

# REGIONE SARDEGNA

Provincia di Sassari

COMUNE DI CALANGIANUS



|      |                            |            |          |              |          |
|------|----------------------------|------------|----------|--------------|----------|
| 01   | EMISSIONE PER ENTI ESTERNI | 10/05/2024 | FURNO C. | LO PRESTI I. | FURNO C. |
| 00   | EMISSIONE PER COMMENTI     | 19/04/2024 | FURNO C. | LO PRESTI I. | FURNO C. |
| REV. | DESCRIZIONE                | DATA       | REDATTO  | CONTROL.     | APPROV.  |

|  |                       |   |   |   |  |
|--|-----------------------|---|---|---|--|
| Committente:   |                       |   |   |   |  |
| <b>AEI WIND PROJECT XVI S.R.L.</b>   |                       |   |    |   |  |
| Sede Legale: Via Savoia n. 78 - 00198 - Roma (RM) - Italia<br>PEC: aeiwindprojectxvi@legalmail.it  |                       |   |   |   |  |
| Società di Progettazione:  |                       | <i>Ingegneria &amp; Innovazione</i>   |   | Progettista/Resp. Tecnico:  |  |
|   |                       | Via Jonica, 16 - Loc. Belvedere<br>96100 Siracusa (SR) Tel. 0931.1663409<br>Web: www.antexgroup.it e-mail: info@antexgroup.it |   | Dott. Ing. Cesare Furno<br>Ordine degli Ingegneri<br>della Provincia di Catania<br>n° 6130 sez. A |  |
| Progetto:  |                       |   |   |   |  |
| IMPIANTO EOLICO TEMPIO II  |                       |   |   |   |  |
| Tavola:  |                       |   |   |   |  |
| RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA   |                       |   |   |   |  |
| Scala:   | Nome DIS/FILE:        | Allegato:   | F.to:   | Livello:  |  |
| —:—  | C23046S05-PD-RT-01-01 | 1/1   | A4  | DEFINITIVO  |  |
| Il presente documento è di proprietà della ANTE GROUP S.r.l.<br>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.....                               | 11 |
| 4.1. Riferimenti Cartografici e Posizioni Aerogeneratori.....    | 11 |
| 4.2. Inquadramento Geologico e Geomorfologico.....               | 14 |
| 4.3. Contesto Idrogeologico .....                                | 15 |
| 4.4. Sismicità.....  | 15 |
| 5. L'IMPIANTO EOLICO.....  | 16 |
| 6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO .....              | 20 |
| 6.1. Aerogeneratori .....  | 20 |
| 6.1.1. Specifiche tecniche Aerogeneratori.....                   | 22 |
| 6.1.2. Sistemi elettrici e di controllo interni .....            | 24 |
| 6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni.....             | 24 |
| 6.1.4. Descrizione dei componenti principali.....                | 24 |
| 6.1.5. Schemi di funzionamento dei componenti dell'impianto..... | 28 |
| 6.1.6. Potenza Stimata del Parco eolico.....                     | 29 |
| 6.1.7. Analisi acustica .....                                    | 32 |
| 6.2. Cavidotti.....  | 42 |
| 6.2.1. Generalità.....   | 42 |
| 6.2.2. Dati tecnici del cavo utilizzato.....                     | 43 |
| 6.2.3. Profondità e sistema di posa cavi .....                   | 44 |
| 6.2.4. Fibra ottica di collegamento .....                        | 45 |
| 6.2.5. Sistema di terra .....                                    | 46 |
| 6.2.6. Opere civili cavidotti .....                              | 47 |
| 6.3. Stazione di Utenza .....                                    | 48 |

|  |    |
|--|----|
| 6.4. Opere di rete per la connessione alla RTN .....                                       | 48 |
| 7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI .....  | 50 |
| 7.1. Fondazione Aerogeneratore.....  | 50 |
| 7.2. Piazzole Aerogeneratori .....   | 50 |
| 7.3. Strade di Accesso e Viabilità di Servizio.....  | 51 |
| 7.3.1. Viabilità di accesso al Sito .....  | 51 |
| 7.3.2. Viabilità di Servizio .....   | 54 |
| 7.4. Rilevati e Sovrastrutture – Bonifiche e Sottofondi.....                               | 57 |
| 7.4.1. Rilevati aridi e soprastrutture per piazzole e strade.....                          | 57 |
| 7.4.2. Sovrastrutture per piazzole e strade.....   | 58 |
| 7.4.3. Sistemazione del piano di posa.....   | 59 |
| 7.4.4. Pavimentazione con materiale arido .....  | 61 |
| 7.5. Verifica Geotecnica della Fondazione Stradale .....                                   | 61 |
| 7.5.1. Caratteristiche geometriche delle strade e delle piazzole.....                      | 61 |
| 7.5.2. Dimensionamento di massima della pavimentazione delle strade e delle piazzole ..... | 61 |
| 8. OPERE DI INGEGNERIA AMBIENTALE .....  | 63 |
| 8.1. Generalità .....  | 63 |
| 8.2. Specifiche tecniche degli interventi.....   | 65 |
| 8.2.1. Cunetta vivente.....  | 65 |
| 8.2.2. Canalizzazioni in pietrame e legno.....   | 65 |
| 8.2.3. Idrosemina e rivestimenti antiersivi .....  | 66 |
| 9. OPERE IDRAULICHE.....   | 70 |

## 1. PREMESSA

Per conto della società proponente, AEI WIND PROJECT XVI S.R.L., società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di ABEI ENERGY & INFRASTRUCTURE S.L., dedicata allo sviluppo, realizzazione e gestione per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, la società Antex Group S.r.l. ha redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, denominato Impianto eolico "Tempio II" da realizzarsi nel territorio del Comune di Calangianus, appartenente alla provincia di Sassari. Il progetto prevede l'installazione di n. 6 aerogeneratori da 6,6 MW ciascuno, per una potenza complessiva pari a 39,6 MW. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete elettrica nazionale tramite la posa di un cavidotto interrato su strade esistenti e la realizzazione di una nuova cabina utente per la consegna collegata in antenna a 36 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" (prevista dal Piano di sviluppo Terna) da collegare, tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV, a una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN di Codrongianos.

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.

Antex Group pone a fondamento delle proprie attività, quale elemento essenziale della propria esistenza come unità economica organizzata ed a garanzia di un futuro sviluppo, i principi della qualità, come espressi dalle norme ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001 nelle loro ultime edizioni.

## 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
- Delibera di Giunta Regionale n. 59/90 del 27.11.2020 e s.m.i. recante "Individuazione delle aree non idonee all'installazione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili"

### 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".
- Delibera di Giunta Regionale n. 62/9 del 14.11.2008 recante "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale" e disposizioni in materia di acustica ambientale"
- 

### Cavidotti, 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 cavidotti 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 cavidotti”.
  - 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

- assieme 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”.
- 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" e successive modificazioni.

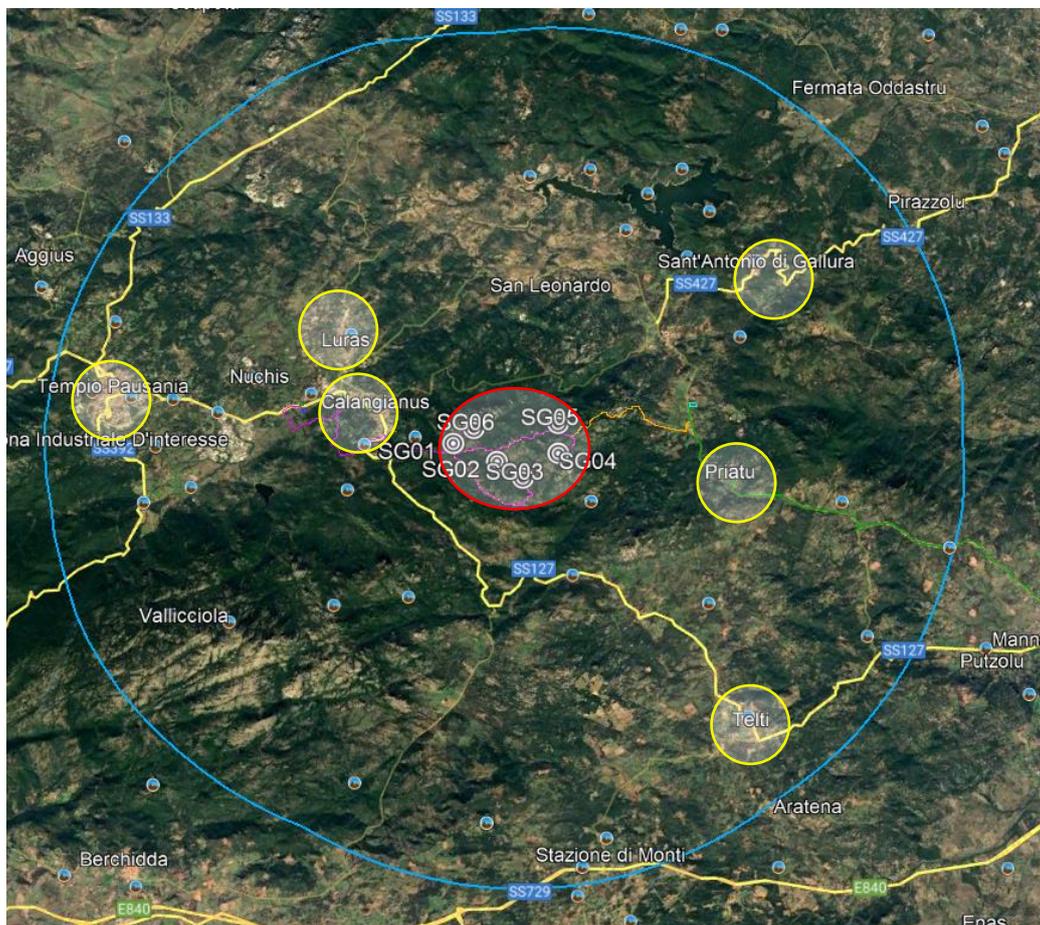
### 3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di 6 aerogeneratori ed opere di connessione, inclusive di piazzole di costruzione e di esercizio, viabilità di accesso, cavidotti e sottostazione di trasformazione, ubicati in agro del Comune di Calangianus, Provincia di Sassari, di potenza complessiva di 39,6 MW, denominato Impianto Eolico “Tempio II”. Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Sottostazione elettrica utente di raccolta a 36 kV, sempre nel Comune di Calangianus, tramite cavidotti AT interrati con tensione nominale pari a 36 kV.

La stazione di raccolta utente riceverà l’energia proveniente dall’impianto eolico a 36 kV, tutta l’energia elettrica prodotta e raccolta verrà ceduta alla rete tramite collegamento in antenna a 36 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento a 150 kV in GIS denominata “Tempio” (prevista dal Piano di sviluppo Terna) da collegare, tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV, a una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN di Codrongianos.

I centri urbani maggiormente interessati dal futuro impianto eolico e ricadenti all’interno dell’area di impatto potenziale, sono:

- Calangianus, dista circa 1,8 km dall’aerogeneratore più vicino;
- Luras, dista circa 4,1 km dall’aerogeneratore più vicino;
- Priatu, dista circa 4,7 km dall’aerogeneratore più vicino;
- Sant’Antonio di Gallura, dista circa 7,4 km dall’aerogeneratore più vicino;
- Tempio Pausania, dista circa 9 km dall’aerogeneratore più vicino;
- Telti, dista circa 9,2 km dall’aerogeneratore più vicino.



**Figura 1** Inquadramento satellitare dell'area d'impianto e dei centri abitati ricadenti all'interno dell'area di impatto potenziale

La sottostazione di raccolta sarà ubicata sempre nel Comune di Calangianus e dista circa 1,2 km dal centro abitato di appartenenza, mentre la cabina di sezionamento sarà installata sempre nel Comune di Calangianus a circa 600 m dallo stesso.

#### 4. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

##### 4.1. Riferimenti Cartografici e Posizioni Aerogeneratori

Il progetto si colloca all'interno delle seguenti cartografie:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche:
  - 427 III Aglientu;
  - 427 II Luogosanto;
  - 428 III Arzachena;
  - 443 IV Tempio Pausania;
  - 443 I Calangianus;
  - 444 IV Olbia ovest;
  - 443 III Bortigiadas;
  - 443 II Monti;
  - 44 III Lòiri.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche:
  - 443020;
  - 443030;
  - 443040;
  - 443060;
  - 443070;
  - 443080;
  - 443100;
  - 443110;
  - 443120.

I fogli di mappa catastali interessati dalle turbine e le loro componenti sono:

- Foglio di mappa n. 32 – 33 – 37 – 38 del Comune di Calangianus

I fogli di mappa catastali interessati dalla transshipment Area sono:

- Foglio di mappa n. 26 del Comune di Sant'Antonio di Gallura

I fogli di mappa interessati dal solo passaggio dei cavidotti in AT, peraltro su strade comunali o provinciali, sono:

- Fogli di mappa n. 32 – 33 – 37 – 38 – 47 – 46 – 45 del Comune di Calangianus;

Il foglio di mappa interessato dalla sottostazione elettrica é:

- Fogli di mappa n. 45 del Comune di Calangianus;

Il foglio di mappa interessato dalla cabina di sezionamento è:

- Foglio di mappa n. 47 del Comune di Calangianus.

