. [V]	C.d.t. [%]	Ploss [kW]	Ploss [%]	Posa
1	C06>>C04	128,30	2493	120	131,5	0,438	24,1	0,000	ST - Trifoglio
2	C04>>C03	256,60	979	185	74,8	0,249	24,8	0,000	ST - Trifoglio
3	C03>>SSEU	384,90	3005	400	211,1	0,704	85,2	0,000	ST - Trifoglio
<b>TOTALE</b>			<b>6477</b>		<b>417</b>	<b>1,39</b>	<b>134,09</b>	<b>0,001</b>	

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, ad una profondità di 1,2 m dal piano di calpestio. In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

Per il dettaglio dei tipologici di posa, si rimanda all'elaborato dedicato a tale scopo.

### 6.2.2. Dati tecnici del cavo utilizzato

Sono stati adottati cavi in alluminio – ARP1H5(AR)E 18/30 kV. La Norma CEI 20-13 "Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV" definisce le principali regole costruttive per i cavi isolati con gomme di qualità G5 e G7 a base di elastomeri etilenpropilenici e stabilisce le prescrizioni di prova a cui devono rispondere nel collaudo. Il paragrafo "Portate di corrente" afferma che per le portate in regime permanente si deve fare riferimento alla Norma CEI 20-21 "Calcolo delle portate dei cavi elettrici in regime permanente (fattore di carico 100%)" e alle tabelle CEI-UNEL 35027 (nel nostro caso). La Norma CEI-UNEL 35027 è ricavata dalla serie di Norme CEI 20-21 (recepimento della Norma IEC 60287 - serie) ed incorpora la revisione dei valori delle portate in corrente citate nelle Norme CEI. Poiché la sezione massima dei conduttori citata in questa Norma è di 300 mm<sup>2</sup> (cavi in Cu e Al), per i valori di portata in

corrente in regime permanente di cavi di dimensioni superiori rimanda alle specifiche tecniche rilasciate dai costruttori per i cavi costruiti in conformità alla CEI 20-13.

## ARP1H5(AR)E Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV

## ARP1H5(AR)EX Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV



**Figura 18** – Cavi MT utilizzati

**ARP1H5(AR)E** *P-Laser* **AIR BAG™**  
 CABLE SYSTEM

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV  
 Single core 12/20 kV and 18/30 kV

**Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)E**

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

**Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV**

50	8,2	18,0	31	720	440
70	9,7	19,1	32	810	450
95	11,4	20,6	34	920	480
120	12,9	22,1	35	1040	490
150	14,0	23,4	37	1150	520
185	15,8	25,6	39	1330	550
240	18,2	27,8	41	1570	580
300	20,8	31,0	45	1840	630
400	23,8	34,9	49	2310	690
500	26,7	37,1	52	2720	730
630	30,5	41,5	57	3300	800

**Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV**

50	8,2	24,8	38	1060	540
70	9,7	25,1	38	1110	550
95	11,4	26,0	39	1200	560
120	12,9	26,9	40	1300	580
150	14,0	27,6	41	1390	580
185	15,8	29,0	42	1540	610
240	18,2	31,4	45	1790	630
300	20,8	34,6	49	2160	690
400	23,8	37,8	53	2570	750
500	26,7	40,9	56	3020	790
630	30,5	45,5	61	3640	860

**ARP1H5(AR)EX** *P-Laser* **AIR BAG™**  
 CABLE SYSTEM

Elica visibile 12/20 kV e 18/30 kV  
 Triplex 12/20 kV and 18/30 kV

**Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5(AR)EX**

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	peso del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	weight	minimum bending radius
(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

**Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV**

50	8,2	18,0	31	2150	660
70	9,7	19,1	32	2420	680
95	11,4	20,6	34	2760	720
120	12,9	22,1	35	3130	740
150	14,0	23,4	37	3460	780
185	15,8	25,6	39	3990	820
240	18,2	27,8	41	4700	870
300	20,8	31,0	45	5520	950

**Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV**

50	8,2	24,8	38	3180	800
70	9,7	25,1	38	3340	800
95	11,4	26,0	39	3610	820
120	12,9	26,9	40	3900	840
150	14,0	27,6	41	4180	870
185	15,8	29,0	42	4620	890
240	18,2	31,4	45	5380	950
300	20,8	34,6	49	6500	1030

**Figura 19 – Caratteristiche tecniche dei cavi MT utilizzati**

Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavi, con conduttore in alluminio, che verranno posati ad una profondità di circa 0,8 m con una protezione meccanica (lastra o tegolo) ed un nastro segnalatore.

**6.2.3. Dimensionamento dei cavi in funzione delle condizioni di posa**

La Norma CEI UNEL 35027 - "Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata", fornisce le portate in corrente dei cavi unificati MT in funzione delle condizioni di posa in terra ed in aria.

Per cavi interrati di queste categorie di tensioni viene fornita la portata in corrente di riferimento I<sub>0</sub> nelle seguenti condizioni:

- Ta temperatura ambiente 20 °C;
- Profondità di posa 1,0 m;



- Rt resistività termica media radiale del terreno 2,0 k\*m/W;
- Connessione schermi metallici in cortocircuito e a terra ad entrambe le estremità (solid bonding)

Per condizioni diverse viene fornita poi la seguente formula correttiva:

$$I_z = I_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4$$

Dove:

- I<sub>z</sub> portata in corrente nelle condizioni in esame;
- I<sub>0</sub> portata in corrente nelle condizioni di riferimento;
- K<sub>1</sub> fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C;
- K<sub>2</sub> fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano;
- K<sub>3</sub> fattore di correzione per profondità di interramento diverse da 0,8 m;
- K<sub>4</sub> fattore di correzione per resistività termica del terreno diversa da 1,5 k\*m/W.

Le condizioni di posa dei cavi MT impiegati nel progetto in oggetto differiscono dalle condizioni di riferimento poiché:

- La profondità di interramento è pari a 0,8 m: K<sub>3</sub> = 1,00

Tab. IV **Fattori di correzione per differenti valori di profondità di posa**

Profondità di posa (m)	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5
Fattore di correzione	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94

- È stata considerata una resistività termica del terreno pari a 1,5 k\*m/W (terreno secco): K<sub>4</sub> = 1,00

Tab. V **Fattori di correzione per differenti valori di resistività termica del terreno**

Resistività del terreno (K*m/W)	Cavi unipolari				
	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
Fattore di correzione	1,08	1,05	1,00	0,90	0,82

- È stato considerato il caso peggiore di raggruppamento dei circuiti presenti nello stesso strato (in questo progetto) 2 circuiti nello stesso strato distanziati tra loro 25 cm: K<sub>2</sub> = 0,85

**Tab. III Fattori di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano**

Numero di cavi	Distanza fra i circuiti <sup>(a)</sup> (m)			
	a contatto	0,25	0,5	1
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,90

- Resta invariata la temperatura del terreno pari a 20 °C:  $K_1 = 1$

Pertanto la formula diventa:

$$I_z = I_0 * 0,9 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = I_0 * 0,833$$

Si riporta di seguito la tabella delle portate in corrente dei cavi scelti alle condizioni di riferimento e alle condizioni operative impiegate nel progetto.

Valori di  $I_0$  alle condizioni di riferimento:

Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
70	212	0,3420	0,15	0,37
95	254	0,2460	0,14	0,28
120	290	0,1960	0,14	0,24
150	324	0,1590	0,13	0,21
185	368	0,1280	0,13	0,18
240	428	0,0985	0,12	0,16
300	486	0,0797	0,12	0,14
400	557	0,0638	0,11	0,13
500	636	0,0517	0,11	0,12
630	725	0,0425	0,10	0,11

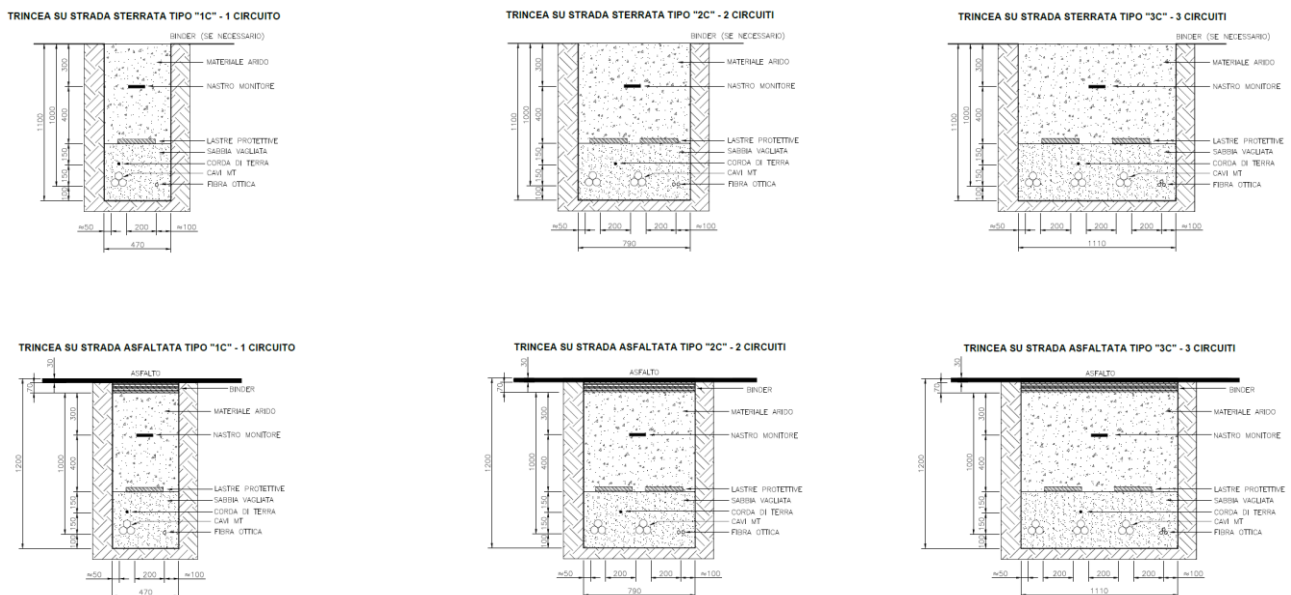
Valori di  $I_z$  alle condizioni operative, (applicando i coefficienti correttivi):

Sezione nominale [mm <sup>2</sup> ]	Portata [A] (Trifoglio)	Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]	Reattanza di fase [Ohm/km]	Impedenza a 90°C e 50 Hz [Ohm/km]
70	176,60	0,3420	0,15	0,37
95	211,58	0,2460	0,14	0,28
120	241,57	0,1960	0,14	0,24
150	269,89	0,1590	0,13	0,21
185	306,54	0,1280	0,13	0,18
240	356,52	0,0985	0,12	0,16
300	404,84	0,0797	0,12	0,14
400	463,98	0,0638	0,11	0,13
500	529,79	0,0517	0,11	0,12
630	603,93	0,0425	0,10	0,11

#### 6.2.4. Opere civili cavidotti

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,2 m dal piano di calpestio. I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligatoria che per una terna avrà una larghezza di 47 cm, di 79 cm per due terne, mentre di 1,11 m per tre terne.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.



**Figura 20 – Sezioni trincee per posa cavidotti MT**

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

Le macchine saranno suddivise in due sottocampi composti rispettivamente da tre e due macchine, a seconda della viabilità esistente, collegate tra loro attraverso uno degli scomparti di media tensione della macchina più vicina al punto di raccolta.

**Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco, nell'ipotesi in cui vengano realizzati contestualmente, saranno le seguenti:**

- FASE 1 (apertura delle piste laddove necessario):
  - o apertura delle piste e stesura della fondazione stradale per uno spessore di cm 40;
- FASE 2 (posa cavidotti);
  - o Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,30 m dalla quota di progetto stradale finale;
  - o collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
  - o collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
  - o collocazione della fibra ottica;
  - o rinterro con materiale granulare classifica A1 secondo la UNI CNR 10001 e s.m.i.
  - o rinterro con materiale proveniente dagli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
  - o collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
  - o rinterro con materiale proveniente dagli scavi del pacchetto stradale precedentemente steso (in genere 40 cm);
- FASE 3 (finitura del pacchetto stradale):
  - o Stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo).

**Le modalità di esecuzione dei cavidotti su strade di parco, qualora i cavidotti vengano posati precedentemente alla realizzazione della viabilità, saranno suddivise nelle seguenti fasi.**

- FASE 1 (posa dei cavidotti):
  - o Scavo a sezione obbligata fino alla profondità relativa di -1,30 m dalla quota di progetto stradale finale;
  - o collocazione della corda di rame sul fondo dello scavo e costipazione della stessa con terreno vagliato proveniente dagli scavi;
  - o collocazione delle terne di cavo MT, nel numero previsto come da schemi di collegamento;
  - o collocazione della fibra ottica;
  - o rinterro con sabbia o misto granulare stabilizzato con legante naturale, vagliato con pezzatura idonea come da specifiche tecniche, per uno spessore di 20 cm;
  - o rinterro con materiale degli scavi compattato, per uno spessore di 25 cm;
  - o collocazione di nastro segnalatore della presenza di cavi di media tensione;
  - o collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo

- (Classe A1 UNICNR10006) fino al raggiungimento della quota della strada esistente.
- **FASE 2** (finitura del pacchetto stradale):
  - Collocazione di fondazione stradale con materiale proveniente dagli scavi se idoneo (Classe A1 UNICNR10006) fino alla profondità relativa di -0,20 m dalla quota di progetto stradale finale; stesura dello strato di finitura stradale pari a 20 cm fino al piano stradale di progetto finale con materiale proveniente da cava o da riutilizzo del materiale estratto in situ (vedi piano di utilizzo in situ delle terre e rocce da scavo).

### 6.2.5. Fibra ottica di collegamento

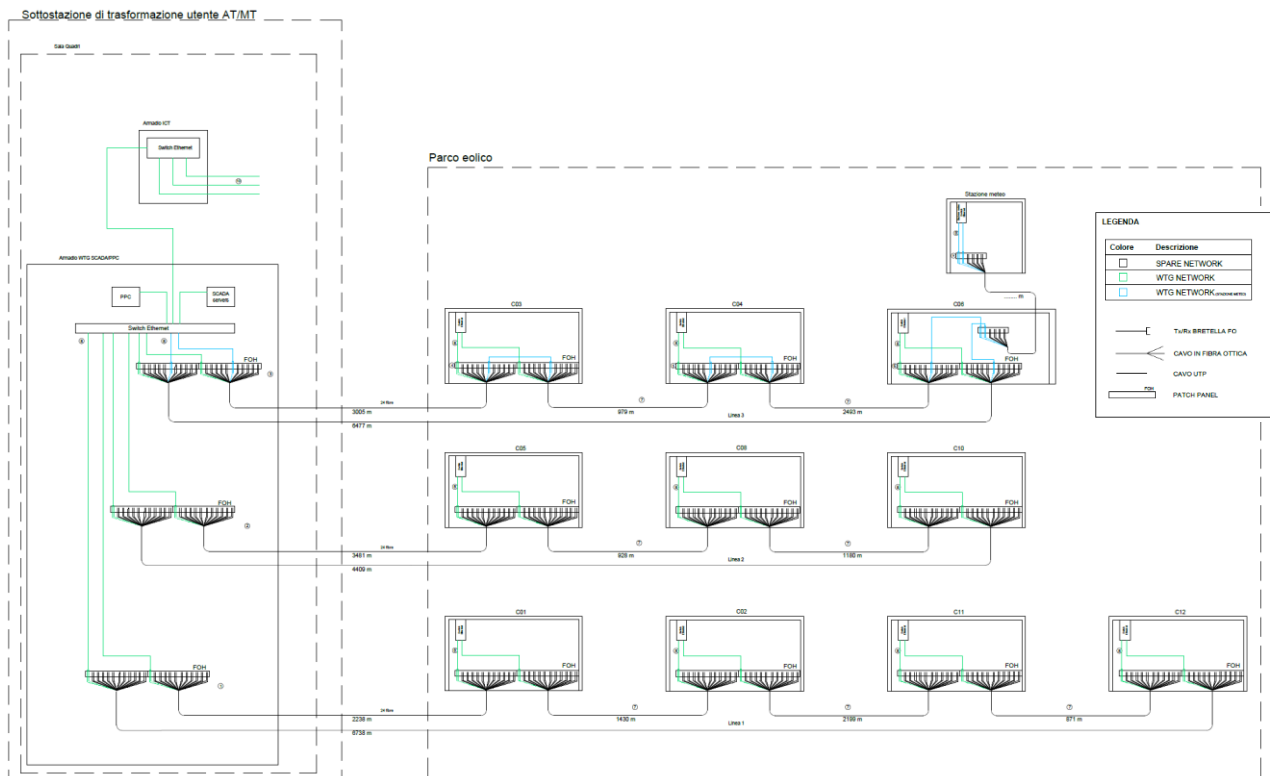
Per permettere il monitoraggio e controllo dei singoli aerogeneratori, il presente progetto prevede la realizzazione di un nuovo sistema di telecontrollo, il quale sovrintenderà al funzionamento del parco eolico in esame.

Per la realizzazione del sistema si farà uso di un collegamento in fibra ottica, in configurazione entra-esce da ciascun aerogeneratore.

Lo schema di collegamento del sistema di monitoraggio segue la stessa logica dello schema di collegamento elettrico riportato nel capitolo precedente.

In particolare, si farà uso di un cavo in fibra ottica mono-modale da 12 fibre 9/125/250, 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.

Le fibre devono essere corredate di tutti gli accessori necessari alla loro giunzione ed attestazione.



**Figura 21 – Schema rete fibra ottica**



#### 6.2.6. Sistema di terra

Il sistema di terra del parco eolico è 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 consisterà in più anelli dispersori concentrici, collegati radialmente fra loro, e collegati in più punti anche all'armatura del plinto di fondazione.

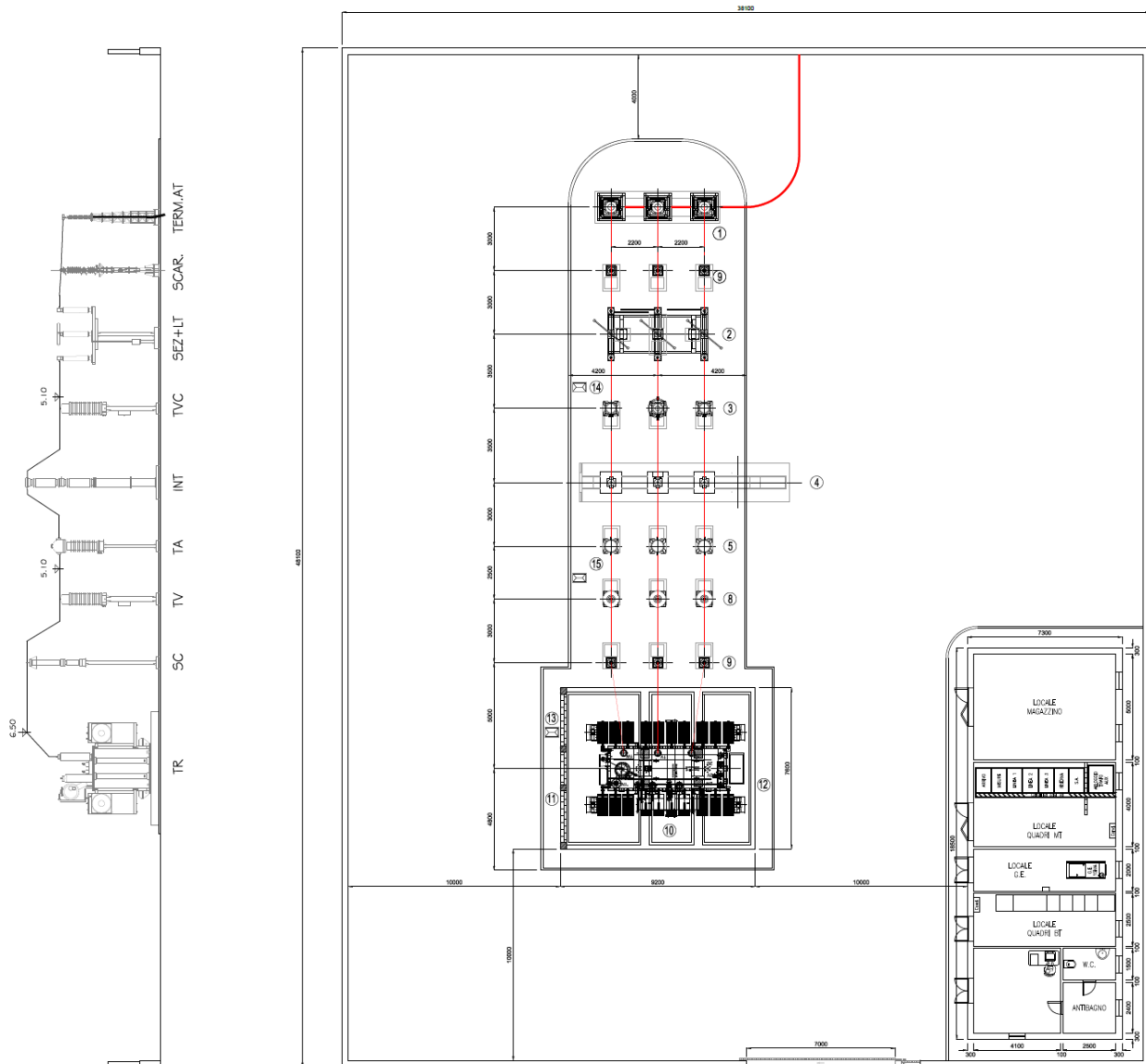
Il conduttore di terra di collegamento tra i vari aerogeneratori consiste invece in una corda di rame nudo da 50 mm<sup>2</sup>, posta in intimo contatto con il terreno.

Particolare attenzione va posta agli attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto. Per evitare infatti che in caso di guasto si possa verificare il trasferimento di potenziali dannosi agli elementi sensibili circostanti, quali altri sotto-servizi, acquedotti, tubazioni metalliche, ecc. ecc., verrà utilizzato in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza, un cavo Giallo/Verde di diametro 95mm<sup>2</sup> del tipo FG7(O)R, opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, tale da garantire una resistenza pari a quella della corda di rame nudo di 50 mm<sup>2</sup>.

### 6.3. STAZIONE DI UTENZA

La stazione di trasformazione utente, riceve l'energia proveniente dal parco eolico e la eleva alla tensione di 150kV.

La stazione utente sarà costituita da due sezioni, in funzione dei livelli di tensione: la parte di media tensione, contenuta all'interno delle cabine di stazione e dalla parte di alta tensione costituita dalle apparecchiature elettriche con isolamento in aria, ubicate nell'area esterna della stazione utente. Le cabine di stazione sono costituiti dai locali contenenti i quadri di MT con gli scomparti di arrivo/partenza linee dagli aerogeneratori, dagli scomparti per alimentare il trasformatore BT/MT dei servizi ausiliari di cabina, dagli scomparti misure e protezioni MT e dagli scomparti MT per il collegamento ai trasformatori MT/AT, necessari per il collegamento RTN. La sezione di alta tensione della stazione utente è costituita da un sistema a singola terna di sbarre con due stalli trasformatore AT/MT.



**Figura 22 – Planimetria e sezione elettromeccanica SSE Utente**

La stazione di trasformazione è costituita da uno stallo trasformatore elevatore. Lo stallo trasformatore è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore elevatore 30/150 kV da 80 MVA ONAN;
- Scaricatori di sovratensione per reti a 150 kV con sostegno;
- Trasformatori di corrente e di tensione con sostegni, per misure e protezioni;
- Armadio di smistamento in prossimità dei TA e TV;
- Interruttore tripolare 170 kV;
- Sezionatore tripolare orizzontale 145-170 kV con lame di terra.
- Scaricatore di sovratensione;
- Terminali per cavi AT.

L'impianto viene completato dalla sezione MT/BT, la quale risulterà composta da:

- Quadri MT a 30 kV, completi di:
- Scomparti di sezionamento linee di campo;
- Scomparti misure;
- Scomparti protezione generale;
- Scomparto trafo ausiliari;
- Trasformatore MT/BT servizi ausiliari 30/0,4 kV da 100 kVA;
- Quadri servizi ausiliari;
- Quadri misuratori fiscali;
- Sistema di monitoraggio e controllo.

#### 6.4. OPERE ELETTRICHE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN

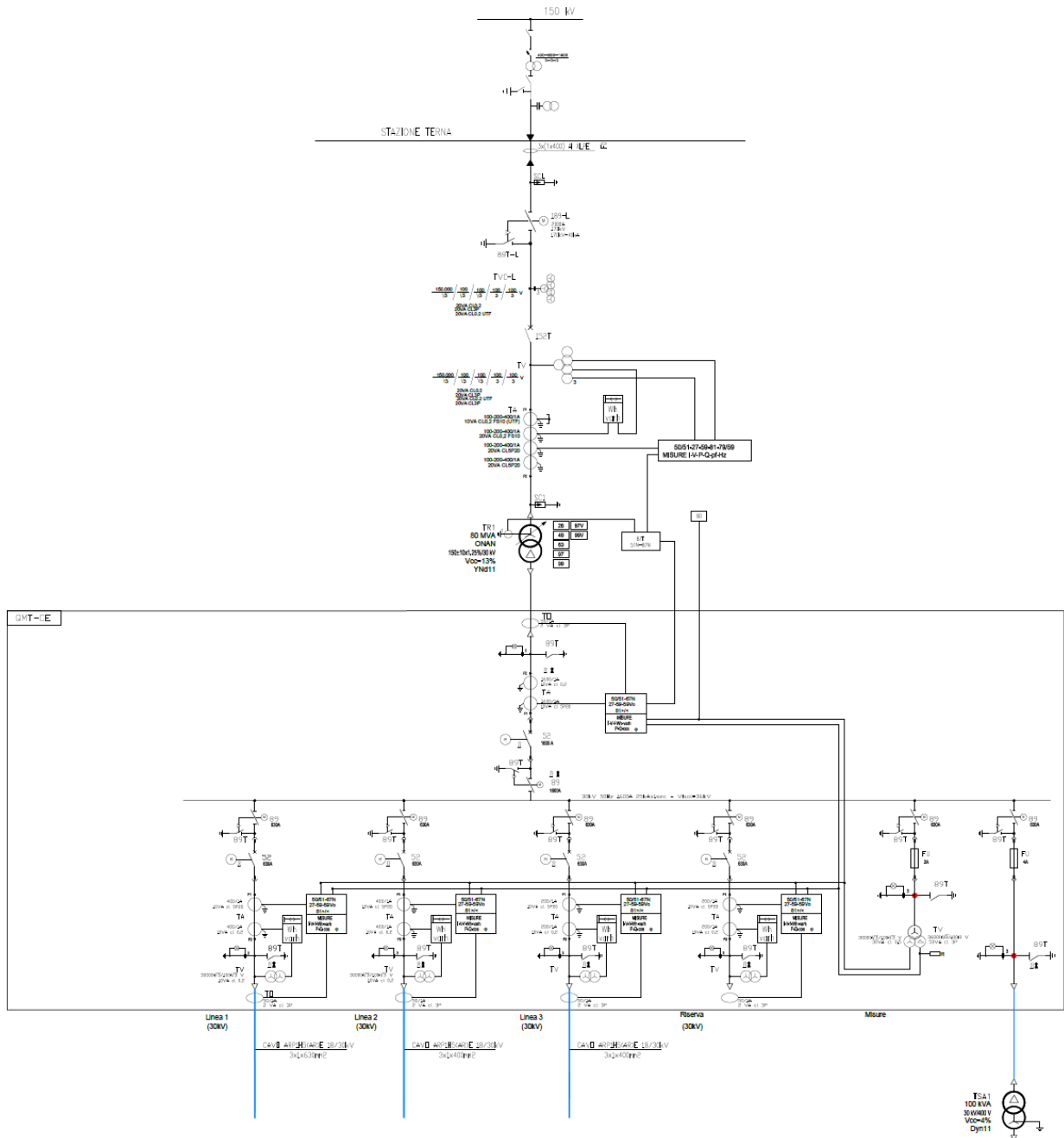
La soluzione di connessione alla RTN proposta dal Gestore di Rete Terna S.p.A. e accettata dal proponente dell'impianto (CODICE PRATICA: 202002511), prevede l'inserimento dell'impianto nella RTN mediante collegamento in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica a 150 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV “Latera - S. Savino”, previa realizzazione di:

- un ampliamento della stazione RTN a 150 kV di Arlena;
- un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento dalla nuova SE RTN, con l'ampliamento della SE RTN di Arlena;
- potenziamento/rifacimento della linea RTN a 150 kV “Latera - S. Savino”, nel tratto tra la nuova SE suddetta e la CP San Savino;
- potenziamento/rifacimento della linea RTN a 150 kV “San Savino - Montefiascone”;



- raccordi RTN a 150 kV, di cui al Piano di Sviluppo Terna, di collegamento della linea RTN a 150 kV “Arlena SE – Canino” con la stazione elettrica di trasformazione RTN 380/150 kV di Tuscania.

Viene di seguito mostrato lo schema elettrico unifilare SSEU e RTN:



***N.B.: Tutti i materiali, le apparecchiature, i manufatti ed i componenti utilizzati per la progettazione, sono indicativi e potranno essere soggetti a variazioni dovute all’evoluzione tecnologica degli stessi ed alle disponibilità di mercato, pur mantenendo le loro caratteristiche funzionali indicate nel progetto.***

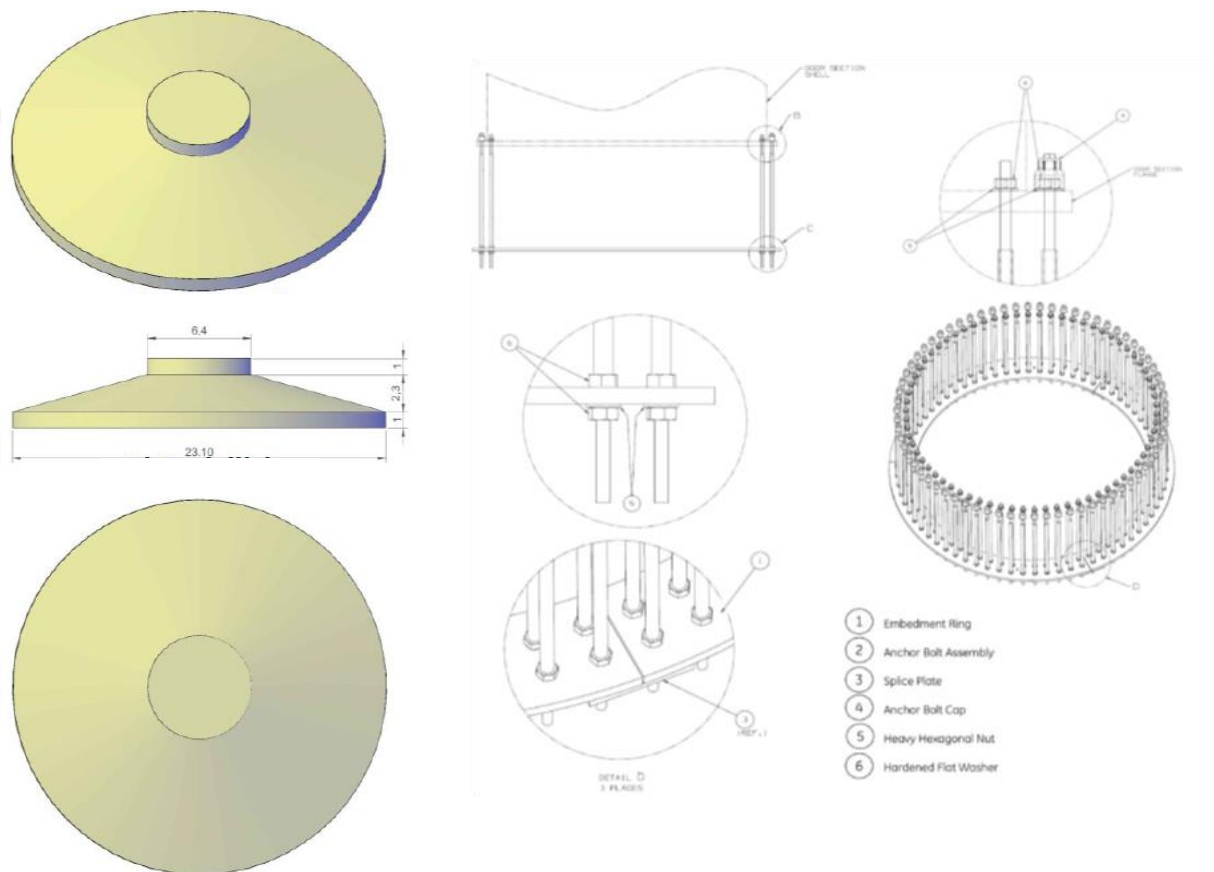
## 7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI

### 7.1. FONDAZIONE AEROGENERATORE

Il dimensionamento effettuato in questa fase tiene conto del modello di aerogeneratore, scelto dalla committenza, con diametro rotore pari a 162 m e altezza al mozzo pari a 125 m, con relativa aria spazzata pari a 20.612 mq.

Inoltre in tale fase si prevede la realizzazione di opere di fondazione del tipo dirette in relazione alla stratigrafia locale del terreno.

La fondazione diretta avrà una forma troncoconica con diametro alla base pari a 23,10 m e un'altezza complessiva di 4,30 m. All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia metallica di forma cilindrica per l'ancoraggio della torre.

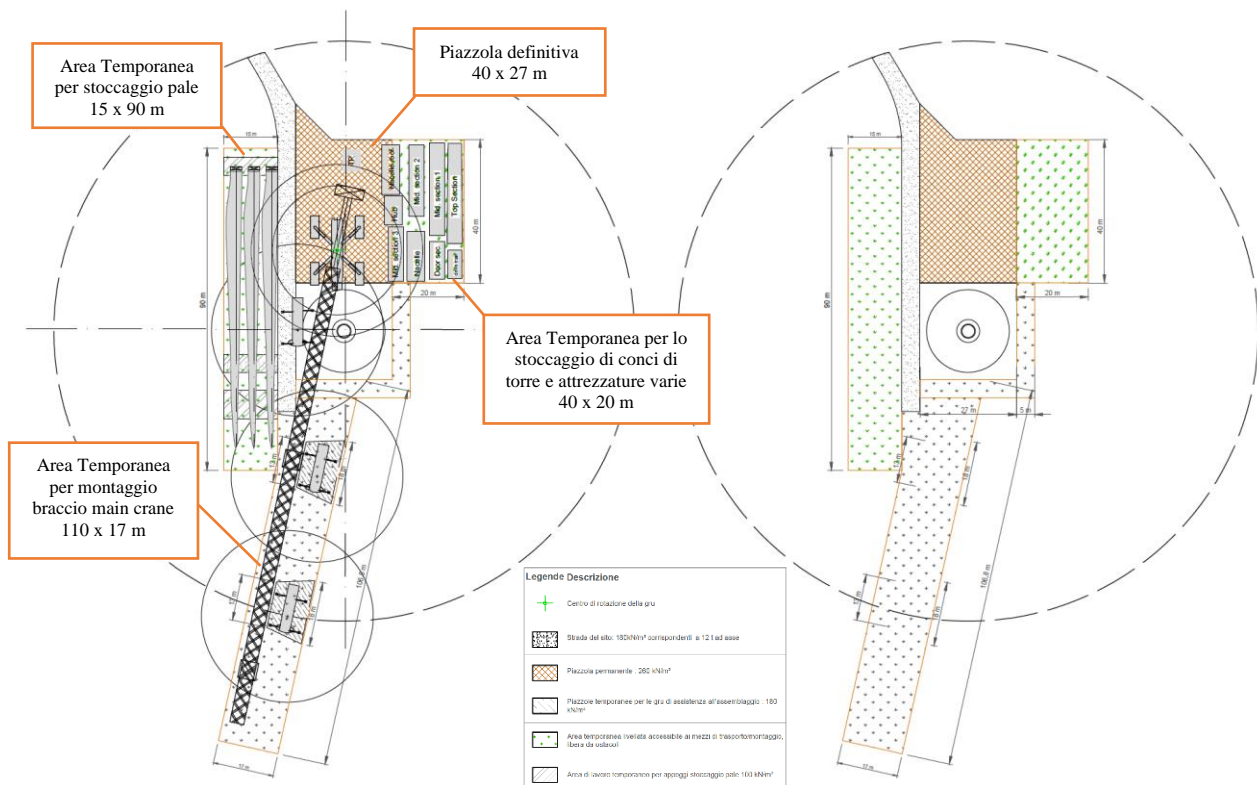


**Figura 23** – Fondazione tipo studiata per l'aerogeneratore e con particolare dell'anello di ancoraggio

Nella fondazione, oltre al sistema di ancoraggio della torre, saranno posizionate le tubazioni passacavo in PVC corrugato, nonché gli idonei collegamenti alla rete di terra e successivamente, alla fine della realizzazione della fondazione, si provvederà al rinterro della stessa.

## 7.2. PIAZZOLE AEROGENERATORI

Per consentire il montaggio degli aerogeneratori dovrà predisporre, nelle aree subito attorno alla fondazione, lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e compattazione di una superficie di circa 40x27 m per quanto riguarda l'area della piazzola definitiva che servirà al posizionamento della gru principale e allo stoccaggio di alcune componenti della navicella e alcuni conci di torre in attesa di essere montate. Invece per quanto riguarda le aree temporanee, necessarie solo per il tempo sufficiente al montaggio della macchina, saranno predisposte un'area temporanea di circa 15x90 m, subito adiacente a quella definitiva, per lo stoccaggio temporaneo delle pale, una delle dimensioni di circa 40x20 m per lo stoccaggio del resto delle componenti della navicella, dei conci di torre e di ulteriori componenti e attrezzature necessari al montaggio, infine sarà necessaria un'ulteriore area di circa 96-120 x 17 m, a prolungamento di quella definitiva, per il montaggio del braccio della gru (main crane) e spazi di manovra e posizionamento delle gru di assistenza alla principale, le quali prevedono uno scotico superficiale e un livellamento solo se necessario. A montaggio ultimato queste aree, ad eccezione della piazzola definitiva, verranno riportate allo stato ante operam prevedendo il riporto di terreno vegetale per favorire la crescita di vegetazione spontanea. Verrà invece mantenuta la piazzola definitiva, per la quale bisognerà provvedere a tenerla sgombra da piantumazioni allo scopo di consentire le operazioni di controllo e/o manutenzione delle macchine.



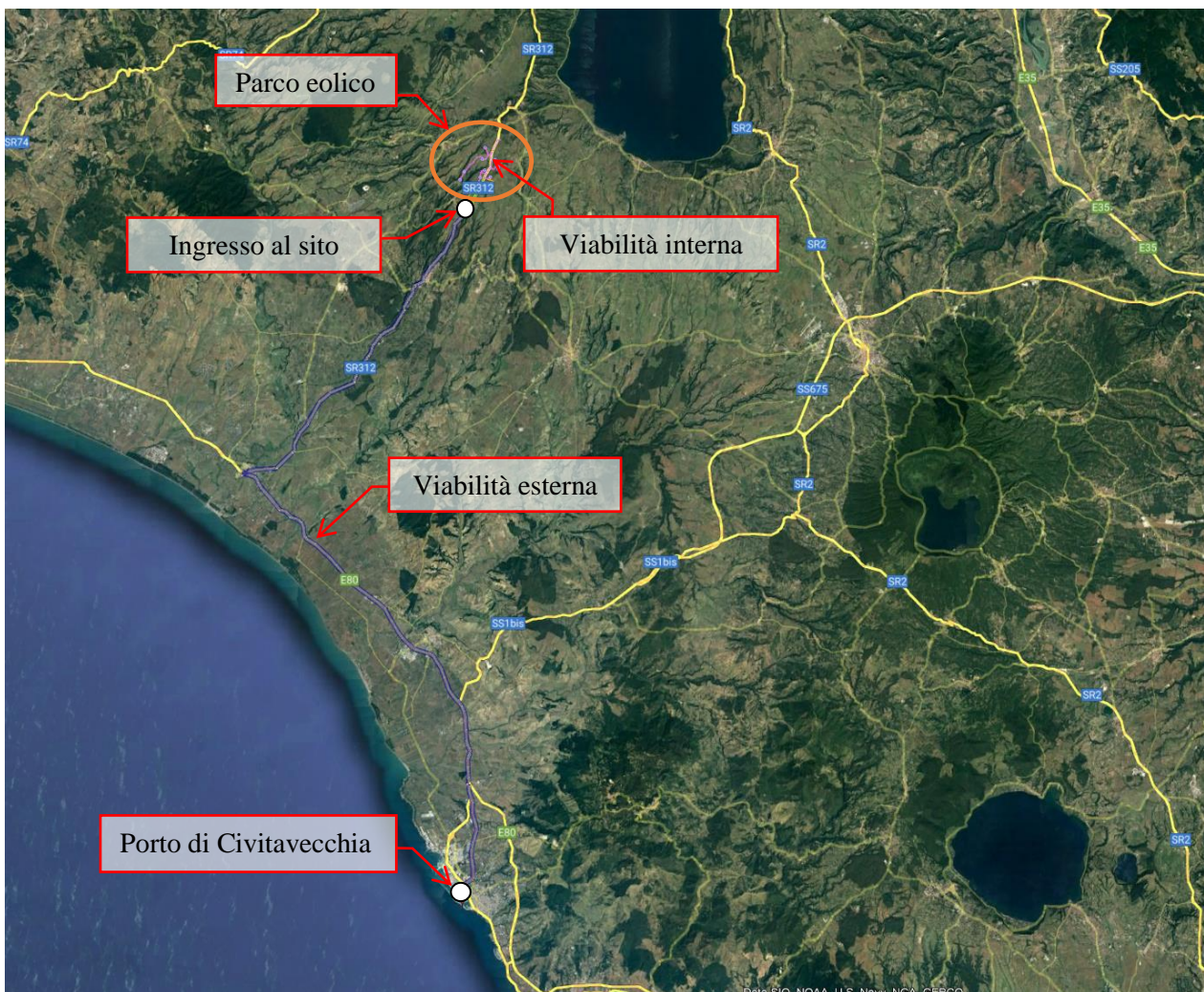
**Figura 24** – Tipico piazzola aerogeneratore durante la fase di montaggio con indicazione delle aree definitive (in marrone) e temporanee (in verde) e posizionamento indicativo delle componenti necessarie al montaggio (a sinistra).

### 7.3. STRADE DI ACCESSO E VIABILITÀ DI SERVIZIO

#### 7.3.1. Viabilità di accesso al Sito

A seguito dei sopralluoghi eseguiti, al fine di valutare l'itinerario da percorrere per il trasporto delle macchine, è emersa la necessità di particolari accorgimenti da adottare per il raggiungimento del sito in sicurezza. Le componenti più voluminose e pesanti degli aerogeneratori arriveranno in Lazio via nave, presumibilmente al porto di Civitavecchia. Dal porto si procederà alla consegna a destinazione, in agro del Comune di Cellere, con trasporto gommato. Data la configurazione orografica del territorio e le particolari condizioni di percorribilità degli assi viari coinvolti, si è deciso di suddividere l'intero percorso in due parti la cui differenza principale sta nell'utilizzo di differenti tipologie di mezzi di trasporto:

- **VIABILITA' ESTERNA** – dal Porto di Civitavecchia, in ordine di percorrenza, E840, E80, SR312, ingresso sito;
- **VIABILITA' INTERNA** – SR312, strade comunali e secondarie/trazzere.



**Figura 25 – Inquadramento viabilità dal porto di Oristano al sito**

Per quanto riguarda la viabilità esterna non si sono rilevate particolari problematiche e in questa fase progettuale se ne darà solo un'indicazione sommaria in quanto l'effettivo tragitto sarà deciso in una fase successiva di progettazione e di concerto sia con il trasportatore sia con il fornitore delle componenti gli aerogeneratori. Il percorso ipotizzato è stato suddiviso in due tratte per questioni logistiche e compatibilità dimensionale tra viabilità e trasporti utilizzati. La prima parte di viabilità, quella esterna, caratterizzata da ampi raggi di curvatura e spazi necessari alle varie manovre di cambio direzione con una sufficiente larghezza di carreggiata, potrà essere percorsa con mezzi con carrelli ribassati così da poter superare senza particolari difficoltà eventuali ostacoli che necessitano di mezzi di trasporto con altezze regolamentari previste dal codice della strada, come ad esempio il sottopassaggio di ponti stradali, ma di contro caratterizzati da notevoli dimensioni in lunghezza. La seconda parte di viabilità, quella interna, invece a differenza di quella esterna, è caratterizzata da punti con raggi di curvatura risicati e pochi spazi di manovra. Considerando l'elevato numero di adeguamenti che si sarebbero resi necessari nel caso in cui si fosse deciso di continuare questo percorso con i mezzi utilizzati già per la precedente parte di viabilità, si è optato per mezzi con carrelloni modulari. Il vantaggio di questi ultimi sta nel necessitare, a parità di componenti trasportate, di minori raggi di curvatura e spazi di manovra, di contro raggiungono altezze maggiori che spesso necessitano dell'eliminazione di eventuali ostacoli che attraversano il percorso, come ad esempio le linee elettriche aeree.

In ogni caso le componenti che presentano le maggiori difficoltà nel trasporto sono senza alcun dubbio le pale. Le scelte di viabilità precedentemente descritte sono state calibrate anche per queste ultime: infatti nel primo tratto di viabilità, proprio per le sue caratteristiche, si opterà per il trasporto fisso in orizzontale con i sistemi "SWC" ("Super Wing Carrier", Fig.25) o "RBTS" ("Rotor Blade Transport System" o più conosciuto come "DOLL System, Fig.26), nel secondo tratto si utilizzerà invece il sistema carrello con "Blade Lifter Trailer" (Fig. 27), un sistema di aggancio e sollevamento che permette l'innalzamento della pala per il trasporto in verticale diminuendo sensibilmente l'ingombro orizzontale permettendo l'ingresso in curve con raggi di curvatura quasi comparabili a mezzi di trasporto convenzionali. Quest'ultimo sistema di trasporto ha di contro l'essere estremamente lento e instabile in quanto tutto il carico scarica su un unico punto di ancoraggio ed il trasporto, a causa della natura stessa dell'elemento trasportato, deve avvenire in condizioni di assenza, o quasi, di vento. Inoltre, proprio perché il carico in curva viene sollevato per diverse decine di metri in altezza, non ci deve essere presenza di ostacoli aerei che attraversano la carreggiata.



**Figura 26** – Esempio di trasporto con SWC (Super Wing Carrier)



**Figura 27** – Esempio di trasporto con “RBTS” (Rotor Blade Transport System)



**Figura 28** – Esempio di trasporto con Blade Lifter Trailer

Inoltre per il trasporto delle altre componenti si utilizzeranno convogli modulari con pianale allungabile per quanto riguarda i conci di torre, Nacelle e DT/Hub.



**Figura 29** – Esempio di trasporto con convogli a pianale allungabile per conci di torre



**Figura 30** – Esempio di trasporto Nacelle

Naturalmente, visto l'utilizzo di mezzi diversi per percorrere le due tratte, è necessario prevedere una "Transshipment Area", cioè un'apposita area di trasbordo in cui approdano i mezzi a carrellone ribassato che hanno già percorso la prima tratta proveniente dal porto e dai quali verranno scaricate le componenti per essere poi ricaricate su mezzi a carrellone modulare che da qui inizieranno la seconda tratta fino a raggiungere la destinazione finale di montaggio dell'aerogeneratore. La posizione dell'area di transshipment, al pari della viabilità esterna, sarà decisa insieme al trasportatore e al fornitore in una fase successiva della progettazione.

### 7.3.2. Viabilità di Servizio

All'interno del sito è già presente una rete di viabilità a servizio dei fondi agricoli presenti. Essa sarà adeguata alle nuove necessità e solo dove necessario ne verrà creata di nuova e utilizzata per accedere ad ognuna delle piattaforme degli aerogeneratori, sia durante la fase di esecuzione delle opere sia nella successiva manutenzione del parco eolico e costituiranno peraltro una utile viabilità aperta a tutti per la fruizione del territorio.

Nella definizione del layout del nuovo impianto, quindi, è stata sfruttata la viabilità esistente sul sito (strade comunali, provinciali e vicinali, carrarecce, sterrate, piste, sentieri, ecc.), onde contenere gli interventi. Inoltre, in fase di esecuzione dei tracciati stradali sarà ottimizzato in particolar modo il deflusso delle acque onde evitare innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità e turbamento del regime delle acque.

Complessivamente gli assi stradali interni al sito sommano a 14.777,00 m di cui oggetto di intervento circa 8.180,00 m, a loro volta suddivisi in 4.643,00 m riguardanti la viabilità esistente da adeguare e solamente 3.537,00 m riguardanti nuova viabilità da realizzare; dunque nel complesso per una potenza di 60.0 MW di nuovo impianto occorrerà realizzare solamente 3.537,00 m di nuove strade sterrate pari a circa l'24% di tutta la viabilità presente. Queste ultime, ove possibile, saranno realizzate in modo tale da interessare marginalmente i fondi agricoli; essi avranno lunghezze e pendenze delle livellette tali da seguire la morfologia propria del territorio evitando eccessive opere di scavo e riporto.

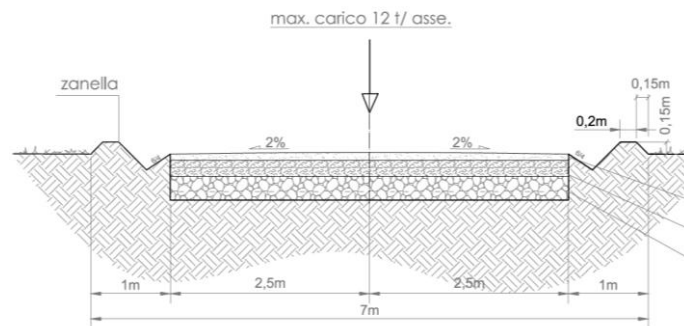
La carreggiata avrà un'ampiezza di circa 5,00 m per il rettilineo, mentre si arriverà ai 6,00 m circa per curve dai 10° ad oltre i 50° considerando un raggio di curvatura interno che, a seconda della curva, varia tra i 70 e gli 80 m.

Le pendenze raggiungibili dagli assi stradali saranno del 10% circa in condizioni non legate, del 12-14% con accorgimenti (asfalto o cemento) mentre per pendenze maggiori si dovrà ricorrere al traino ed in ogni caso bisognerà valutare in accordo

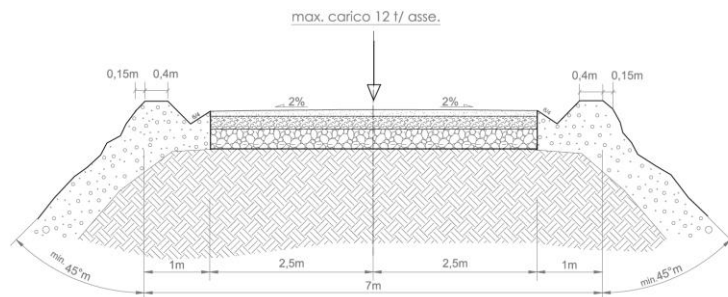
con il trasportista.

La sezione stradale sarà realizzata in massiciata composta da uno strato di fondazione in misto calcareo di 40 cm, eventualmente steso su geotessile disteso alla base del cassonetto stradale a diretto contatto con il terreno, allo scopo di limitare al massimo le deformazioni e i cedimenti localizzati; superiormente sarà previsto uno strato di finitura/usura in misto stabilizzato, dello spessore di 20 cm. Il carico assiale sul piano stradale dovrà essere di circa 12 t/asse.

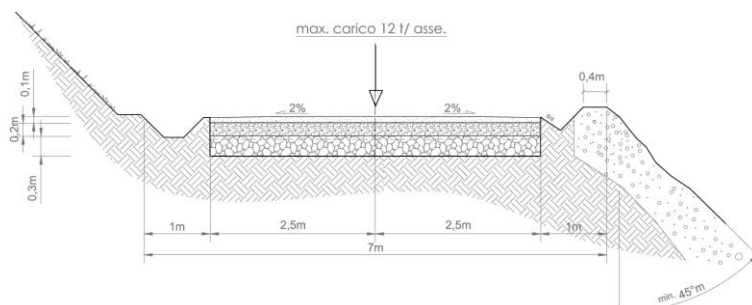
Si riportano di seguito le sezioni tipo adottate per la viabilità, rinviando gli approfondimenti allo specifico elaborato grafico:



**Figura 31 – Sezione stradale tipo in piano**

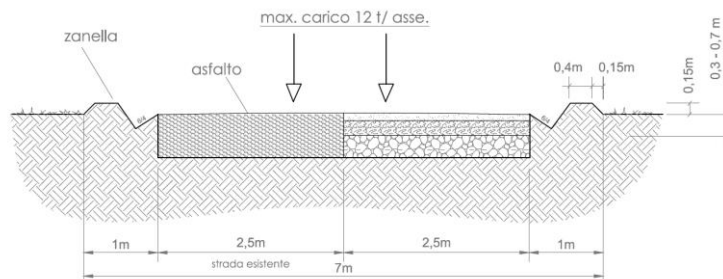


**Figura 32 – Sezione stradale tipo in rilevato**



**Figura 33 – Sezione stradale tipo a mezza costa**





**Figura 34 – Adeguatezza della carreggiata in presenza di carreggiata esistente in asfalto**

## 7.4. RILEVATI E SOVRASTRUTTURE – BONIFICHE E SOTTOFONDI

### 7.4.1. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade

L'esecuzione dei corpi di rilevato e delle soprastrutture (ossatura di sottofondo) per le strade e per le piazzole degli aerogeneratori deve avvenire coerentemente ai disegni ed alle prescrizioni di progetto. È richiesta particolare attenzione nella preliminare "gradonatura" dei piani di posa, nella profilatura esterna dei rilevati e nella conformazione planimetrica delle soprastrutture, specie nelle piazzole. Ove queste ultime si posano su sottofondo ottenuto mediante scavo di sbancamento, allorché la compattazione del terreno in sito non raggiunge il valore prefissato si deve provvedere alla bonifica del sottofondo stesso mediante sostituzione di materiale, come previsto al successivo punto "Bonifica dei piani di posa".

I materiali da utilizzare per la formazione dei rilevati delle strade e, o delle piazzole dovranno appartenere alle categorie A1, A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A3 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002 di seguito riportata:

**Tabella 1.1 Classificazione delle terre secondo la norma UNI-CNR 10006.**

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose						Terre limo-argillose					Torbe e terre organiche pelustri
	Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%						Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					
Gruppo	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7	A7-6	A8
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7					
Analisi granulometrica												
Frazione passante allo Staccio												
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	-	-	≤ 40	> 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10
Indice di gruppo	0	0	0	0	0	≤ 4	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	

L'esecuzione del rilevato può iniziare solo quando il terreno in sito risulta scoticato, gradonato e costipato con uso di rullo compressore adatto alle caratteristiche del terreno;

Un parametro per caratterizzare la portanza del sottofondo è il "modulo resiliente" MR di progetto, valutabile sulla base di prove sperimentali; la scelta di tale parametro è dettata, come riportato dal Bollettino CNR n. 178, dal fatto che esso meglio rappresenta il comportamento del sottofondo, in quanto consente di tener conto anche della componente viscosa reversibile della deformazione. Tale valore può ricavarsi da prove sperimentali o da correlazioni teorico-sperimentali tra l'indice di portanza CBR ed il modulo di reazione k. Il metodo di dimensionamento, ed in questo caso di verifica delle pavimentazioni stradali utilizzato, prevede tre categorie di terreno di sottofondo di buona, media e scarsa portanza rappresentate dai valori del modulo resiliente MR riportati nella tabella seguente:

<b>modulo resiliente del sottofondo</b>	<b>Indice CBR</b>	<b>Modulo di reazione</b>
$M_R = 150 \text{ N/mm}^2$	CBR = 15%	$k = 100 \text{ [kPa/mm]}$
$M_R = 90 \text{ N/mm}^2$	CBR = 9%	$k = 60 \text{ [kPa/mm]}$
$M_R = 30 \text{ N/mm}^2$	CBR = 3%	$k = 20 \text{ [kPa/mm]}$

Il costipamento può ritenersi sufficiente quando viene raggiunto il valore di Mr di almeno  $30 \text{ N/mm}^2$ , da determinarsi mediante prove di carico su piastra, con le modalità riportate nel seguito, e con frequenza di una prova ogni 200 m di area trattata o frazione di essa.

In fase di realizzazione delle prove, viene tenuta in considerazione solamente quella che ottiene un valore di k ammissibile; nel caso in cui i valori siano tutti inferiori al minimo, l'impresa dovrà procedere con la bonifica del sottofondo. Il valore finale si ottiene per interpolazione tra i valori di prova.

#### **7.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade**

Per la formazione della sovrastruttura per piazzole e strade si deve utilizzare esclusivamente il misto granulare di cava classificato A1 secondo la classificazione della norma UNI CNR 10006:2002.

L'esecuzione della sovrastruttura può avvenire solo quando il relativo piano di posa risulta regolarizzato, privo di qualsiasi materiale estraneo, costipato fino ai previsti valori di capacità portante (pari ad un "Mr" di almeno  $30 \text{ N/mm}^2$  per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Mr" di almeno  $80 \text{ N/mm}^2$  per piani ottenuti con rilevato) da determinarsi mediante prove di carico su piastra con la frequenza sopra definita.

Sia nell'esecuzione dei rilevati che delle sovrastrutture il materiale deve essere steso a strati di 20-30 cm d'altezza, secondo quanto stabilito nei disegni di progetto, compattati, fino al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata, inclusi tutti i magisteri per portare il materiale all'umidità ottima, tenendo presente che l'ultimo strato costipato consenta il deflusso delle acque meteoriche verso le zone di compluvio, e rifilato secondo progetto.

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

Il corpo di materiale può dirsi costipato al raggiungimento del 95% della densità AASHO modificata e comunque quando ai vari livelli viene raggiunto il valore di "Mr" pari almeno a quello richiesto, da determinarsi mediante prova di carico su piastra con le modalità di seguito descritte.

Per l'eventuale primo strato della soprastruttura è richiesto un  $M_r$  di almeno  $80 \text{ N/mm}^2$  mentre per lo strato finale della soprastruttura è richiesto un  $M_r$  di almeno  $100 \text{ N/mm}^2$ .

Il controllo delle compattazioni in genere viene eseguito su ogni strato, mediante una prova di carico su piastra ogni 200 m di area trattata o frazione di essa, e comunque con almeno n. 4 prove per strato di materiale.

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

#### **7.4.3. Sistemazione del piano di posa**

Il piano di posa è costituito dall'intera area di appoggio dell'opera in terra ed è rappresentato da un piano ideale al disotto del piano di campagna ad una quota non inferiore a cm 30, che viene raggiunto mediante un opportuno scavo di sbancamento che allontani tutto il terreno vegetale superficiale; lo spessore dello sbancamento dipenderà dalla natura e consistenza dell'ammasso che dovrà rappresentare il sito d'impianto dell'opera.

Qualora, al disotto della coltre vegetale, si rinvenga un ammasso costituito da terreni A1, A3, A2

(secondo la classificazione C.N.R.) sarà sufficiente eseguire la semplice compattazione del piano di posa così che il peso del secco in sito (massa volumica apparente secca nelle unità S.I.) risulti pari al 90% del valore massimo ottenuto in laboratorio nella prova A.A.S.H.T.O. Mod. su un campione del terreno.

Per raggiungere tale grado di addensamento si potrà intervenire, prima dell'operazione di compattazione, modificando l'umidità in sito per modo che questa risulti prossima al valore ottimo rilevabile dalla prova A.A.S.H.T.O. Mod.

Se, invece, tolto il terreno superficiale (50 cm di spessore minimo) l'ammasso risulta costituito da terreni dei gruppi A4, A5, A6, A7 sarà opportuno svolgere una attenta indagine che consenta di proporre la soluzione più idonea alla luce delle risultanze dei rilevamenti geognostici che occorrerà estendere in profondità.

I provvedimenti da prendere possono risultare i seguenti:

- approfondimento dello scavo di sbancamento, fino a profondità non superiori a 1,50 - 2,00 m dal piano di campagna, e sostituzione del terreno in sito con materiale granulare A1 (Ala od Alb), A3 od A2, sistemato a strati e compattato così che il peso secco di volume risulti non inferiore al 90% del valore massimo della prova A.A.S.H.T.O. Mod. di laboratorio; si renderà necessario compattare anche il fondo dello scavo mediante rulli a piedi di montone;
- approfondimento dello scavo come sopra indicato completato, dove sono da temere risalite di acque di falda per capillarità, da drenaggi longitudinali con canalette di scolo o tubi drenanti che allontanino le acque raccolte dalla sede stradale;
- sistemazione di fossi di guardia, soprattutto per raccogliere le acque superficiali lato monte, di tombini ed acquedotti in modo che la costruzione della sede stradale non modifichi il regime idrogeologico della zona.

Per i terreni granulari di apporto (tipo A1, A3, A2) saranno sufficienti le analisi di caratterizzazione e la prova di costipamento.

I controlli della massa volumica in sito negli strati ricostituiti con materiale granulare idoneo dovranno essere eseguiti ai

vari livelli (ciascuno strato non dovrà avere spessore superiore a 30 cm a costipamento avvenuto) ed estesi a tutta la larghezza della fascia interessata.

Ad operazioni di sistemazione ultimate potranno essere ulteriormente controllate la portanza del piano di posa mediante la valutazione del modulo di compressibilità Me, secondo le norme CNR, eventualmente a doppio ciclo:

- per rilevati fino a 4 m di altezza, il campo delle pressioni si farà variare da 0,5 a 1,5 daN/cm<sup>2</sup>;
- per rilevati da 4 a 10 m, si adotterà il campo delle pressioni compreso fra 1,5 e 2,5 daN/cm<sup>2</sup>.

Durante le operazioni di costipamento dovrà accertarsi l'umidità propria del materiale; non potrà procedersi alla stesa e perciò dovrà attendersi la naturale deumidificazione se il contenuto d'acqua è elevato; si eseguirà, invece, il costipamento previo innaffiamento se il terreno è secco, in modo da ottenere, in ogni caso, una umidità prossima a quella ottima predeterminata in laboratorio (prova A.A.S.H.T.O. Mod.), la quale dovrà risultare sempre inferiore al limite di ritiro.

Prima dell'esecuzione dell'opera dovrà essere predisposto un tratto sperimentale così da accertare, con il materiale che si intende utilizzare e con le macchine disponibili in cantiere, i risultati che si raggiungono in relazione all'umidità, allo spessore ed al numero dei passaggi dei costipatori.

Durante la costruzione ci si dovrà attenere alle esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, e ciascuno strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita.

Le scarpate saranno perfettamente profilate e, ove richiesto, saranno rivestite con uno spessore (circa 20 cm) di terra vegetale per favorire l'inerbimento.

Il volume compreso fra il piano di campagna ed il piano di posa del rilevato (definito come il piano posto a 30 cm al disotto del precedente) sarà eseguito con lo stesso materiale con cui si completerà il rilevato stesso.

I piani di posa in corrispondenza di piazzole o sedi stradali ottenuti per sbancamento ed atti a ricevere la soprastruttura, allorché il terreno di imposta non raggiunge nella costipazione il valore di Mr pari a 30 N/mm<sup>2</sup>, o i piani di posa dei plinti di fondazione il cui terreno costituente è ritenuto non idoneo a seguito di una prova di carico su piastra, devono essere oggetti di trattamento di "bonifica", mediante sostituzione di uno strato di terreno con equivalente in misto granulare arido proveniente da cava di prestito.

Detto materiale deve avere granulometria "B" (pezzatura max 30 mm) come risulta dalla norma CNR-UNI 10006 e deve essere steso a strati e compattato con criteri e modalità già definiti al precedente punto "Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade".

Nel caso di piazzole e strade, la bonifica può ritenersi accettabile quando a costipamento avvenuto viene raggiunto il valore di capacità portante corrispondente ad un Mr di almeno 30 N/mm<sup>2</sup>, da determinarsi mediante prove di carico su piastra - con le modalità già definite in precedenza - con la frequenza di una prova ogni 500 m<sup>2</sup> di area bonificata, o frazione di essa. Nel caso di plinti di fondazione, per l'accettazione della bonifica devono essere raggiunti i valori di capacità portante corrispondenti ad un Mr di almeno 30 N/mm<sup>2</sup>.

#### 7.4.4. Pavimentazione con materiale arido

Il pacchetto stradale avrà uno spessore complessivo di circa 60 cm e dovrà essere realizzata con materiale classificato come A1. I primi 30 cm. a contatto con il terreno naturale, saranno realizzati con materiali provenienti dagli scavi, previa

classificazione tipo A1 secondo la classificazione UNI 10006 mentre i rimanenti 30 cm saranno realizzati con misto granulometrico, proveniente da cava, tipo A1 avente dimensioni massima degli inerti pari a 30 mm, rullato fino all'ottenimento di un  $M_d > 100 \text{ N/mm}^2$ .

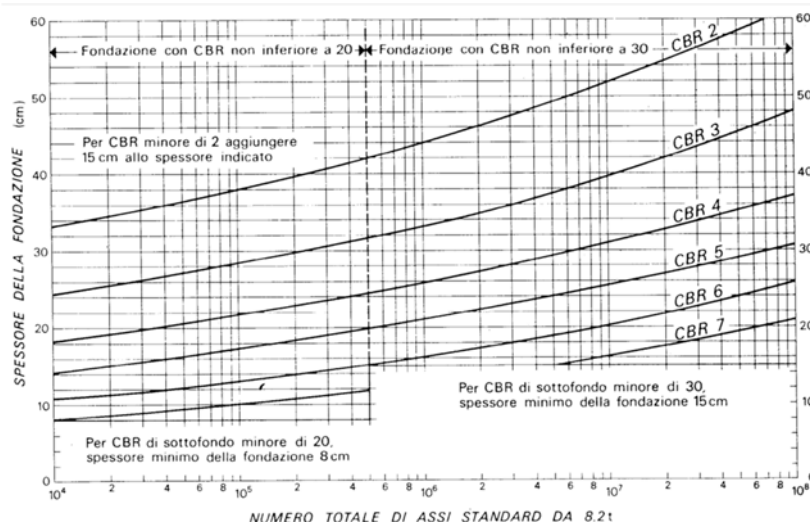
## 7.5. VERIFICA GEOTECNICA DELLA FONDAZIONE STRADALE

### 7.5.1. Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole

Nel seguente capitolo si riportano le metodologie di calcolo ed i risultati ottenuti per il dimensionamento di massima del pacchetto stradale sia della viabilità che delle piazzole. Le caratteristiche geometriche delle strade sterrate progettate sono state dettate da esigenze derivanti dall'ingombro dei mezzi eccezionali di trasporto dei componenti gli aerogeneratori che, quindi, hanno vincolato sia dal punto di vista altimetrico che planimetrico il tracciamento degli assi e delle piazzole di montaggio.

### 7.5.2. Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole

Per il dimensionamento di massima della pavimentazione si è fatto riferimento al metodo empirico inglese "Road note 29". È un metodo diretto che consente il dimensionamento in funzione del CBR del sottofondo e del numero di passaggi standard di un asse standard da 8,2 t sulla corsia di progetto durante la vita utile impiegando l'abaco seguente per il calcolo dello spessore della fondazione.



**Figura 35** – Diagramma per la determinazione dello spessore dello strato di fondazione

Nota la portanza del sottofondo (CBR di progetto) si può calcolare lo spessore della fondazione in funzione del numero di passaggi di assi da 8,2 t.

Il numero di passaggi normalizzati considerato è di 105. La determinazione dello spessore degli strati della pavimentazione flessibile si ottiene utilizzando il numero di passaggi di un asse standard da 8,2 t sulla corsia di progetto durante la vita utile. Si determina il valore dello spessore della fondazione in funzione del numero dei passaggi e del

parametro caratteristico del CBR.

Dall'esame del grafico si evince che, anche nel caso di valori CBR bassi, lo spessore della pavimentazione non supera i 60 cm, valore preso a riferimento dalla progettazione stradale.

In fase di esecuzione si faranno apposite prove su piastra per verificare la validità dello spessore di 60 cm preso a riferimento.

## 8. OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE

### 8.1. GENERALITÀ

Nei dettami del progetto definitivo e nelle varie proposte progettuali, incluse le indicazioni riportate nei documenti contabili, assume notevole importanza la volontà di preservare l'“habitus naturale” mediante l'adozione di tutte le possibili tecniche di bioingegneria ambientale.

Gli interventi di ingegneria naturalistica, intrapresi per la salvaguardia del territorio, dovranno avere lo scopo di:

- intercettare i fenomeni di ruscellamento incontrollato che si verificano sui versanti per mancata regimazione delle acque;
- ridurre i fenomeni di erosione e di instabilità dei versanti;
- regimare in modo corretto le acque su strade, piste e sentieri;
- ridurre il più possibile l'impermeabilizzazione dei suoli creando e mantenendo spazi verdi e diffondendo l'impiego della vegetazione nella sistemazione del territorio.

Pertanto, si prevede l'utilizzo del materiale vegetale vivo e del legname come materiale da costruzione, in abbinamento con materiali inerti come pietrame.

L'area, dal punto di vista geomorfologico, è definita da dossi collinari di entità variabile. I deflussi sono comunque assenti per gran parte dell'anno, anche perché strettamente connessi all'intensità e persistenza delle precipitazioni meteoriche e fortemente condizionati dall'elevata permeabilità dei termini litologici affioranti.

Vista la natura dell'area in oggetto, si può affermare che per la tipologia intrinseca del terreno non sono necessari importanti interventi di salvaguardia, o ancora più precisamente, non sono necessari costruzioni e opere particolari per il contenimento del terreno.

La viabilità interna è, quasi nella sua totalità, ripresa dall'esistente e quindi già consolidata. I nuovi tratti realizzati sono di accesso alle nuove turbine ed il contesto geomorfologico è sempre della stessa natura.

Gli interventi di ingegneria ambientale, all'interno dell'area del parco, sono minimi e serviranno per la regimentazione delle acque meteoriche, non si presentano condizioni di rischio frana o eccessiva erosione, anche e soprattutto per la natura del terreno. Dalla documentazione fotografica seguente, riferita alla viabilità interna esistente, si può osservare la condizione stabile e ottimale della viabilità esistente in gran parte, oltretutto, asfaltata.



**Figura 36** – Alcune foto rappresentative della viabilità interna al parco eolico. In alto: viabilità esistente che può essere utilizzata così com'è; al centro: viabilità esistente da adeguare per essere percorsa dai mezzi; in basso: viabilità di nuova realizzazione.

Nel complesso, il territorio è collinare e, vista la natura dei terreni e la morfologia del territorio, ove se ne presentasse la necessità, si interverrà con geotessile per scarpate, declivi e comunque ove si ha la necessità di realizzare tratti in sopra o sotto elevazione rispetto al piano carrabile e opere di drenaggio per il corretto deflusso delle acque. In generale l'intervento

previsto per tutte le aree trasformate è "Idrosemina e rivestimenti antirosivi".

Le immagini che seguono mostrano esempi di inerbimento con il raffronto ante e post intervento:



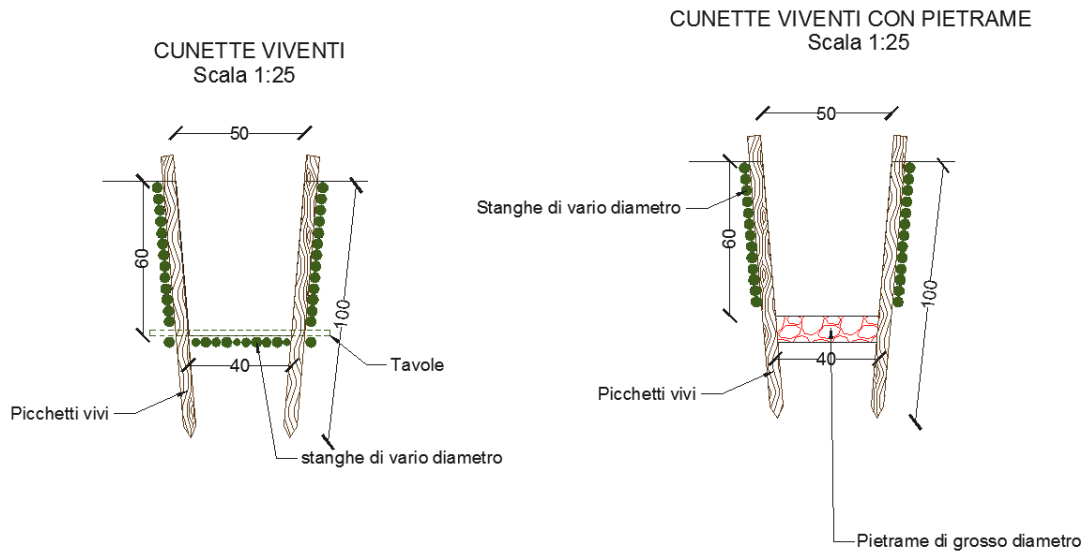
## 8.2. SPECIFICHE TECNICHE DEGLI INTERVENTI

Di seguito si elencano alcuni interventi che possono trovare riscontro nei lavori di consolidamento e regimentazione delle acque meteoriche all'interno del parco e lungo la viabilità esterna di accesso.

### 8.2.1. Cunetta vivente

Le cunette, di norma realizzate in terra, nel progetto in esame sono state previste per tutta la lunghezza della viabilità interna e in alcuni punti si suggerisce l'adozione delle cosiddette cunette viventi. Di fatti è importante sottolineare che nei tratti di maggior pendenza, le semplici cunette potrebbero essere destabilizzate dall'acqua e con esse la strada. Sarà la fase cantieristica ad indicare i tratti ove è opportuno realizzare le cunette "vive" al posto delle cunette in terra.



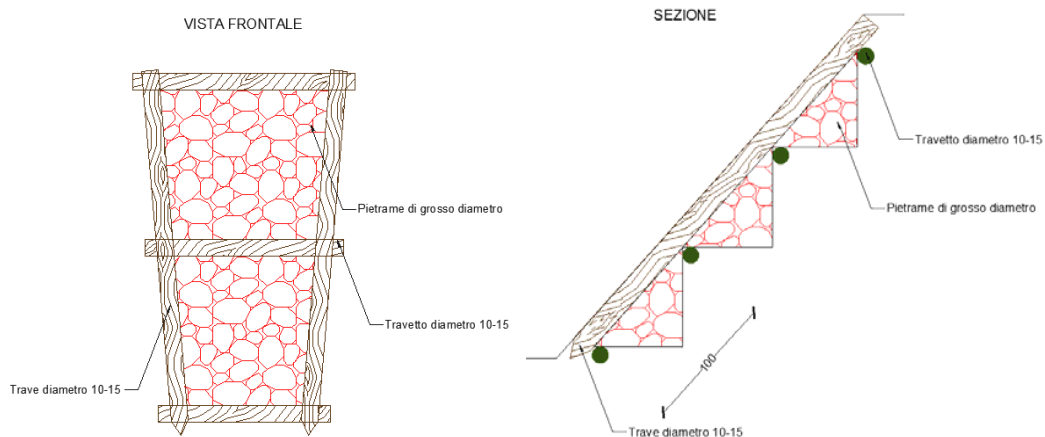


**Descrizione dell'attività:**

In un fosso a sezione trapezoidale vengono sistemati sul letto e sulle pareti, uno accanto all'altro, dei rami o delle stanghe vive in modo serrato, tenendoli fermi con pali vivi infissi nel terreno, ad intervalli da 2 a 4 m per mezzo di sagome in legno preparate in precedenza, oppure ad intervalli da 0,5 fino ad 1 m (uno dall'altro) posti lungo le pareti del fosso. Nel caso di portata idrica permanente si può consolidare il letto e la parte inferiore della parete del fosso con tavoloni.

**8.2.2. Canalizzazioni in pietrame e legno**

Nei casi di piccoli impluvi naturali che intercettano la viabilità di progetto causando spesso solchi ed erosione puntuale, si può prevedere la costruzione di canalizzazioni in legname e pietrame, di sezione trapezoidale avente lo scopo di convogliare le acque nei punti di recapito.



### 8.2.3. Idrosemina e rivestimenti antierosivi

Le tecniche con idrosemina sono impiegate soprattutto nelle situazioni in cui il terreno si trova completamente denudato e privo di copertura organica. Questa tecnica consente di generare in tempi brevi un manto vegetale di protezione. L'inerbimento ed il consolidamento mediante idrosemina che consiste nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti. La possibilità di variare in molti modi la composizione delle miscele, rende l'idrosemina adatta alla soluzione di quasi tutti i problemi di rinverdimento. L'efficacia di questo sistema è assicurata solo se viene utilizzato in abbinamento ad altre tecniche di protezione e regimentazione delle acque meteoriche. L'intervento è adatto a coprire grandi e medie superfici anche a elevata pendenza. Un componente spesso presente nelle idrosemine è il mulch, termine con cui ci si riferisce a tutti quei materiali che, aggiunti alla miscela, conferiscono una maggiore resistenza meccanica e capacità di ritenzione idrica. In relazione alla composizione della miscela si distingue tra idrosemina di base e idrosemina con mulch.

Le modalità operative dell'idrosemina di base sono così sintetizzabili:

- Preparazione del letto di semina con eventuale eliminazione dei ciottoli presenti tramite rastrellatura.
- Distribuzione mediante l'impiego di motopompe volumetriche (non devono danneggiare i semi), dotate di agitatore meccanico che garantisca l'omogeneità della miscela, montate su mezzi mobili di una particolare miscela base costituita da rapporti variabili di: acqua, miscuglio di sementi di specie erbacee e facoltativamente arbustive idonee alla stazione (35-40 g/mq), fertilizzante organo-minerale bilanciato (150 g/mq), leganti o collanti, sostanze ammendanti, fitoregolatori atti a stimolare la radicazione delle sementi e lo sviluppo della microflora del suolo.

È adatta su terreni in cui è presente un'abbondante frazione fine e colloidale, ma con inclinazioni non superiori a 20°.

Per quanto riguarda l'idrosemina con mulch, alla miscela base si devono aggiungere fibre di legno o paglia in ragione di non meno di 180 g/mq. Le fibre devono essere per il 20% almenolunghie 10 mm; nelle situazioni meno gravose il 50% del mulch potrà essere costituito da pasta di cellulosa. Il mulch deve avere caratteristiche chimiche che non siano sfavorevoli alla crescita della vegetazione. Il collante sarà a base naturale ed in quantità non inferiore a 5,5 g/mq. È un'idrosemina particolarmente adatta su terreni con le stesse caratteristiche della prima ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi intensi.

In presenza di diffusi fenomeni di erosione superficiale su pendii e/o scarpate naturali o artificiali vengono comunemente applicati rivestimenti antierosivi sintetici o naturali.

Queste tecniche si possono realizzare con dei prodotti prefabbricati che svolgono una o più funzioni od altrimenti abbinando materiali diversi posti in tempi successivi. Di seguito si riportano alcuni dei materiali e delle tecniche più comunemente usati:

- Geostuoie tridimensionali
- Geocompositi
- Geocelle

L'impiego di prodotti formati da materiali di sintesi e/o naturali, offre la possibilità di realizzare opere d'ingegneria limitandone notevolmente l'impatto negativo sull'ambiente circostante. Nelle applicazioni antierosive oltre all'azione di

protezione meccanica superficiale, possono svolgere funzioni di contenimento e di stabilizzazione corticale; in tal modo questi materiali consentono e favoriscono lo sviluppo di una copertura vegetale stabile in grado di svolgere un'efficace ruolo autonomo di consolidamento superficiale e di rinaturalizzare contesti degradati dalla costruzione di opere di ingegneria. Le geostuoie sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene od altro), aggrovigliati in modo da formare un materassino molto flessibile dello spessore di 10-20 mm. La forma tipica di una geostuoia consiste in una struttura tridimensionale con un indice dei vuoti molto elevato, mediamente superiore al 90% (idonea al contenimento di terreno vegetale o dell'idrosemina). Le geostuoie sono principalmente impiegate con funzione antierosiva negli interventi di sistemazione idraulico-forestale e di consolidamento di pendii instabili. Sono sempre abbinata a sistemi di raccolta delle acque superficiali ed a materiali vivi; quando è necessario vengono utilizzate come un complemento delle opere di sostegno nell'ambito di sistemazioni più complesse. Dato l'elevato indice dei vuoti, le geostuoie si prestano molto bene ad essere intasate con miscele di idrosemina piuttosto dense quali quelle dell'"idrosemina a spessore", in tal modo svolgono sia una protezione antierosiva nei confronti del terreno che una funzione di "armatura dell'idrosemina" impedendone il dilavamento anche in situazioni difficili.



**Figura 37 – Tecniche di idrosemina**

Le geocelle sono dei geosintetici a struttura alveolare flessibili, resistenti e leggeri; vengono utilizzate come sistemi di

stabilizzazione corticale per impedire lo scivolamento e l'erosione di strati di terreno di riporto su forti pendenze. La struttura a "nido d'ape" o "alveolare" viene ottenuta per assemblaggio e saldatura di strisce di materiali sintetici con spessori maggiore o uguale a 1,2 mm ed altezza compresa tra 70 e 100 mm. Sono strutture facilmente trasportabili, caratterizzate da un ingombro molto contenuto, rapidità di applicazione ed adatte a diverse situazioni ambientali. Dopo la posa delle geocelle ed il fissaggio con picchetti si effettua il riempimento con terreno vegetale e successivamente un'idrosemina. Se necessario si deve abbinare una biostuoia od un biotessile qualora vi sia il pericolo di dilavamento da parte delle acque meteoriche; le geocelle hanno aperture piuttosto ampie e sono efficaci nell' impedire lo scivolamento superficiale del terreno di riporto mentre non contrastano sufficientemente il ruscellamento e soprattutto l'impatto delle gocce di pioggia. Quando possibile, è sempre opportuno abbinare alle geocelle la messa a dimora di piantine o talee. I rivestimenti antierosivi biodegradabili sono usati, quasi sempre in associazione con idrosemina o con l'impianto di talee e piantine, negli interventi di sistemazione e consolidamento di pendii o scarpate o di altre opere di ingegneria. La loro realizzazione assicura al terreno trattato un controllo dei fenomeni erosivi per il tempo necessario all'attecchimento ed allo sviluppo di un efficace copertura vegetale. I rivestimenti biodegradabili sono prodotti costituiti in genere da fibre di paglia, cocco, juta, sisal (fibra tessile ricavata dalle foglie di una specie di Agave), trucioli di legno o altre fibre vegetali, caratterizzati da una biodegradabilità pressoché totale che si realizza in un arco di tempo di 1/5 anni, da permeabilità e capacità di ritenzione idrica elevate e da spiccata azione protettiva superficiale del terreno. In funzione del materiale, della struttura e delle tecniche costruttive, possono essere classificati in:

- Biotessili
- Bioreti
- Biofeltri
- Biostuoie

I rivestimenti antierosivi rappresentano una soluzione ideale sia dal punto di vista tecnico-funzionale che dal punto di vista dell'inserimento estetico-paesaggistico ed ecologico dell'intervento. La biodegradabilità e la non tossicità dei materiali utilizzati e la capacità di favorire una rapida copertura vegetale, garantiscono il loro inserimento completo e naturale nell'ambiente circostante. Questi prodotti hanno trovato recentemente una vasta applicazione in numerosi interventi di sistemazione idraulico-forestale, di consolidamento dei pendii instabili ed in numerose opere di ingegneria tra i quali si menzionano:

- rivestimento di pendii o scarpate naturali ed artificiali per il controllo dell'erosione e la protezione delle sementi dal dilavamento e creazione di condizioni microclimatiche più favorevoli all'attecchimento ed alla crescita della vegetazione;
- rivestimento e protezione delle scarpate e delle sponde fluviali dall'erosione;
- protezione, sostegno e contenimento del terreno seminato per favorire il rinverdimento di opere in terre rinforzate o di altro tipo.



## 9. OPERE IDRAULICHE

La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti.

Le acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti potranno essere raccolte ed allontanate dalle seguenti opere idrauliche:

- Fossi di guardia in terra, eventualmente con fondo rivestito in pietrame (per pendenze  $\geq 7,00\%$ ) e con briglie filtranti in legname (per pendenze  $\geq 12,00\%$ );

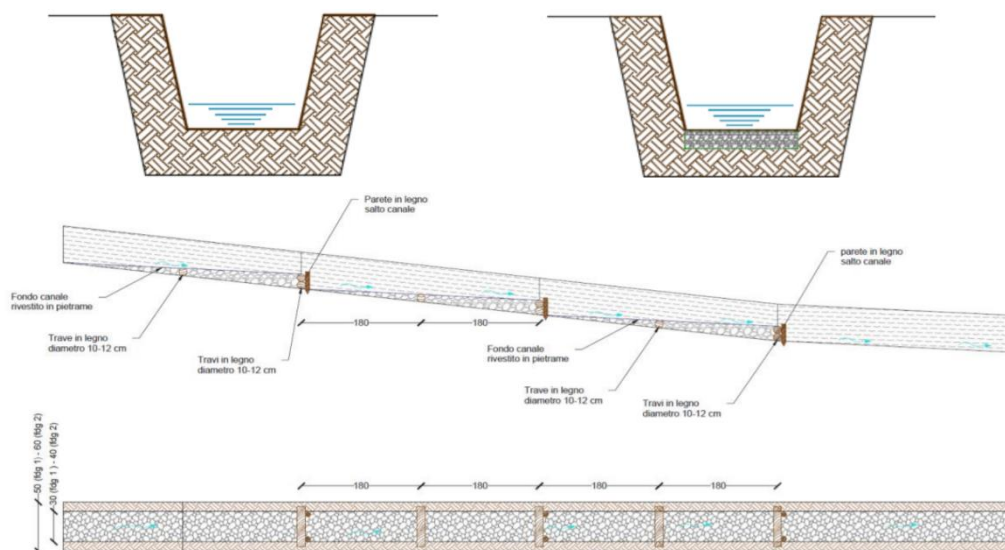


Figura 38 – Fosso di guardia tipo con o senza fondo rivestito in pietrame



PARCO EOLICO DI "CELLERE"  
RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA



24/02/2022

REV: 1

Pag.78

- Opere di dissipazione in pietrame;
- Pozzetti in cls prefabbricato;
- Arginello in terra;
- Canalette in legname per tagli trasversali alla viabilità (per pendenze  $\geq 15\%$ ).
- In fase di esecuzione, così come per le opere di bioingegneria, saranno scelte le opere migliori per il drenaggio delle acque meteoriche valutate caso per caso e a seconda dei risultati elaborati dalle relative indagini.

*Il presente documento è di proprietà della ANTEX GROUP srl.  
È vietato la comunicazione a terzi o la riproduzione senza il permesso scritto della suddetta.  
La società tutela i propri diritti a rigore di Legge.*

Comm.: C20-041-S05

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification