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>SG01</b>                               | 518815.70 m E | 4529730.34 m N | 672           | Calangianus |
| <b>SG02</b>                               | 520204.00 m E | 4529653.00 m N | 649           | Calangianus |
| <b>SG03</b>                               | 521086.00 m E | 4529445.00 m N | 692           | Calangianus |
| <b>SG04</b>                               | 521818.00m E  | 4530485.00 m N | 657           | Calangianus |
| <b>SG05</b>                               | 521512.84 m E | 4531320.88 m N | 602           | Calangianus |
| <b>SG06</b>                               | 519232.00 m E | 4530350.00 m N | 638           | Calangianus |
| <b>CABINA<br/>SEZIONAMENTO</b>            | 516221.21 m E | 4528585.05 m N | 527           | Calangianus |
| <b>CABINA DI<br/>CONSEGNA A 36<br/>kV</b> | 514393.40 m E | 4529192.44 m N | 443           | Calangianus |

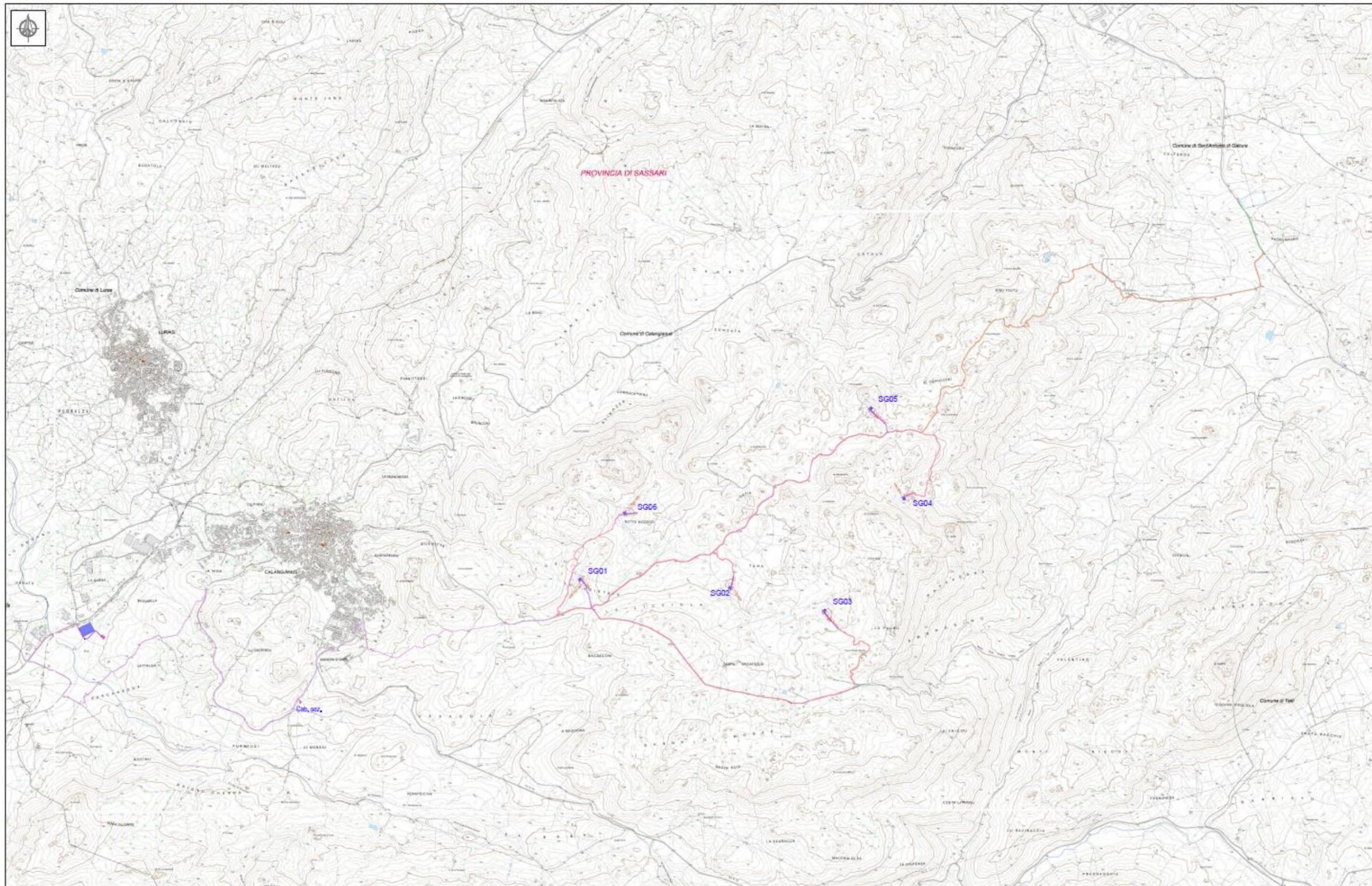


Figura 2 – Inquadramento su CTR dell'impianto



#### 4.2. Inquadramento Geologico e Geomorfologico

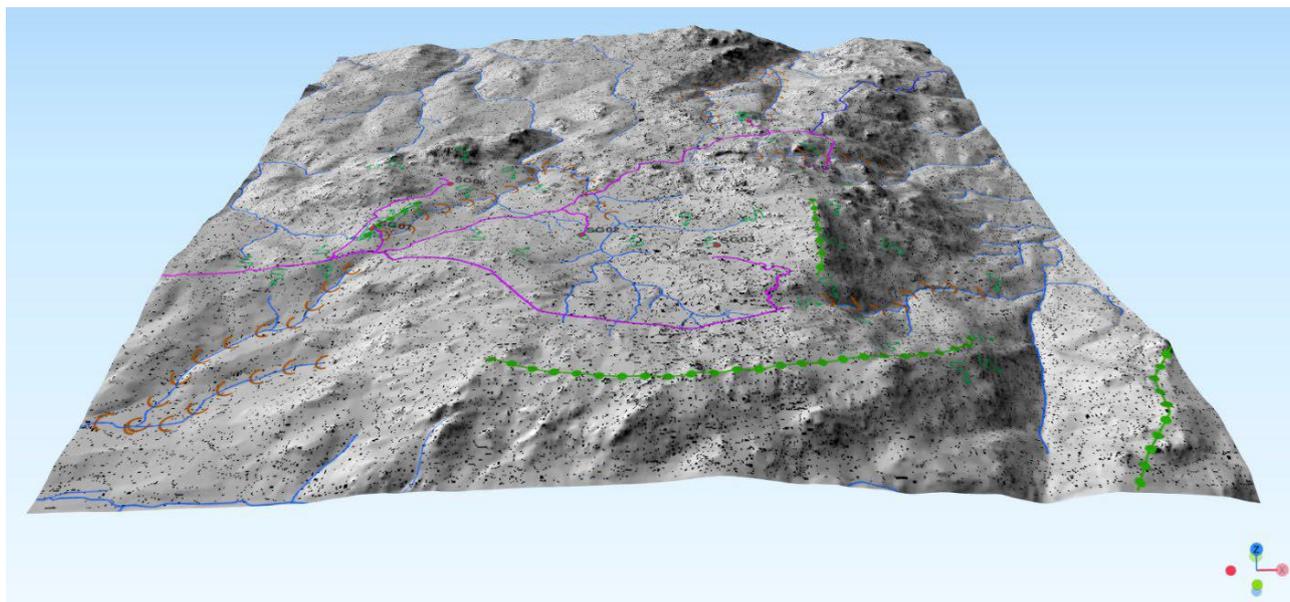
L'area sulla quale verranno installate le turbine ricade nel Foglio 181 IV SE Tempio Pausania, Foglio 181 IV NE Calangianus, Foglio 181 I NO S. Antonio di Calangianus e 181 I SO S. Salvatore della Carta Topografica d'Italia in scala 1: 25.000 dell'IGM. Le turbine sono ubicate nel territorio comunale di Calangianus in Provincia di Sassari in un'area scarsamente antropizzata con un utilizzo prettamente a pascolo e agricolo. Il cavidotto invece è previsto che segua per lo più la viabilità interna al parco per poi proseguire a est dell'impianto su cui insisterà anche la Cabina di raccolta utente a 36 kV e la SSE di consegna alla rete elettrica nazionale.

L'area di intervento è individuata sulla cartografia tecnica della Regione Autonoma della Sardegna in scala 1:10000, più precisamente all'interno delle CTR n° 443010, 443020, 443040, 443030, 443050, 443060, 443070, 443080.

Tale zona appartiene ad un contesto geomorfologico caratterizzato da un'area collinare digradante verso NO con le acque che confluiscono nel recapito finale di Fiume Liscia con una percentuale medio del 6%.

Sono presenti diverse incisioni che morfologicamente hanno per lo più una geometria arrotondata.

Queste considerazioni sono state fatte visionando il DTM con risoluzione 10 metri dai quali le uniche forme geomorfologiche evidenziate sono gli orli di scarpata in prossimità delle incisioni presenti, i punti di deflusso, orli di scarpata di faglia, orli di scarpata, orli di scarpata antropica e cave presenti nelle vicinanze



**Figura 4** – strutture geomorfologiche su base DEM

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato “Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica”.

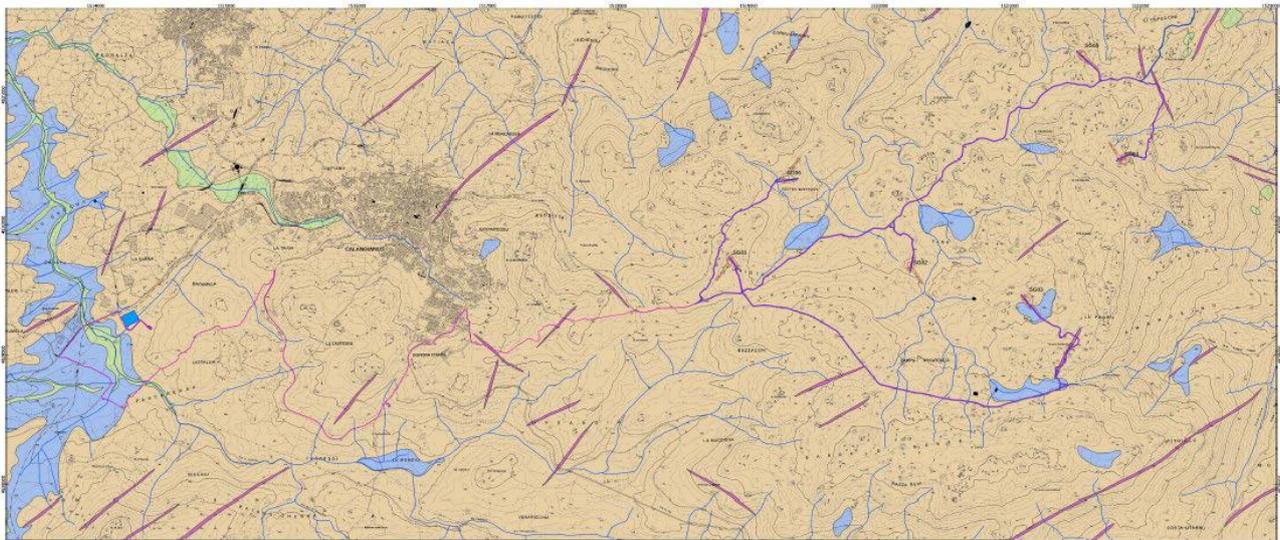
### 4.3. Contesto Idrogeologico

La particolare conformazione orografica del Foglio 443 “Tempio Pausania”, costituito in prevalenza da settori con elevata altimetria, come il massiccio del M. Limbara, che rappresenta la seconda area montuosa della Sardegna, condiziona fortemente l’evoluzione del reticolo idrografico, fondamentalmente caratterizzato dalla presenza di aste fluviali del primo, secondo e terzo ordine gerarchico.

I lineamenti strutturali di questo settore della Gallura, strettamente correlati agli effetti della tettonica terziaria, hanno invece condizionato fortemente su tutto il territorio la forma del reticolo idrografico, che è di tipo centrifugo attorno al massiccio del M. Limbara, e angolare quando si imposta e va a coincidere con le principali direttrici tettoniche.

In questi casi i corsi d’acqua tendono a formare una serie di gomiti e di meandri incassati in roccia tra cui i più evidenti sono quelli del Fiume Coghinas, il terzo fiume della Sardegna per ordine di lunghezza, che attraversa un settore molto limitato a SW del Foglio con ampi meandri nelle località C. Littu ’e Mela, Li Tuccuneddi, La Olta di Giovanni Multino e Donnigazza.

Dalla seguente cartografia si può vedere come l’area oggetto di studio è caratterizzata da diverse zone a permeabilità medio bassa per fratturazione e medio alta per carsismo e fratturazione:



**Figura 5 – Carta della permeabilità**

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato “Relazione Idrologica e Idraulica”.

### 4.4. Sismicità

Ai fini della caratterizzazione dell’azione sismica di progetto, si è fatto riferimento alle direttive della normativa antisismica vigente, “Norme Tecniche per le Costruzioni per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.

|  |  |  |            |        |        |
|--|--|--|------------|--------|--------|
|  <p>AEI WIND<br/>PROJECT XVI S.R.L.<br/>P.I. 17264911003<br/>Via Savoia 78<br/>00198 Roma</p> | <p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA</p> |  <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p> <table border="1" data-bbox="1129 246 1484 295"> <tr> <td>10/05/2024</td> <td>REV: 1</td> <td>Pag.16</td> </tr> </table> | 10/05/2024 | REV: 1 | Pag.16 |
| 10/05/2024   | REV: 1   | Pag.16   |            |        |        |

Considerando che i vari litotipi presenti ci si aspetterebbe un Vs30 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**:

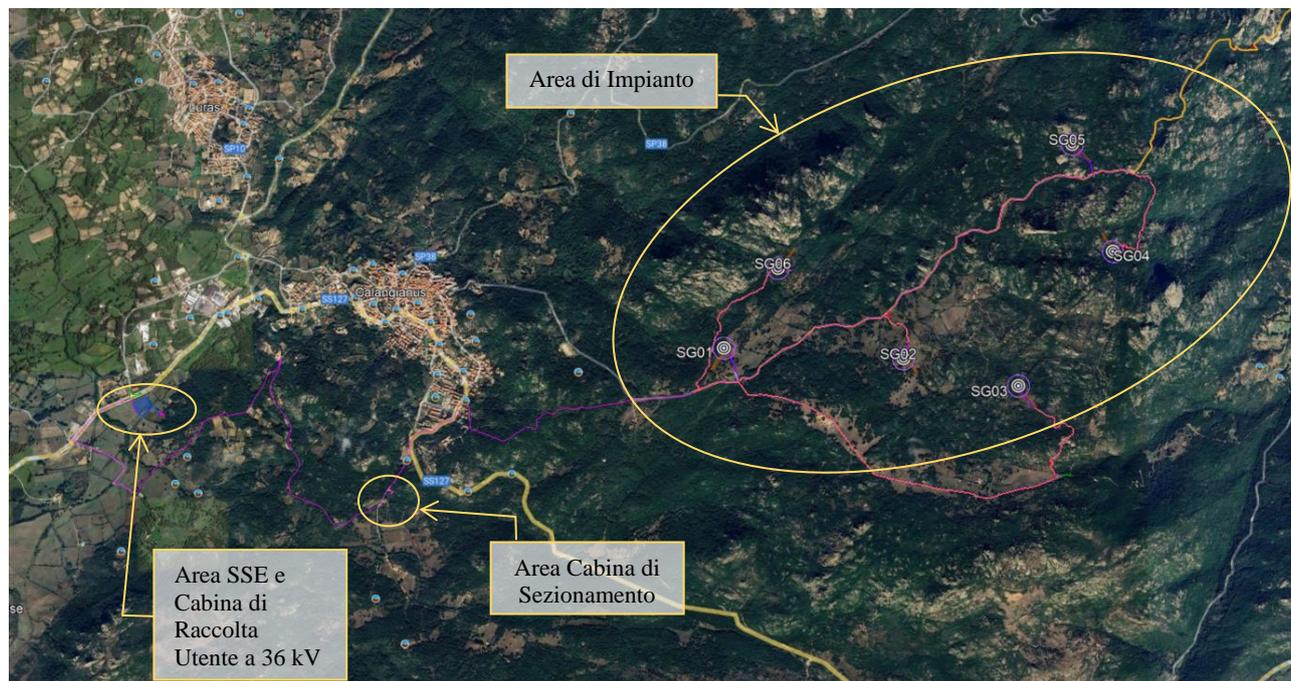
*” Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero NSPT,30 >50 nei terreni a grana grossa e cu30>250 kPa nei terreni a grana fina)”.*

Queste valutazioni dovranno essere confermate in fase di progetto esecutivo con una campagna sismica atta a definire al meglio il valore di Vs30eq misurato e le caratteristiche sismiche dell’area in esame.

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato *“Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica”*.

## 5. L’IMPIANTO EOLICO

L’impianto Eolico sarà costituito da n°6 aerogeneratori, tipo Siemens Gamesa SG 170-6,6 MW, ciascuno di potenza massima fino a 6,6 MW, corrispondenti ad una potenza di impianto di 39,6 MW. Gli aerogeneratori saranno collegati alla nuova Cabina di Raccolta Utente a 36 kV, posta sempre nel Comune di Calangianus, tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 36 kV. L’impianto si collegherà alla RTN per la consegna della energia elettrica prodotta tramite collegamento in antenna a 36 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata “Tempio” (prevista dal Piano di sviluppo Terna) da collegare, tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV, a una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN di Codrongianos.



**Figura 6 – Layout impianto eolico “Tempio II”**

Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro in due gruppi di 3 turbine ciascuno, tramite cavi di AT da 36 kV, costituendo così n.2 distinti sottocampi e collegati dapprima alla cabina di sezionamento e da quest’ultima alla cabina di raccolta a 36 kV 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).

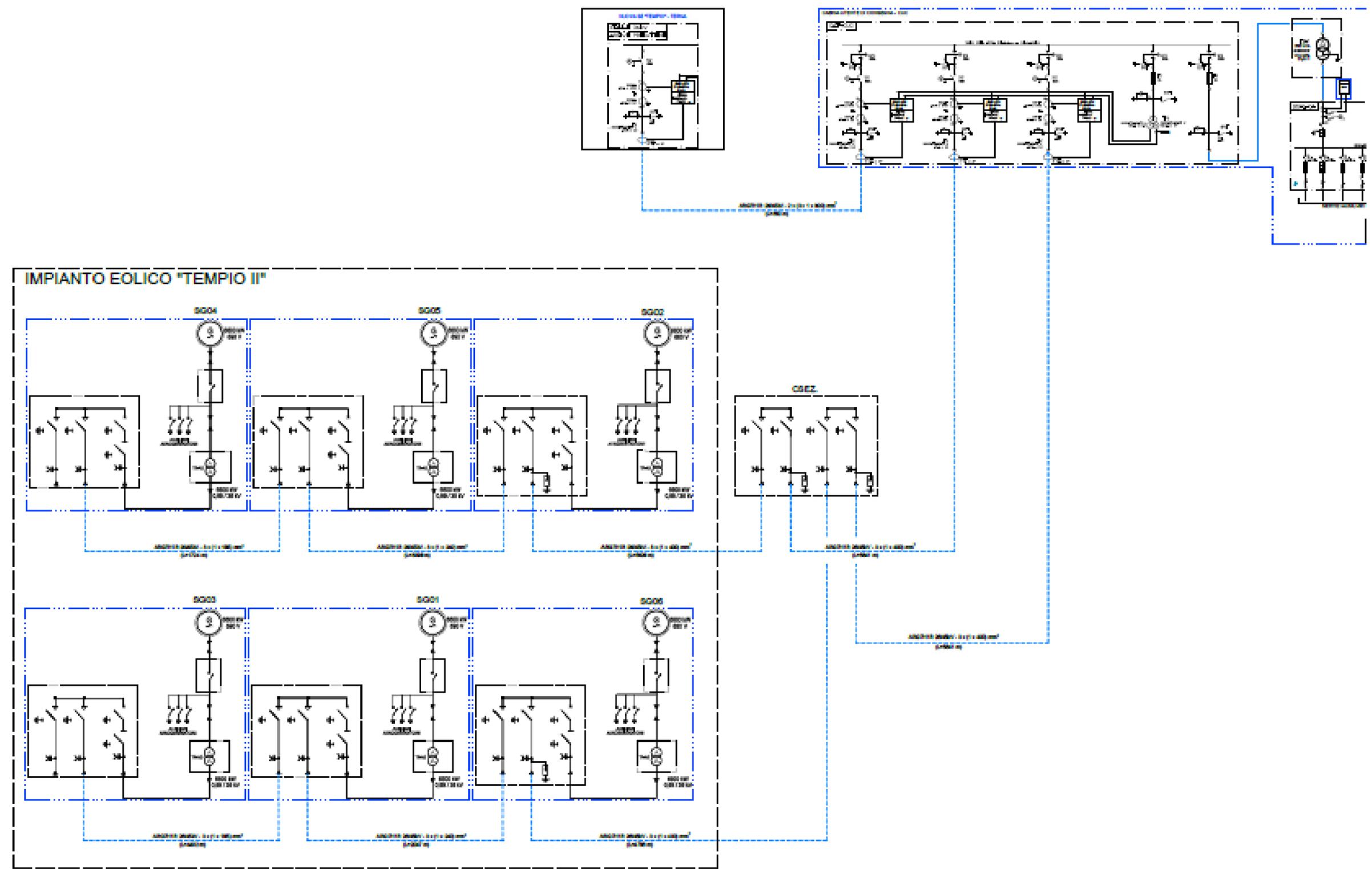


Figura 7 – Schema di rete distribuzione impianto



## 6. LISTA ANAGRAFICA DEI COMPONENTI L'IMPIANTO

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

- Aerogeneratori;
- Cavidotti;
- Cabina di Raccolta Utente a 36 kV;
- Opere di rete per la connessione alla 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.

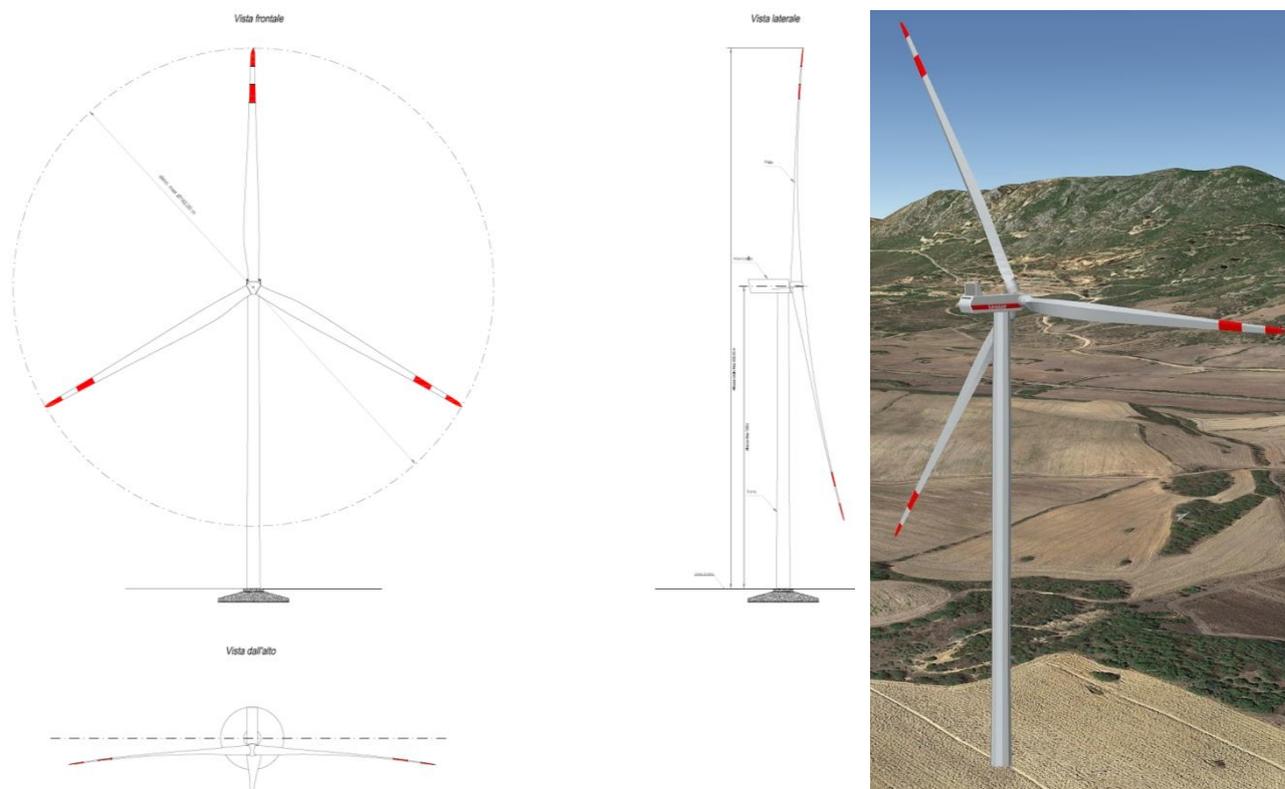
Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto è il Siemens Gamesa SG170-6.6\_HH155, un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e potenza massima di 6600 KW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo di 170 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 155 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 due bande di colore rosso (RAL3020) ciascuna di 7 m ed intervallate da una banda di colore chiaro (RAL 7035), per un totale di 21 m.



**Figura 9 – Aerogeneratore tipo e vista 3D**

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 25 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 Siemens Gamesa SG170-6.6\_HH155, 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  | 6600 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                                 |
| Velocità nominale   | Circa 8.8 rpm                                  |
| Velocità vento di cut-in  | 3 m/s  |
| Velocità vento di cut-out   | 25 m/s   |
| Velocità vento di Cut-back-in   | 23 m/s   |



|  |  |
|--|--|
| Vita di funzionamento stimata                      | ≥ 20 anni  |
| <b>TORRE</b>                                       |  |
| Tipologia  | HH155  |
| Altezza all' Hub                                   | 155 m  |
| Classe vento                                       | DIBt S/ IEC S  |
| Numero di sezioni                                  | 7  |
| <b>ROTORE</b>                                      |  |
| Diametro rotore                                    | 170.0 m  |
| Area spazzata                                      | 22.686 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                                   | 83.3 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<br>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-<br>/15/12)   |
| <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>                               |  |

|  |  |   |        |        |
|--|--|---|--------|--------|
|  <p>AEI WIND<br/>PROJECT XVI S.R.L.<br/>P.I. 17264911003<br/>Via Savoia 78<br/>00198 Roma</p> | <p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA</p> |  <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p> |        |        |
|  |  | 10/05/2024  | REV: 1 | Pag.24 |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 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.<br>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/AT con isolamento in resina;
- quadro di alta 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 36 kV con apposito trasformatore all'interno dell'aerogeneratore stesso.

### 6.1.3. Sistemi elettrici e di controllo esterni

L'energia prodotta verrà trasportata alla Cabina elettrica di raccolta utente a 36 kV, per la consegna sulla rete di TERNA.

Le linee interrato saranno ubicate preferibilmente lungo la rete viaria esistente.

Il cavo, all'interno della trincea, sarà posizionato in modo tale da avere l'estradosso ad una profondità minima di 1,5 m.

Le linee elettriche in AT dell'impianto saranno realizzate posando il cavo il più possibile all'interno delle strade già esistenti e collegherà gli aerogeneratori alla rete nazionale di distribuzione elettrica.

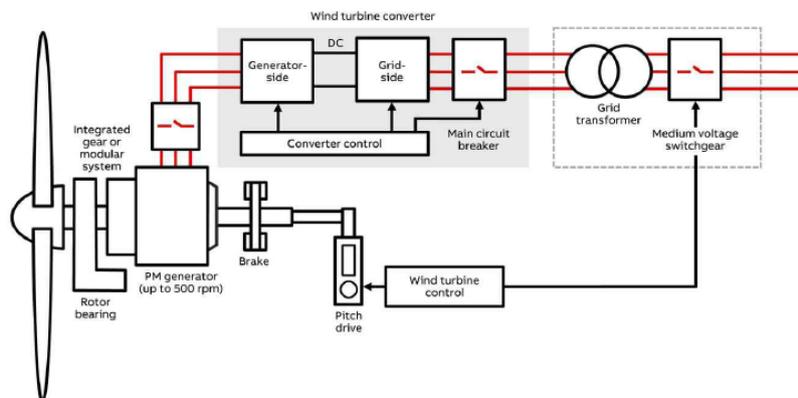
### 6.1.4. Descrizione dei componenti principali

All'interno dell'aerogeneratore, la tensione a 0,69 kV prodotta dalla macchina verrà elevata a 36 kV tramite le seguenti componenti all'interno dello stesso:

- l'arrivo del cavo BT (0,69 kV) dall'aerogeneratore;
- il trasformatore BT/AT (0,69/36 kV);
- la cella AT (36 kV) per la partenza verso i quadri di macchina e da lì verso la cabina di raccolta.

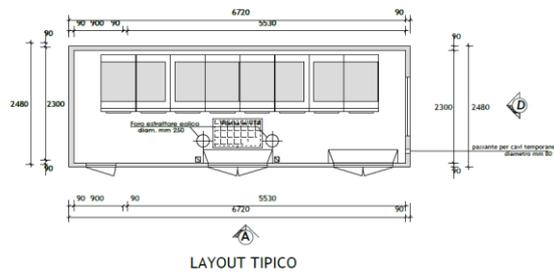
I quadri all'interno dell'aerogeneratore comprenderanno le seguenti apparecchiature:

- un quadro AT 36 kV composto da uno scomparto per l'arrivo dal trasformatore BT/AT 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 10** – Schematico aerogeneratore

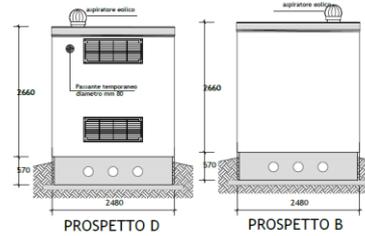
Dagli aerogeneratori partiranno i collegamenti alla cabina di sezionamento, per poi giungere alla Cabina di raccolta utente a 36 kV per la successiva connessione alla RTN. Di seguito si riporta il layout tipico della cabina di sezionamento.



LAYOUT TIPICO

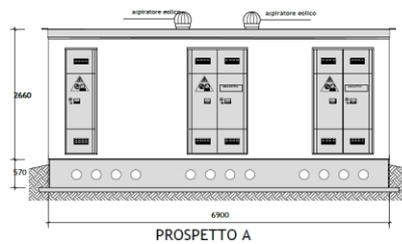
Cabina monoblocco in c.a.v. ENEL/MISURE  
Conforme alla specifica di costruzione ENEL DG2092  
Ed.3 del 15-Sett.-2016

- FORI A PAVIMENTO
- COPERTURE
- COLORE FRONTE COPERTURA : DA DEFINIRE
- COLORE ESTERNO : DA DEFINIRE
- COLORE VISCA DI FONDAZIONE: GRIGIO CEMENTO
- RFINITURA ESTERNA : GRAFFIATO

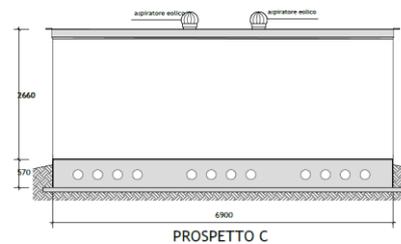


PROSPETTO D

PROSPETTO B



PROSPETTO A



PROSPETTO C

**Figura 11 – Layout tipico Cabina di Sezionamento**

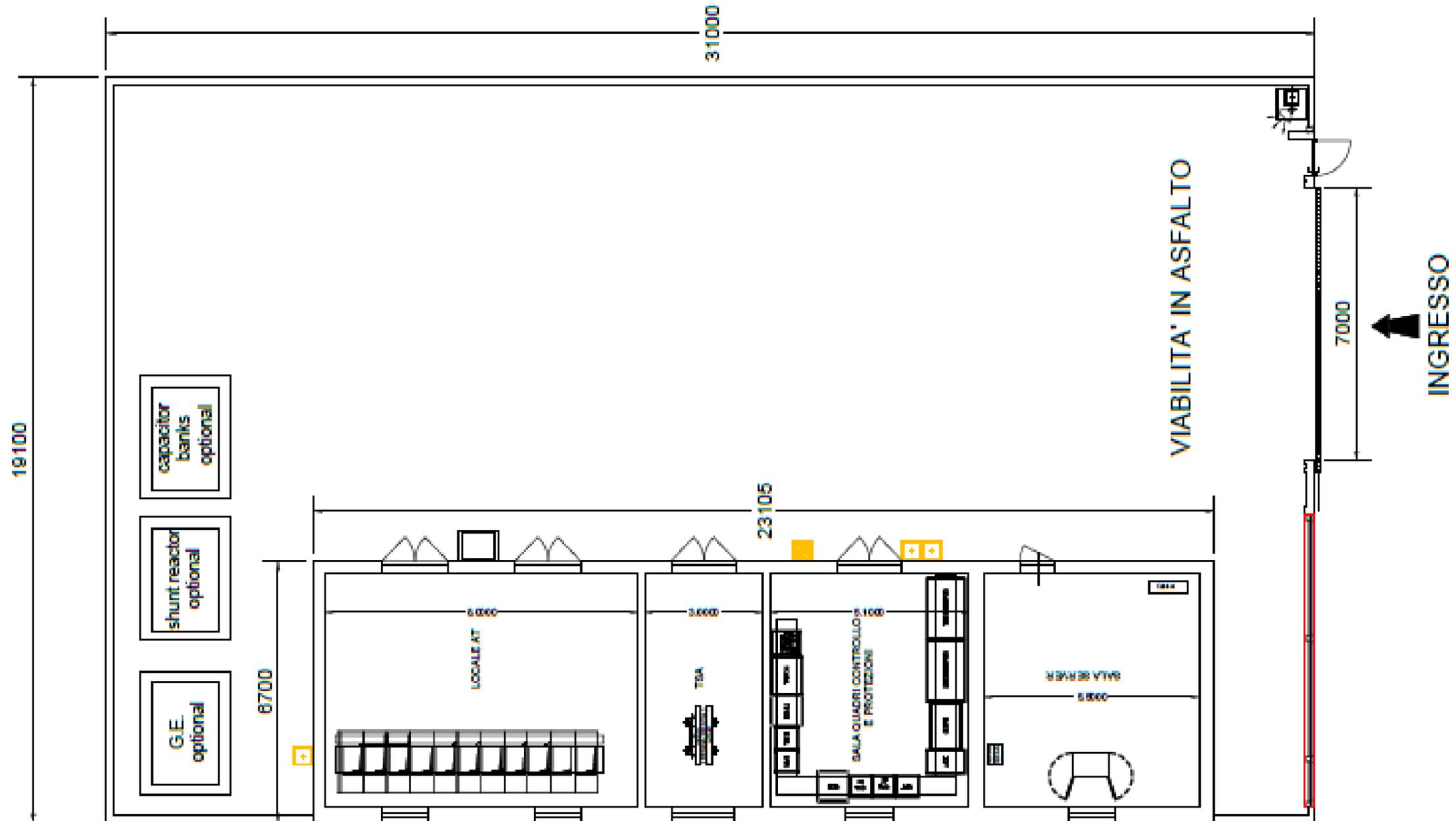


Figura 12 – Cabina Utente di raccolta

### 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. Potenza Stimata del Parco eolico

L'impianto in progetto è ubicato nella Regione Sardegna, nel territorio del Comune di Calangianus. L'area di progetto su cui verrà realizzato il parco eolico è caratterizzata da orografia tipica delle zone collinari della zona, priva di complicazioni eccessive e con un'altezza media compresa tra 510 e 697 metri sul livello del mare.

Per quanto riguarda le condizioni climatiche sito specifiche, è stata considerata una temperatura media annua di 16.5 °C e una densità media dell'aria nel sito all'altezza del mozzo è:  $\rho = 1,11 \text{ Kg/m}^3$ .

Attualmente il sito presenta un uso del suolo principalmente agricolo. La copertura vegetale arborea è scarsa, quindi l'area in esame è caratterizzata da una rugosità media, caratteristica favorevole allo sfruttamento del vento.

Le turbine eoliche saranno posizionate in modo omogeneo, in direzione perpendicolare al vento prevalente W.

Per la realizzazione dello studio preliminare è stata analizzata una serie storica di 5 anni di dati provenienti dal database ERA-5 ad altezze di 2, 10 e 100 m.

Il punto di riferimento utilizzato per ottenere i dati di velocità e direzione del vento è di seguito descritto ed identificato:

- Coordinate: 40.953171E, 9.293081m N Huso 32T
- Altezza al livello del mare: 600 m
- Periodo download dati: 01/01/2016 - 01/01/2021

La direzione del vento nel sito mostra chiaramente una direzione del vento predominante da Ovest, sia in frequenza che in energia. Come mostrato nella seguente immagine:

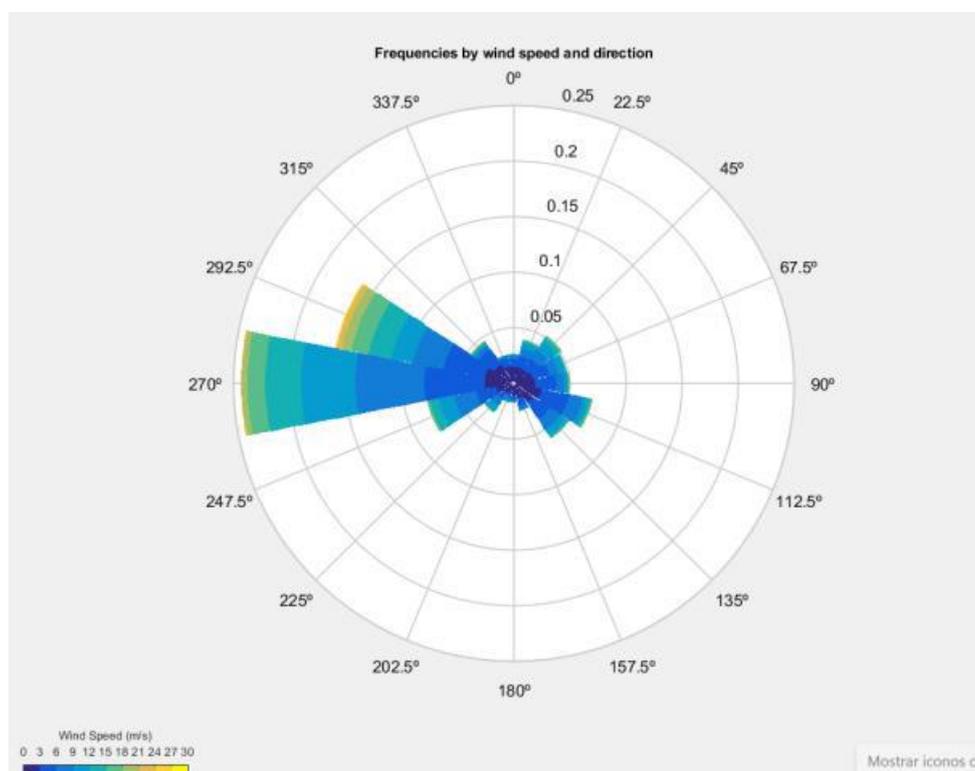


Figura 13 – Rosa dei venti del progetto Tempio II



L'analisi anemologica è stata ottenuta attraverso l'utilizzo del software Furow e analizzando serie storiche e dati di bibliografia di riferimento e rappresentative dell'area oggetto di studio in cui è stato possibile calcolare la statistica media del vento a lungo termine.

Eseguendo l'extrapolazione verticale è stato calcolato che il vento a 155 mt ha una velocità media di 8.606 m/s. Sempre utilizzando il software Furow è stata estrapolata la statistica del vento nella posizione di ogni aerogeneratore e, a partire da quest'ultima, è stata calcolata la produzione totale del parco eolico.

**La produzione annuale al netto delle perdite è di 143441.0[MWh/anno] e 3622.25 ore equivalenti.**

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

### 6.1.7. Analisi acustica

Come riportato nello specifico studio specialistico “Valutazione previsionale di impatto acustico e di clima acustico”, al quale si rimanda per maggiori dettagli, le schede tecniche del fornitore riportano che la modalità di funzionamento degli aerogeneratori, SG 6.6 da 6.6MW, più gravosa dal punto di vista acustico sia quella caratterizzata da una velocità del vento all’hub (155 metri) pari a 9 m/s, come evidenziato nella seguente tabella, alla modalità di funzionamento AM 0, cui corrisponde la condizione degli aerogeneratori più gravosa dal punto di vista acustico, corrisponde un livello di potenza sonora  $L_w = 106,0$  dB(A).

Product customer documentation  
Developer Package

**SIEMENS Gamesa**  
RENEWABLE ENERGY

## 13. Acoustic Emission

### Typical Sound Power Levels

The sound power levels are presented with reference to the code IEC 61400-11 ed. 3.0 (2012). The sound power levels ( $L_{WA}$ ) presented are valid for the corresponding wind speeds referenced to the hub height.

| Wind speed [m/s] | 3    | 4    | 5    | 6    | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | Up to cut-out |
|------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| AM 0             | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.7 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0         |
| AM-1             | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.7 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0         |
| AM-2             | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.7 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0         |
| AM-3             | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.7 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0         |
| AM-4             | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.7 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0         |
| AM-5             | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.7 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0         |
| AM-6             | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.7 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0 | 106.0         |
| N1               | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.7 | 105.5 | 105.5 | 105.5 | 105.5 | 105.5         |
| N2               | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 104.5 | 104.5 | 104.5 | 104.5 | 104.5 | 104.5         |
| N3               | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 103.0 | 103.0 | 103.0 | 103.0 | 103.0 | 103.0         |
| N4               | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.8 | 102.0 | 102.0 | 102.0 | 102.0 | 102.0 | 102.0         |
| N5               | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 101.0 | 101.0 | 101.0 | 101.0 | 101.0 | 101.0 | 101.0         |
| N6               | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0         |
| N7               | 92.0 | 92.0 | 94.5 | 98.4 | 99.0  | 99.0  | 99.0  | 99.0  | 99.0  | 99.0  | 99.0          |

Table 1: Acoustic emission,  $L_{WA}$  [dB(A) re 1 pW] (10 Hz to 10 kHz)

### Low Noise Operations (NRS ®)

The lower sound power level is also available and can be achieved by adjusting the turbines controller settings, i.e. an optimization of rpm and pitch. The noise settings are not static and can be applied to optimize the operational output of the turbine. Noise settings can be tailored to time of day as well as wind direction to offer the most suitable solution for a specific location. This functionality is controlled via the WebWPS SCADA system and is described further in the white paper on Noise Reduction Operations. Furthermore, tailored power curves can be provided which take wind speed into consideration allowing for management of the turbine output power and noise emission level to comply with site specific noise requirements. Tailored power curves are project and turbine specific and will therefore require Siemens Gamesa Siting involvement to provide the optimal solutions. The lower sound power levels may not be applicable to all tower variants. Please contact Siemens Gamesa for further information.

Per sua natura il funzionamento di un parco eolico è possibile solo con presenza di vento nel sito di installazione in tutti giorni dell'anno. La legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

I valori limite delle emissioni sonore delle sorgenti fisse di cui all'art. 2, comma 1, lettera c) della legge 447 sono indicati nella tabella B del DPCM 14/11/97 e dipendono dalle classi di destinazione d'uso del territorio. È necessario che, per la loro applicabilità, i comuni abbiano provveduto alla zonizzazione acustica del proprio territorio.

I valori assoluti delle immissioni sonore dipendono dalla zonizzazione acustica del territorio e sono indicati nella tabella C del DPCM 14/11/97 e dipendono anch'essi dalle classi di destinazione d'uso del territorio. I valori limite assoluti delle immissioni sonore sono gli stessi definiti in precedenza dal DPCM 1/3/91. I valori limite differenziali di immissione sono mantenuti nella quantità di 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno. Di seguito si riportano le classi e i valori limite assoluti di immissione, riferiti al rumore immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti e determinati con riferimento al livello equivalente di rumore ambientale.

Valori limite di emissione LAeq in dB(A)

| FASCIA TERRITORIALE                    | DIURNO (6 ÷ 22) | NOTTURNO (22 ÷ 6) |
|--|-----------------|-------------------|
| 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                |

Valori limite di immissione LAeq in dB(A)

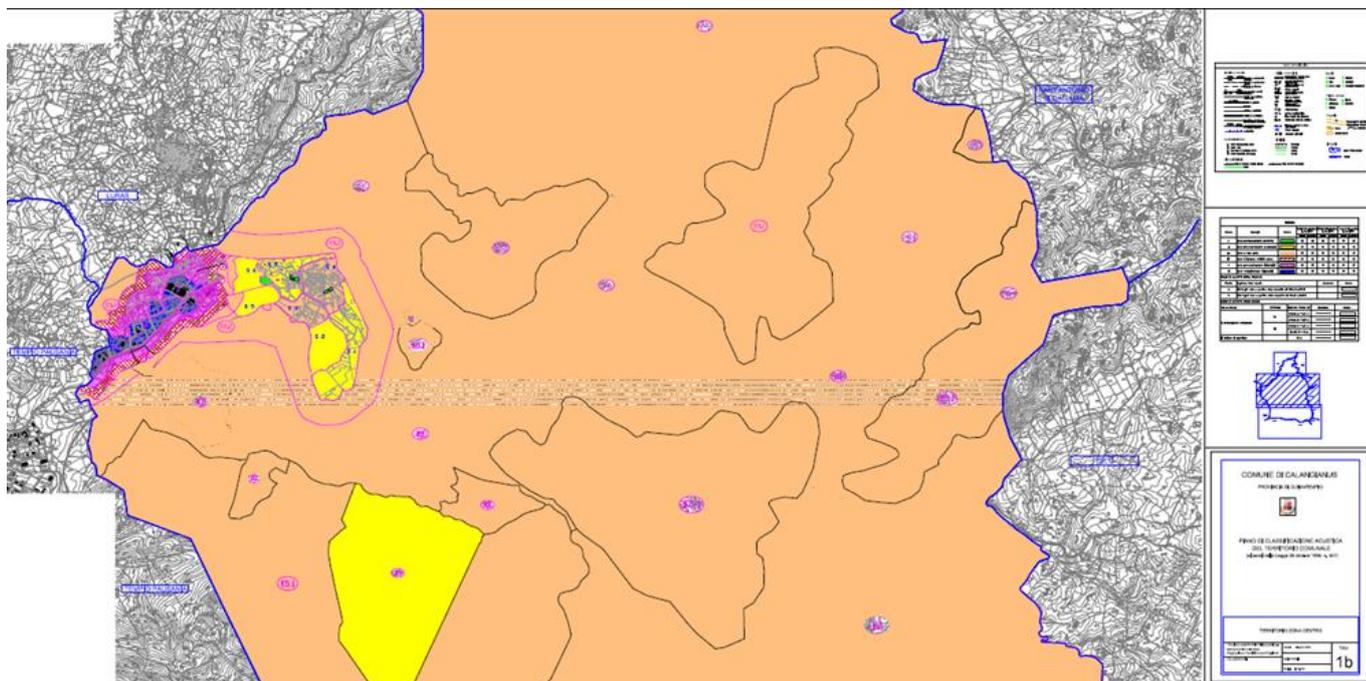
| FASCIA TERRITORIALE                    | DIURNO (6 ÷ 22) | NOTTURNO (22 ÷ 6) |
|--|-----------------|-------------------|
| I - Aree particolarmente protette      | 50              | 40                |
| II - Aree prevalentemente residenziali | 55              | 45                |
| III - Aree di tipo misto               | 60              | 50                |
| IV - Aree di intensa attività umana    | 65              | 55                |
| V - Aree prevalentemente industriali   | 70              | 60                |
| VI - Aree esclusivamente industriali   | 70              | 70                |

Il comune direttamente o indirettamente interessato dalla realizzazione del parco eolico in fase di esercizio è solo quello di Calangianus.

Come precisato precedentemente, l'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade all'interno dei territori comunali di Calangianus, amministrazione dotata di piano di classificazione acustica comunale la cui approvazione definitiva è avvenuta con Delibera di C.C. N° 23 DEL 24-05-2012.

Dalla consultazione dei dati reperiti si evince un'assegnazione delle aree alla classe acustica III.

**“CLASSE III – Aree di tipo misto”**: aree urbane interessate da traffico veicolare di tipo locale e di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, con limitata presenza di attività artigianali e totale assenza di attività industriali. Aree rurali, interessate da attività che impiegano macchine operatrici.



**Figura 15 – Piano di Classificazione Acustica del Comune di Calangianus**

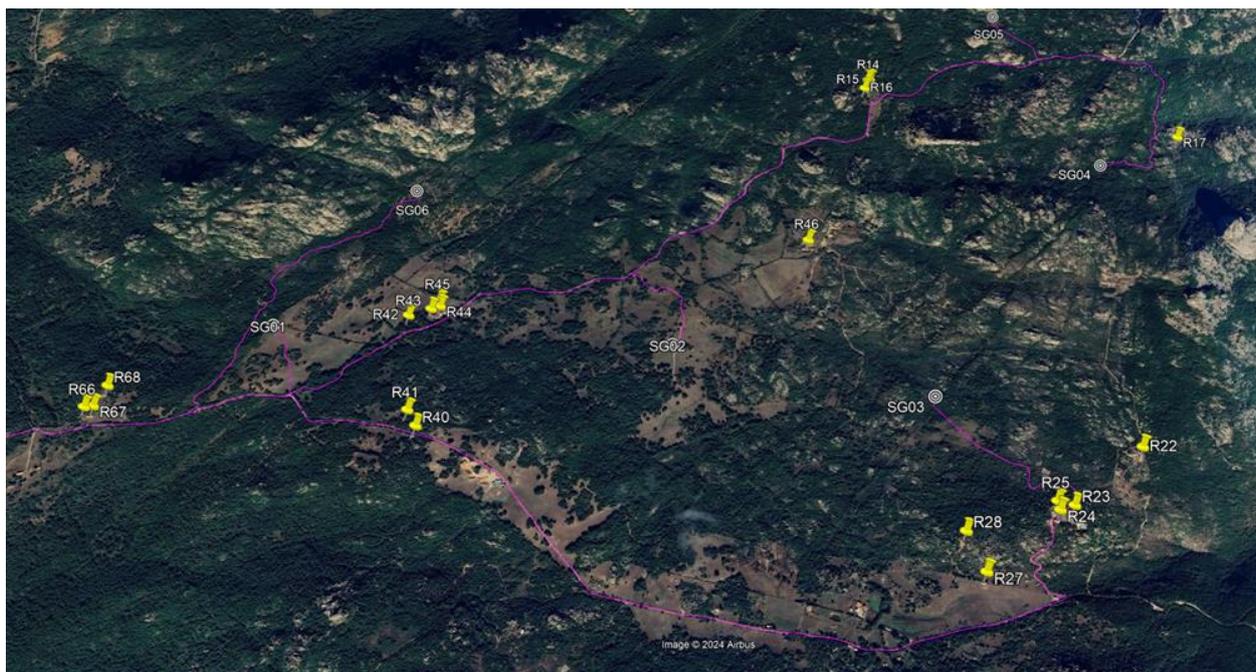
Allo stato attuale il territorio oggetto di interesse per il presente studio ha una connotazione prevalentemente agricola e dedicata al pascolo. Sono presenti in prevalenza fabbricati rurali adibiti a deposito di attrezzi agricoli e scorte per i fondi, oltre ad alcune strutture per il ricovero di animali, con eventuale presenza di persone solo saltuaria e finalizzata a scopi lavorativi.

Ai fini di censire i ricettori presenti nel territorio interessato e di verificare la destinazione d'uso degli stessi (es. uso residenziale o uso agropastorale) ci si è basati sui dati forniti dalla committenza, aiutandosi con le immagini satellitari disponibili.

I fabbricati censiti sono ubicati entro un raggio di 1500 metri di distanza dagli aerogeneratori e di fatto si tratta di costruzioni anche non accatastate, di fatto presumibilmente utilizzate, quando non diroccate e in stato di abbandono, come ovili o depositi. Non sono presenti ricettori sensibili quali scuole e asili nido, ospedali, case di cura e riposo.

| CODICE RICETTORE | COMUNE      | MAPPALE | PARTICELLA | CATEGORIA CATASTALE | BUFFER (m) |
|------------------|-------------|---------|------------|---------------------|------------|
| R14              | Calangianus | 33      | 96         | F02                 | 1500       |
| R15              | Calangianus | 33      | 102        | C02                 | 1500       |
| R16              | Calangianus | 33      | 104        | C02                 | 1500       |
| R17              | Calangianus | 38      | 164        | C02                 | 1500       |
| R22              | Calangianus | n.d.    | n.d.       | n.d.                | 1500       |
| R23              | Calangianus | 37      | 115        | A02/C02             | 1500       |

|     |             |      |      |         |      |
|-----|-------------|------|------|---------|------|
| R24 | Calangianus | 37   | 116  | A03     | 1500 |
| R25 | Calangianus | 37   | 113  | A03     | 1500 |
| R27 | Calangianus | 37   | 120  | D10     | 1500 |
| R28 | Calangianus | 37   | 165  | A04     | 1500 |
| R40 | Calangianus | 37   | 62   | C06     | 1500 |
| R41 | Calangianus | 37   | 138  | A03     | 1500 |
| R42 | Calangianus | 32   | 137  | D10     | 1500 |
| R43 | Calangianus | 32   | 136  | D10     | 1500 |
| R44 | Calangianus | 32   | 135  | D10     | 1500 |
| R45 | Calangianus | 32   | 180  | D10     | 1500 |
| R46 | Calangianus | n.d. | n.d. | n.d.    | 1500 |
| R66 | Calangianus | n.d. | n.d. | n.d.    | 1500 |
| R67 | Calangianus | 32   | 141  | C02/C06 | 1500 |
| R68 | Calangianus | 32   | 140  | C06     | 1500 |



**Figura 16 – Collocazione geografica dei ricettori rispetto alle turbine eoliche**

La parte di territorio interessata dalla realizzazione del Parco eolico è caratterizzata dalla scarsa presenza di sorgenti sonore.

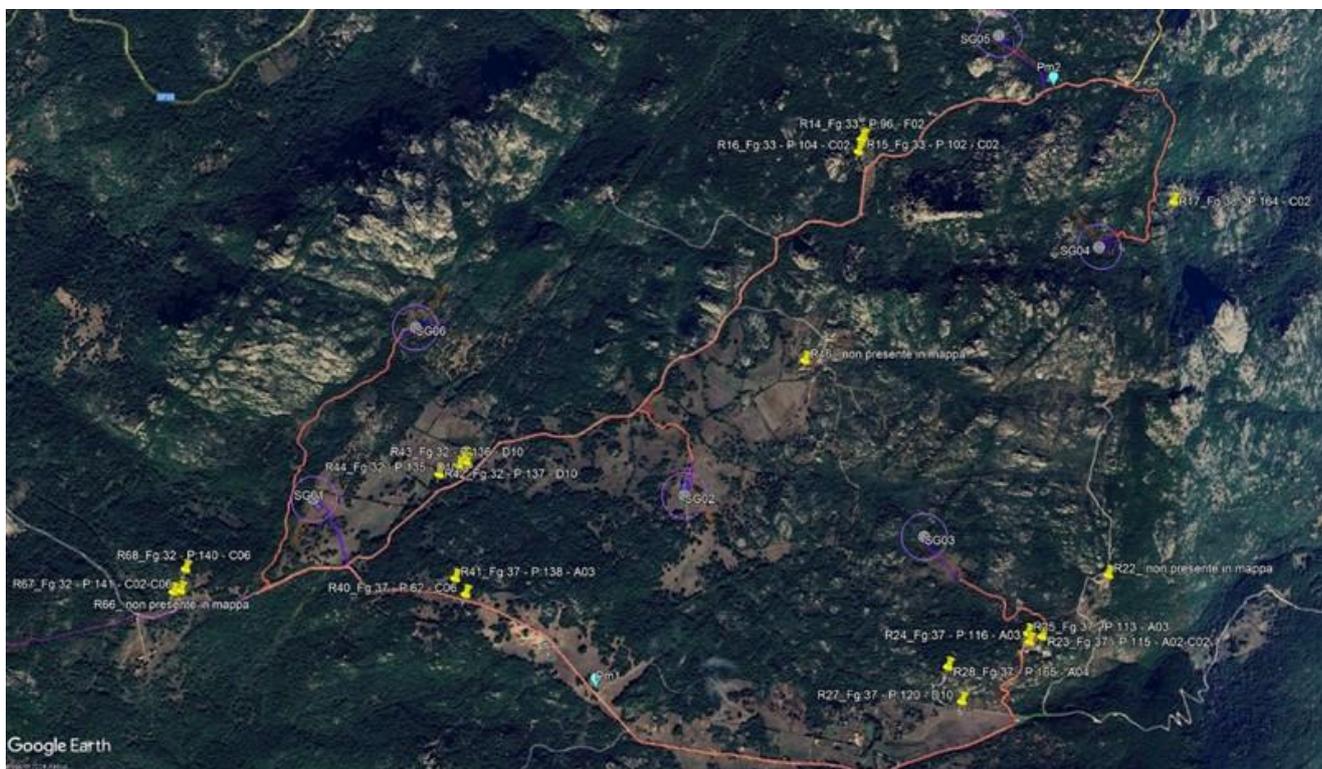
Per il resto si tratta di un territorio costituito quasi esclusivamente da terreni a destinazione d'uso agricola e pascoli, le cui uniche sorgenti sonore sono rappresentate dalle piccole attività delle aziende agricole e di allevamento presenti nel territorio che fanno uso di macchinari agricoli e mezzi quali trattori, ecc.

Per quanto riguarda le misurazioni meteorologiche, sono state utilizzate 2 stazioni meteo Davis Vantage Vue con specifiche tecniche conformi alle caratteristiche minime indicate nell'appendice A.2, prospetto A.2 della UNI/TS 11143-7:2013.

I rilievi, aventi lo scopo di caratterizzare il clima acustico "ante-operam", hanno interessato il Tempo di riferimento (TR) diurno (ore 06:00-22:00) e il TR notturno (ore 22:00-06:00).

I punti di misura sui quali sono stati effettuati i rilievi sono stati individuati in posizioni ritenute significative per la descrizione del clima acustico delle aree interessate dalla realizzazione del parco eolico, tenendo anche conto della possibilità di accesso a tali aree.

Di seguito si riportano la postazione di misura, la posizione del ricettore più prossimi rispetto all'impianto di progetto:



**Figura 17 – Collocazione geografica delle stazioni fonometriche**

Le condizioni riscontrate sulle postazioni di misura sono state influenzate dalla rumorosità associata all'attività di allevamento che si svolge nell'area oggetto di indagine, data dalla presenza e dagli spostamenti degli animali, ecc., durante tutto l'arco della giornata.

In generale, per quanto riguarda le misure effettuate, si può rilevare che nell'area non si riscontra la presenza di siti industriali in attività di tipo continuo. Sono presenti strade secondarie che sono soggette al passaggio di mezzi agricoli o di automobili di proprietà dei proprietari di poderi, non frequentati in periodo notturno.

Dall'analisi dei dati ottenuti si ricava che per il sito in esame il rumore residuo, con velocità del vento pari a 5,2 m/s alla quota di 2 metri, è stato determinato in 49,5 dB(A) nel TR diurno e 43,5 dB(A) nel TR notturno per la postazione di misura 1, considerata rappresentativa, approssimativamente, della parte Sud del parco in progetto, mentre, per la

postazione di misura 2, considerata rappresentativa, approssimativamente, della parte Nord del parco in progetto, il rumore residuo è stato determinato in 47,5 dB(A) nel TR diurno e 41,6 dB(A) nel TR notturno.

Tale valore è comprensivo anche degli eventuali contributi delle altre sorgenti presenti nell'area di studio così come precedentemente individuate.

Dalla simulazione si ottengono i seguenti valori di emissione sui ricettori:

| RICETTORE | LIVELLO DI EMISSIONE DIURNO [dB(A)] | LIVELLO DI EMISSIONE NOTTURNO [dB(A)] | COMUNE      | CLASSE ACUSTICA | LIMITE DIURNO [dB(A)] | LIMITE NOTTURNO [dB(A)] |
|-----------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| R14       | 37,4                                | 37,4                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R15       | 37,2                                | 37,2                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R16       | 36,9                                | 36,9                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R17       | 40,7                                | 40,7                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R22       | 36,5                                | 36,5                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R23       | 38,2                                | 38,2                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R24       | 38,5                                | 38,5                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R25       | 39,3                                | 39,3                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R27       | 31,1                                | 31,1                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R28       | 39,6                                | 39,6                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R40       | 37,6                                | 37,6                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R41       | 38,9                                | 38,9                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R42       | 41,5                                | 41,5                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R43       | 41,5                                | 41,5                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R44       | 41,4                                | 41,4                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R45       | 41,4                                | 41,4                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R46       | 38,7                                | 38,7                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R66       | 36,2                                | 36,2                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R67       | 36,9                                | 36,9                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |
| R68       | 38,3                                | 38,3                                  | CALANGIANUS | III             | 55                    | 45                      |

Essendo il territorio in esame assegnato alla classe acustica III, in cui il limite di emissione è pari a 55 dB(A) nel periodo di riferimento diurno e 45 dB(A) nel periodo di riferimento notturno, si evince che i valori di emissione ottenuti sono inferiori ai limiti.

Il risultato, invece, della simulazione restituisce i seguenti valori di immissione sui ricettori:

| RICETTORE | LIVELLO DI IMMISSIONE DIURNO [dB(A)] | LIVELLO DI IMMISSIONE NOTTURNO [dB(A)] | COMUNE      | CLASSE ACUSTICA | LIMITE DIURNO [dB(A)] | LIMITE NOTTURNO [dB(A)] |
|-----------|--------------------------------------|--|-------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| R14       | 47,9                                 | 43,0                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R15       | 47,9                                 | 42,9                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R16       | 47,9                                 | 42,9                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R17       | 48,3                                 | 44,2                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R22       | 49,7                                 | 44,3                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R23       | 49,8                                 | 44,6                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R24       | 49,8                                 | 44,7                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R25       | 49,9                                 | 44,9                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R27       | 49,6                                 | 43,7                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R28       | 49,9                                 | 45,0                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R40       | 49,8                                 | 44,5                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |
| R41       | 49,9                                 | 44,8                                   | CALANGIANUS | III             | 60                    | 50                      |

|     |      |      |             |     |    |    |
|-----|------|------|-------------|-----|----|----|
| R42 | 50,1 | 45,6 | CALANGIANUS | III | 60 | 50 |
| R43 | 50,1 | 45,6 | CALANGIANUS | III | 60 | 50 |
| R44 | 50,1 | 45,6 | CALANGIANUS | III | 60 | 50 |
| R45 | 50,1 | 45,6 | CALANGIANUS | III | 60 | 50 |
| R46 | 49,8 | 44,7 | CALANGIANUS | III | 60 | 50 |
| R66 | 49,7 | 44,2 | CALANGIANUS | III | 60 | 50 |
| R67 | 49,7 | 44,4 | CALANGIANUS | III | 60 | 50 |
| R68 | 49,8 | 44,6 | CALANGIANUS | III | 60 | 50 |

Essendo il territorio in esame assegnato alla classe acustica III, in cui il limite di immissione è pari a 60 dB(A) nel periodo di riferimento diurno e 50 dB(A) nel periodo di riferimento notturno, si evince che i valori di immissione ottenuti sono non superiori ai limiti sia per il tempo di riferimento diurno che notturno per i ricettori considerati nel presente studio.

Per un'ulteriore verifica si sono stimati i limiti differenziali d'immissione, all'interno degli ambienti abitativi che da normativa risultano essere pari a:

- 5 dB per il periodo diurno;
- 3 dB per il periodo notturno.

I limiti differenziali non si applicano nei seguenti casi, poiché ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

- se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- se il livello del rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

Il Livello differenziale di rumore (LD) è dato dalla differenza tra il livello di rumore ambientale (LA) e quello di rumore residuo (LR),  $LD = (LA - LR)$ .

Si ottiene, per il caso in esame:

| RICETTORE | LIVELLO DI IMMISSIONE DIURNO [dB(A)] | RUMORE RESIDUO DIURNO [dB(A)] | DIFFERENZIALE DIURNO [dB(A)] |
|-----------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| R14       | 47,9                                 | 47,5                          | 0,4                          |
| R15       | 47,9                                 | 47,5                          | 0,4                          |
| R16       | 47,9                                 | 47,5                          | 0,4                          |
| R17       | 48,3                                 | 47,5                          | 0,8                          |
| R22       | 49,7                                 | 49,5                          | 0,2                          |
| R23       | 49,8                                 | 49,5                          | 0,3                          |
| R24       | 49,8                                 | 49,5                          | 0,3                          |
| R25       | 49,9                                 | 49,5                          | 0,4                          |
| R27       | 49,6                                 | 49,5                          | 0,1                          |
| R28       | 49,9                                 | 49,5                          | 0,4                          |
| R40       | 49,8                                 | 49,5                          | 0,3                          |
| R41       | 49,9                                 | 49,5                          | 0,4                          |
| R42       | 50,1                                 | 49,5                          | 0,6                          |

|     |      |      |     |
|-----|------|------|-----|
| R43 | 50,1 | 49,5 | 0,6 |
| R44 | 50,1 | 49,5 | 0,6 |
| R45 | 50,1 | 49,5 | 0,6 |
| R46 | 49,8 | 49,5 | 0,3 |
| R66 | 49,7 | 49,5 | 0,2 |
| R67 | 49,7 | 49,5 | 0,2 |
| R68 | 49,8 | 49,5 | 0,3 |

per il TR notturno (LD < 3 dB):

| RICETTORE | LIVELLO DI IMMISSIONE NOTTURNO [dB(A)] | RUMORE RESIDUO NOTTURNO [dB(A)] | DIFFERENZIALE NOTTURNO [dB(A)] |
|-----------|--|---------------------------------|--------------------------------|
| R14       | 43,0                                   | 41,6                            | 1,4                            |
| R15       | 42,9                                   | 41,6                            | 1,3                            |
| R16       | 42,9                                   | 41,6                            | 1,3                            |
| R17       | 44,2                                   | 41,6                            | 2,6                            |
| R22       | 44,3                                   | 43,5                            | 0,8                            |
| R23       | 44,6                                   | 43,5                            | 1,1                            |
| R24       | 44,7                                   | 43,5                            | 1,2                            |
| R25       | 44,9                                   | 43,5                            | 1,4                            |
| R27       | 43,7                                   | 43,5                            | 0,2                            |
| R28       | 45,0                                   | 43,5                            | 1,5                            |
| R40       | 44,5                                   | 43,5                            | 1,0                            |
| R41       | 44,8                                   | 43,5                            | 1,3                            |
| R42       | 45,6                                   | 43,5                            | 2,1                            |
| R43       | 45,6                                   | 43,5                            | 2,1                            |
| R44       | 45,6                                   | 43,5                            | 2,1                            |
| R45       | 45,6                                   | 43,5                            | 2,1                            |
| R46       | 44,7                                   | 43,5                            | 1,2                            |
| R66       | 44,2                                   | 43,5                            | 0,7                            |
| R67       | 44,4                                   | 43,5                            | 0,9                            |
| R68       | 44,6                                   | 43,5                            | 1,1                            |

Si ha quindi il rispetto del limite differenziale di rumore in orario diurno e notturno.

L'analisi dei risultati delle misure e dei calcoli di previsione, sopra riportati, induce a valutare che non ci saranno incrementi dei livelli sonori della zona e pertanto la realizzazione dell'opera rispetterà i limiti di immissione della classe acustica dell'area di studio.

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.

La rumorosità delle attività di cantiere sarà strettamente connessa alle tipologie di macchinari che verranno impiegati e

alle scelte operative dell'Impresa Appaltatrice che realizzerà l'opera. Si riporta la suddivisione dei mezzi utilizzati per le differenti attività svolte:

| Attività lavorativa  | Mezzi impiegati | Livello potenza sonora Lw |
|--|-----------------|---------------------------|
| <b>Scenario 1</b>  |                 |                           |
| Esecuzione plinti di fondazione e loro rinterro, scavi e rinterri cavidotti, sistemazioni stradali, lavori edili sottostazione | N.1 escavatore  | 102,5 dB                  |
|  | N.2 autocarro   | 108,5 dB                  |
|  | N.1 tranch      | 117,4 dB                  |
|  | N.1 camion gru  | 99,6 dB                   |
|  | N.1 bobcat      | 112,9 dB                  |
| <b>Scenario 2</b>  |                 |                           |
| Montaggio apparecchiature elettromeccaniche, stesa delle linee MT entro scavo.   | N.1 escavatore  | 102,5 dB                  |
|  | N.1 camion gru  | 99,6 dB                   |

Mediante l'utilizzo del software *Cadna Versione 4.4.145*, © *DataKustik GmbH* si è verificato il rispetto del limite assoluto di immissione delle fasi di cantiere. La verifica fa riferimento alle condizioni di massima criticità delle emissioni sonore associate all'attività. In questo caso, le condizioni più gravose dal punto di vista acustico si hanno considerando tutte le sorgenti del cantiere in funzione. Inserendo i valori si ottiene:

| RICETTORE | LIVELLO DI IMMISSIONE Cantiere 1 [dB(A)] | COMUNE      | CLASSE ACUSTICA | LIMITE DIURNO [dB(A)] |
|-----------|--|-------------|-----------------|-----------------------|
| R14       | 43,5                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R15       | 43,2                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R16       | 42,4                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R17       | 43,9                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R22       | 40,4                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R23       | 39,2                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R24       | 39,3                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R25       | 42,5                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R27       | 36,9                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R28       | 46,4                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R40       | 43,9                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R41       | 45,4                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R42       | 46,6                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R43       | 46,7                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R44       | 46,7                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R45       | 46,8                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R46       | 44,9                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R66       | 39,2                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R67       | 40,4                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R68       | 42,0                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |

| RICETTORE | LIVELLO DI IMMISSIONE Cantiere 2 [dB(A)] | COMUNE      | CLASSE ACUSTICA | LIMITE DIURNO [dB(A)] |
|-----------|--|-------------|-----------------|-----------------------|
| R14       | 37,2                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R15       | 37,2                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R16       | 37,1                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |
| R17       | 37,2                                     | CALANGIANUS | III             | 60                    |

|     |      |             |     |    |
|-----|------|-------------|-----|----|
| R22 | 36,5 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R23 | 36,3 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R24 | 36,3 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R25 | 36,9 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R27 | 36,1 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R28 | 38,5 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R40 | 37,1 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R41 | 37,6 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R42 | 38,4 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R43 | 38,5 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R44 | 38,5 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R45 | 38,5 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R46 | 37,7 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R66 | 36,4 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R67 | 36,5 | CALANGIANUS | III | 60 |
| R68 | 37,5 | CALANGIANUS | III | 60 |

Tali valori rispettano i limiti di immissione assoluta per il periodo di riferimento diurno previsti anche nel caso di assegnazione delle aree in cui ricadono i ricettori alla classe acustica III. Si fa riferimento ai limiti previsti dalla classe acustica e non ai limiti in deroga per le attività di cantiere in quanto, dalle verifiche effettuate, non si sono ritrovate informazioni in merito all'esistenza di eventuali deroghe per tali attività.

In merito alla realizzazione degli elettrodotti di connessione interrati, in termini tipologico/generali, il cantiere è classificabile come "mobile".

Il cantiere della connessione sarà di tipo lineare e si prevede che, nelle fasi di maggior attività, opereranno contemporaneamente un numero stimato di 4 mezzi d'opera e l'eventuale impiego di un autocarro, nello specifico:

- 2 camion per il trasporto di materiale fuori dal sito
- 2 escavatori
- 1 autocarro

Si evidenzia che la valutazione previsionale acustica del cantiere di realizzazione del tracciato di connessione è stata condotta considerando esclusivamente la fase più critica individuata nello scavo della linea di connessione (5 mezzi d'opera attivi in contemporanea). Tale simulazione ha permesso di valutare il potenziale impatto del cantiere lineare nei confronti dei ricettori presenti lungo la linea.

Ai fini di una maggiore tutela dei ricettori, si è proceduto nel valutare l'emissione in facciata, durante le lavorazioni più rumorose, negli scenari più rappresentativi del presente studio:

cantiere temporaneo mobile in posizione frontale al ricettore alla distanza di circa 20 m dalla facciata con un'emissione in facciata calcolata in 75,0 dB(A).

Come indicato in precedenza, generalmente la durata complessiva delle lavorazioni, in prossimità di ogni ricettore, può essere stimata in circa 2 giorni lavorativi; pertanto, l'impatto verso i ricettori risulta presente per un tempo limitato.

Ad ogni modo durante la posa della linea dovrà essere prestata la giusta attenzione al potenziale impatto verso ogni singolo ricettore, anche mediante l'ausilio di stazioni di misura fonometriche, al fine di mettere in atto le eventuali mitigazioni

e/o limitando l'esecuzione delle attività durante le ore maggiormente silenziose. Gli eventuali superamenti dei limiti imposti dovranno essere autorizzati in deroga dal sindaco del Comune.

Il DPCM 1° marzo 1991 stabilisce che le attività temporanee, quali cantieri edili, qualora comportino l'impiego di macchinari ed impianti rumorosi, possono essere autorizzare anche in deroga ai limiti di cui al DPCM 1° marzo 1991, dal sindaco.

## 6.2. Cavidotti

### 6.2.1. Generalità

Coerentemente con la suddivisione in sottocampi di cui si è già parlato, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso la cabina di raccolta è articolato su n.2 distinte linee elettriche a 36 kV. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato AT 36 kV, di sezione pari al massimo a 400 mm<sup>2</sup>.

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sottocampo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato AT 36 kV, di sezione pari a crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore.

| Condizioni di esercizio AT |        |
|----------------------------|--------|
| cos φ <sub>av</sub>        | 0,900  |
| sen φ <sub>av</sub>        | 0,436  |
| V <sub>n</sub> [V]         | 36000  |
| P <sub>n</sub> [kW]        | 6600   |
| I <sub>n</sub> [A]         | 117,81 |

| LINEA-1 36kV  |              |                    |               |                 |            |             |               |           |                |
|---------------|--------------|--------------------|---------------|-----------------|------------|-------------|---------------|-----------|----------------|
| N° WTG        | TRATTA       | I <sub>n</sub> [A] | Lunghezza [m] | Sez. cavo [mmq] | C.d.t. [V] | C.d.t. [%]  | Ploss [kW]    | Ploss [%] | Posa           |
| 1             | SG04 >> SG05 | 117,81             | 1724          | 300             | 61,4       | 0,170       | 9,7           | 0,000     | ST - Trifoglio |
| 2             | SG05 >> SG02 | 235,22             | 3098          | 300             | 220,5      | 0,613       | 69,9          | 0,001     | ST - Trifoglio |
| 3             | SG02 >> CSEZ | 352,83             | 5628          | 400             | 502,3      | 1,395       | 229,1         | 0,001     | ST - Trifoglio |
| 3             | CSEZ >> CUC  | 352,83             | 5641          | 400             | 503,5      | 1,399       | 229,6         | 0,001     | ST - Trifoglio |
| <b>TOTALE</b> |              |                    | <b>16091</b>  |                 |            | <b>3,58</b> | <b>538,39</b> |           |                |

| LINEA-2 36kV  |              |                    |               |                 |            |             |               |           |                |
|---------------|--------------|--------------------|---------------|-----------------|------------|-------------|---------------|-----------|----------------|
| N° WTG        | TRATTA       | I <sub>n</sub> [A] | Lunghezza [m] | Sez. cavo [mmq] | C.d.t. [V] | C.d.t. [%]  | Ploss [kW]    | Ploss [%] | Posa           |
| 1             | SG03 >> SG01 | 117,81             | 4402          | 300             | 156,7      | 0,435       | 24,8          | 0,000     | ST - Trifoglio |
| 2             | SG01 >> SG06 | 235,22             | 2047          | 300             | 145,7      | 0,405       | 46,2          | 0,000     | ST - Trifoglio |
| 3             | SG06 >> CSEZ | 352,83             | 4796          | 400             | 428,1      | 1,189       | 195,2         | 0,001     | ST - Trifoglio |
| 3             | CSEZ >> CUC  | 352,83             | 5641          | 400             | 503,5      | 1,399       | 229,6         | 0,001     | ST - Trifoglio |
| <b>TOTALE</b> |              |                    | <b>16886</b>  |                 |            | <b>3,43</b> | <b>495,91</b> |           |                |

| CAVIDOTTO INTERRATO AT 36 kV IN DOPPIA TERNA CONDUTTORI UNPOLARI A TRIFOGLIO |                        |                    |               |                 |            |             |              |           |                |
|--|------------------------|--------------------|---------------|-----------------|------------|-------------|--------------|-----------|----------------|
| N° WTG   | TRATTA                 | I <sub>n</sub> [A] | Lunghezza [m] | Sez. cavo [mmq] | C.d.t. [V] | C.d.t. [%]  | Ploss [kW]   | Ploss [%] | Posa           |
| 6  | CUC-SE<br>"TEMPIO" RTN | 705,65             | 350           | 300             | 37,4       | 0,10        | 17,78        | 0,000     | DT - Trifoglio |
| <b>TOTALE</b>  |                        |                    | <b>350</b>    |                 |            | <b>0,10</b> | <b>17,78</b> |           |                |

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, con protezioni meccaniche ove necessario, ad una profondità che prevede l'estradosso del cavo maggiore o uguale a 1,5 m. 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

La scelta del conduttore, ARG7H1R 26/45kV è stata effettuata in base a considerazioni sui carichi e sui criteri di esercizio delle terne e sugli eventuali ampliamenti di potenza della connessione.

Il conduttore è a corda rigida di alluminio, classe 2. Lo strato semiconduttivo interno è costituito da elastomero estruso. L'isolante è costituito da una miscela di gomma ad alto modulo G7 di qualità DIH2. Lo strato semiconduttivo esterno è costituito da materiale elastomerico estruso pelabile a freddo. Lo schermo metallico esterno è costituito da fili di rame rosso. Il rivestimento protettivo esterno è una guaina in polivinilcloruro (PVC) di colore rosso con qualità RZ/ST2.



**ARG7H1R 26/45 kV**

Model Product: 754 - 20160412

Cavi con conduttore in Alluminio per collegamenti tra cabine di trasformazione e le grandi utenze  
Cables with aluminum conductor for connections between substations and large users

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| <b>Norme di riferimento</b> | <b>Standards</b>  |
|                             | CEI 20-13, HD 620 |



|  |  |
|--|--|
| <p>Conduttore a corda rigida di ALLUMINIO, classe 2.<br/>Semiconduttore interno elastomerico estruso<br/>Isolamento in G7 di qualità DIH2<br/>Semiconduttore esterno elastomerico estruso pelabile a freddo per il grado 1,8/3kV solo su richiesta<br/>Schermo costituito a fili di rame rosso<br/>Guaina PVC qualità RZ/ST2</p> | <p>Aluminium rigid compact conductor, class 2.<br/>Inner semi-conducting layer<br/>G7 Insulation quality DIH2<br/>Outer semi-conducting layer special high module hepr for 1.8 / 3 kV only on request<br/>Red copper wire shield.<br/>PVC sheath in RZ/ST2 quality</p> |
|--|--|

|  |        |   |
|--|--------|---|
| <i>Tensione nominale U0</i>                                    | 26 kV  | <i>Nominal voltage U0</i>                                     |
| <i>Tensione nominale U</i>                                     | 45 kV  | <i>Nominal voltage U</i>                                      |
| <i>Tensione massima Um</i>                                     | 52 kV  | <i>Maximum voltage Um</i>                                     |
| <i>Temperatura massima di esercizio</i>                        | +90°C  | <i>Maximum operating temperature</i>                          |
| <i>Temperatura massima di corto circuito</i>                   | +250°C | <i>Maximum short circuit temperature</i>                      |
| <i>Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)</i> | -15°C  | <i>Min. operating temperature (without mechanical shocks)</i> |
| <i>Temperatura minima di installazione e maneggio</i>          | 0°C    | <i>Minimum installation and use temperature</i>               |

**Condizioni di impiego piu comuni**  
Adatti per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Ammessa la posa interrata in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17. Consigliabile dove lo stoccaggio è ad alto rischio di furto.

**Condizioni di posa**  
*Raggio minimo di curvatura per diametro D (in mm):*  
12D  
*Sforzo massimo di tiro:*  
50 N/mm<sup>2</sup>

**Imballo**  
Bobina con metrature da definire in fase di ordine.

**Colori anime**  
Unipolare: rosa

**Colori guaina**  
Rosso

**Note**  
Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante, per tutte le altre caratteristiche rispetta la norma CEI 20-13  
IL cavo può essere fornito nella versione tripolare ad elica visibile RG7H1RX

**Common features**  
Suitable for the transport of energy between the substations and large users. Laying underground in accordance with Art. 4.3.11 of IEC 11-17. Storage is recommended where high risk of theft.

**Employment**  
*Minimum bending radius per D cable diameter (in mm):*  
12D  
*Maximum pulling stress:*  
50 N/mm<sup>2</sup>

**Packing**  
Drums to agree.

**Core colours**  
Single core: pink

**Sheath colour**  
Red

**Note**  
The cable meets the requirements according to HD 620 for insulation, for all other characteristics compared to CEI 20-13  
The cable can be supplied in the visible pole helical RG7H1RX



**ARG7H1R 26/45 kV**

Model Product: 754 - 20160412

**ARG7H1R 26/45kV**

| Numero conduttori       | Sezione nominale | Diametro indicativo conduttore | Diametro indicativo isolante | Diametro indicativo esterno | Peso indicativo del cavo | Raggio minimo curvatura |
|-------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Conductor Number        | Nominal Section  | Approx cond. diameter          | Approx insulation diameter   | Approx external diameter    | Approx cable weight      | Minimum radius bending  |
| (N°)                    | (mmq)            | (mm)                           | (mm)                         | (mm)                        | (kg/km)                  | (mm)                    |
| Unipolare / Single core |                  |                                |                              |                             |                          |                         |
| 1x                      | 70               | 9.7                            | 33.1                         | 41                          | 1120                     | 550                     |
| 1x                      | 95               | 11.4                           | 34.5                         | 42                          | 1240                     | 580                     |
| 1x                      | 120              | 12.9                           | 36.2                         | 43                          | 1380                     | 585                     |
| 1x                      | 150              | 14.0                           | 36.8                         | 44                          | 1480                     | 590                     |
| 1x                      | 185              | 15.8                           | 38.2                         | 45                          | 1760                     | 610                     |
| 1x                      | 240              | 18.2                           | 40.5                         | 47                          | 1900                     | 650                     |
| 1x                      | 300              | 20.8                           | 43.2                         | 51                          | 2190                     | 690                     |
| 1x                      | 400              | 23.8                           | 46                           | 54                          | 2570                     | 730                     |
| 1x                      | 500              | 26.7                           | 48.9                         | 57                          | 2985                     | 770                     |
| 1x                      | 630              | 30.5                           | 53.4                         | 62                          | 3580                     | 850                     |

| Cond.xSez               | Resistenza elettrica a 20°C | Capacità a 50 Hz | Resistenza apparente a 90°C e 50 Hz   |          | Reattanza di fase |          | Portata di corrente         |                  |                             |                    |
|-------------------------|-----------------------------|------------------|---------------------------------------|----------|-------------------|----------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------|
|                         |                             |                  | A trifoglio                           | In piano | A trifoglio       | In piano | In aria a trifoglio         | In aria in Piano | Interrato a trifoglio       | Interrato in piano |
| Cond.xSec               | Elettric Resistace 20°C     | Capacities 50 Hz | Apparent resistance at 90°C and 50 Hz |          | Phase Reactance   |          | Current carrying capacities |                  |                             |                    |
|                         |                             |                  | Trefoil formation                     | Flat     | Trefoil formation | Flat     | Trefoil formation in air    | Flat in air      | Trefoil formation in ground | Flat in ground     |
| (N°x mmq)               | (Ohm/km)                    | (microF/km)      | (Ohm/km)                              | (Ohm/km) | (Ohm/km)          | (Ohm/km) | (A)                         | (A)              | (A)                         | (A)                |
| Unipolare / Single core |                             |                  |                                       |          |                   |          |                             |                  |                             |                    |
| 1x70                    | 0.433                       | 0.15             | 0.580                                 | 0.580    | 0.15              | 0.21     | 230                         | 245              | 205                         | 199                |
| 1x95                    | 0.320                       | 0.16             | 0.416                                 | 0.416    | 0.14              | 0.20     | 279                         | 288              | 243                         | 257                |
| 1x120                   | 0.253                       | 0.17             | 0.333                                 | 0.333    | 0.14              | 0.19     | 323                         | 340              | 288                         | 299                |
| 1x150                   | 0.206                       | 0.19             | 0.270                                 | 0.270    | 0.13              | 0.19     | 363                         | 392              | 310                         | 318                |
| 1x185                   | 0.164                       | 0.21             | 0.218                                 | 0.218    | 0.12              | 0.18     | 418                         | 438              | 352                         | 362                |
| 1x240                   | 0.125                       | 0.23             | 0.168                                 | 0.165    | 0.12              | 0.18     | 493                         | 528              | 404                         | 419                |
| 1x300                   | 0.100                       | 0.25             | 0.136                                 | 0.132    | 0.12              | 0.17     | 570                         | 617              | 458                         | 468                |
| 1x400                   | 0.0778                      | 0.27             | 0.109                                 | 0.105    | 0.11              | 0.17     | 664                         | 710              | 525                         | 543                |
| 1x500                   | 0.0605                      | 0.30             | 0.0890                                | 0.0828   | 0.11              | 0.17     | 771                         | 831              | 600                         | 612                |
| 1x630                   | 0.0469                      | 0.33             | 0.0739                                | 0.0662   | 0.10              | 0.16     | 890                         | 940              | 688                         | 699                |

**Figura 18 – Caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi AT utilizzati**

**6.2.3. Profondità e sistema di posa cavi**

In accordo alla normativa vigente, l'elettrodotto interrato sarà realizzato in modo da escludere, o rendere estremamente improbabile, la possibilità che avvenga un danneggiamento dei cavi in tensione provocato dalle opere sovrastanti (ad esempio, per rottura del sistema di protezione dei conduttori).

Una volta realizzata la trincea si procederà con la posa dei cavi, che arriveranno nella zona di posa avvolti su bobine. La bobina viene comunemente montata su un cavalletto, piazzato ad una certa distanza dallo scavo in modo da ridurre l'angolo di flessione del conduttore quando esso viene posato sul terreno. Durante le operazioni di posa o di spostamento dei cavi saranno adottate le seguenti precauzioni:

- si opererà in modo che la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire piegati o raddrizzati, non sia inferiore a 0°C;

- i raggi di curvatura dei cavi, misurati sulla generatrice interna degli stessi, non devono essere mai inferiori a 15 volte il diametro esterno del cavo.

Al termine delle fasi di posa e di rinterro si procederà alla realizzazione degli interventi di ripristino. La fase comprende tutte le operazioni necessarie per riportare il territorio attraversato nelle condizioni ambientali precedenti la realizzazione dell'opera. Le opere di ripristino previste possono essere raggruppate nelle seguenti due tipologie principali:

- ripristini geomorfologici ed idraulici;
- ripristini della vegetazione.

Preliminarmente si procederà alle sistemazioni generali di linea, che consistono nella ri-profilatura dell'area interessata dai lavori e nella ri-configurazione delle pendenze preesistenti, ricostruendo la morfologia originaria del terreno e provvedendo alla riattivazione di fossi e canali irrigui, nonché delle linee di deflusso eventualmente preesistenti.

La funzione principale del ripristino idraulico è essenzialmente il consolidamento delle coltri superficiali attraverso la regimazione delle acque, evitando il ruscellamento diffuso e favorendo la ricrescita del manto erboso.

Successivamente si passerà al ripristino vegetale, avente lo scopo di ricostituire, nel più breve tempo possibile, il manto vegetale preesistente nelle zone con vegetazione naturale.

Il ripristino avverrà mediante:

- ricollocazione dello strato superficiale del terreno se precedentemente accantonato;
- inerbimento;
- messa a dimora, ove opportuno, di arbusti e alberi di basso fusto.

Per gli inerbimenti verranno utilizzate specie erbacee adatte all'ambiente pedoclimatico, in modo da garantire il migliore attecchimento e sviluppo vegetativo possibile. Le aree agricole saranno ripristinate al fine di restituire l'originaria fertilità. Per ciò che concerne gli scavi si ipotizza di allontanare a discarica circa il 35% del materiale di scavo.

#### 6.2.4. 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, in tubo interrato, 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 19 – Schema rete fibra ottica**

### 6.2.5. 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 dell'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>.

### 6.2.6. Opere civili cavidotti

I cavi verranno posati in una trincea scavata a sezione obbligatoria che in funzione al numero di terne, avranno larghezza e profondità diverse, come riportato nelle immagini seguenti

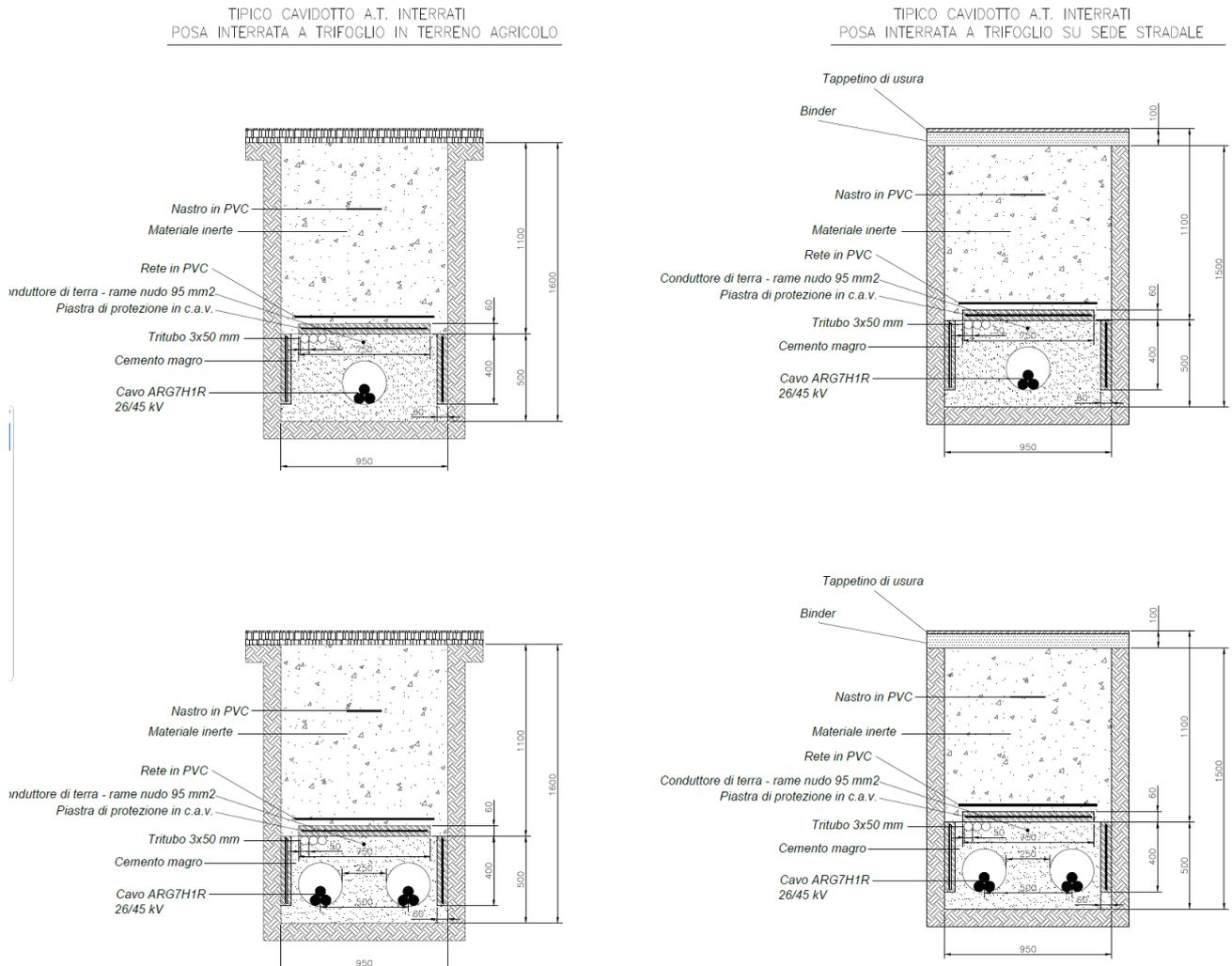


Figura 20 – Sezioni trincee per posa cavidotti AT su strada sterrata e asfaltata

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.

### 6.3. Stazione di Utanza

I quadri AT saranno installati all'interno dei locali AT della SSEU (protezione e sezionamento delle linee provenienti dagli aerogeneratori).

#### Caratteristiche elettriche principali:

- Tensione nominale max 54 kV
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale: 50 Hz/1 min valore efficace 50 kV
- Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico: 1,2 / 50 microsec. valore di picco 170 kV
- Tensione di esercizio 36 kV
- Frequenza nominale 50 Hz
- N° fasi 3
- Corrente nominale sbarre principali 1250A
- Corrente nominale sbarre derivazione 630/1250°
- Corrente nominale ammissibile di breve durata 25 kA
- Corrente nominale di picco 50 kA
- Potere di interruzione degli interruttori alla V nominale 25 kA
- Durata nominale del corto circuito 3 sec

#### Composizione QAT:

- n. 1 scomparto arrivo linea da RTN, con interruttore, TA, TV, relè a microprocessore per le protezioni max. I (50-51-51N-27-59- 59N) e con le misure di A, V, W, VAR, cosfi, frequenza;
- n. 2 scomparti di arrivo linea, con interruttore, TA, relè a microprocessore per le protezioni max. I (50-51-67N) e con le misure di A, V, W, VAR, cosfi, frequenza;
- n. 1 cella TV (eventualmente integrata nella cella arrivo trasformatore).
- n. 1 scomparto arrivo trasformatore ausiliario BT/AT.

### 6.4. Opere di rete per la connessione alla RTN

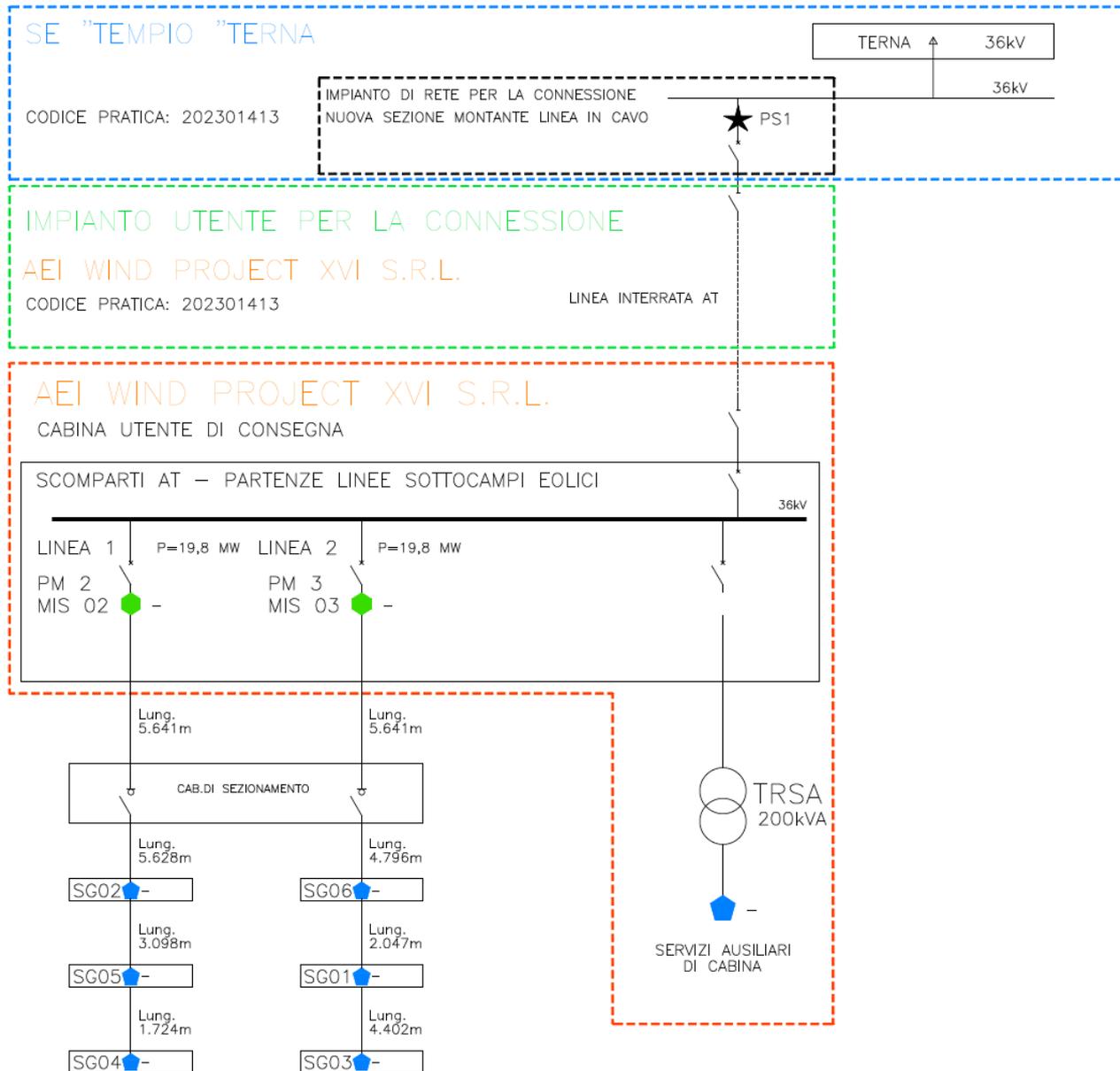
Per la connessione alla RTN è stato richiesto ed accettato il preventivo di connessione rilasciato Terna avente Codice Pratica: 202301413.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 kV sulla nuova Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio" (prevista dal Piano di sviluppo Terna) da collegare, tramite due nuovi elettrodotti a 150 kV, a una nuova Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN a 380/150 kV da collegare tramite un elettrodotto 380 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN di Codrongianos.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto a 36 kV per il collegamento in antenna dell'impianto sulla Stazione Elettrica della RTN

costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Viene di seguito mostrato lo schema a blocchi per la connessione dell'impianto eolico alla rete di Terna:



IMPIANTO EOLICO TEMPIO II

CODICE PRATICA: 202301413

POTENZA IN IMMISSIONE 39,6 MW

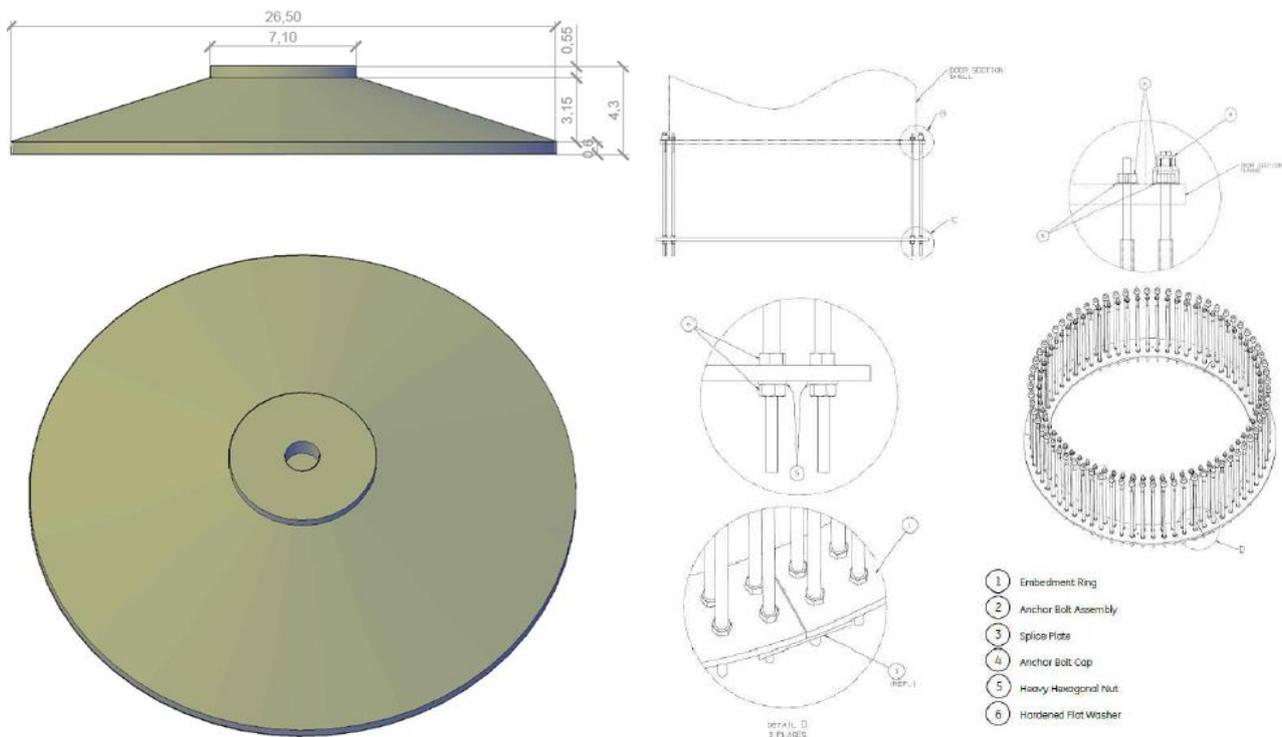
## 7. INFRASTRUTTURE ED OPERE CIVILI

### 7.1. Fondazione Aerogeneratore

Il dimensionamento effettuato in questa fase tiene conto del modello di aerogeneratore, scelto dalla committenza, con diametro rotore pari a 170 m e altezza al mozzo pari a 155 m, con relativa aria spazzata pari a 22.686 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 26,50 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.



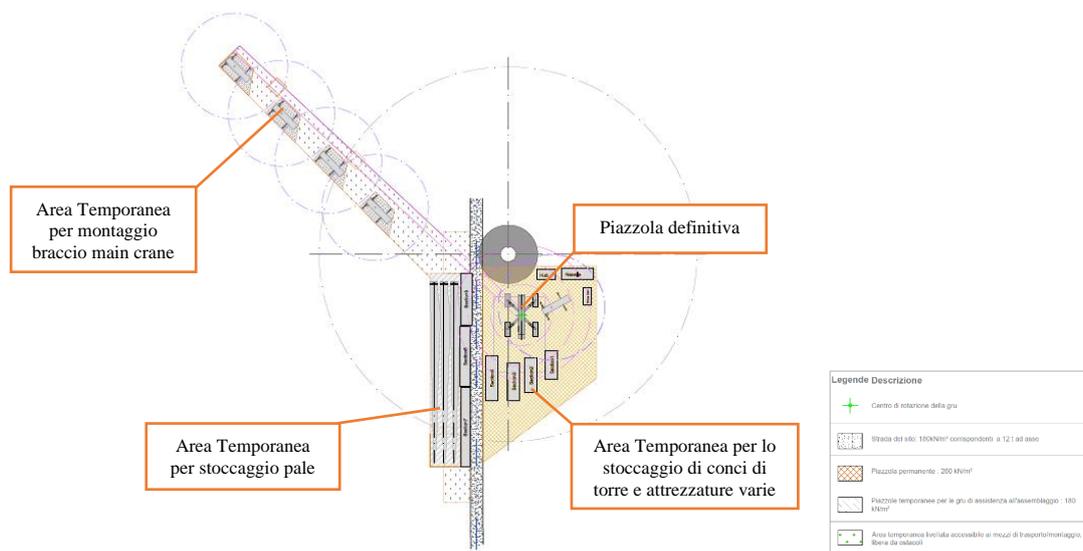
**Figura 21** – Fondazione tipo studiata per l'aerogeneratore e con particolare dell'anello di ancoraggio

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 predisporci, nelle aree subito attorno alla fondazione, lo scotico superficiale, la spianatura, il riporto di materiale vagliato e compattazione di una superficie di circa 23x34 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 aree temporanee subito adiacenti a quella definitiva, per lo stoccaggio temporaneo delle pale, una per lo stoccaggio del resto delle componenti della navicella, dei conchi di torre e di ulteriori componenti e attrezzature necessari al montaggio, infine sarà necessaria un'ulteriore area, 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.



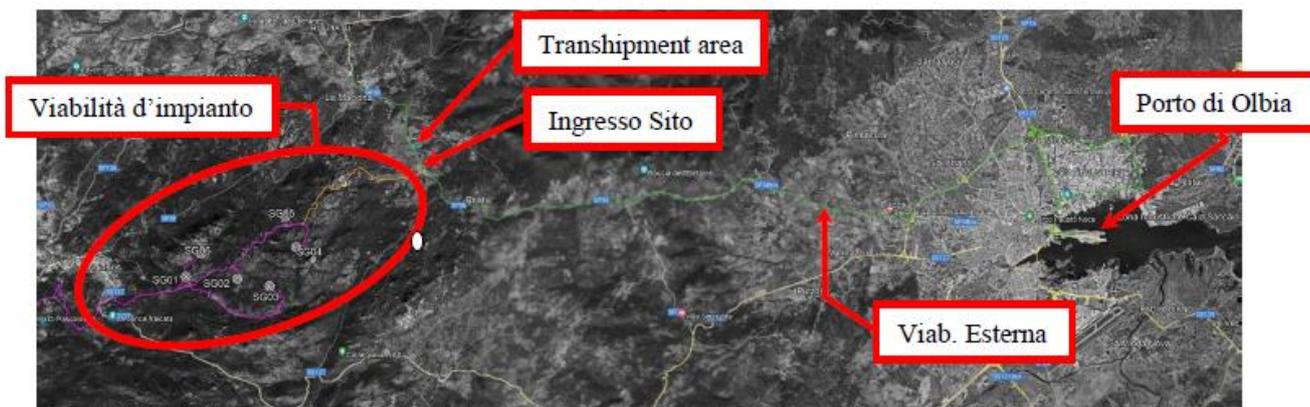
**Figura 22** – Tipico piazzola aerogeneratore durante la fase di montaggio con indicazione delle aree definitive, temporanee e posizionamento indicativo delle componenti necessarie al montaggio

### 7.3. Strade di Accesso e Viabilità di Servizio

#### 7.3.1. Viabilità di accesso al Sito

I mezzi utilizzati per il trasporto delle componenti gli aerogeneratori, come precedentemente descritto, saranno di tipo eccezionale e di considerevoli dimensioni. Per tale motivo lo studio della viabilità e dei trasporti, in un progetto come quello in oggetto, riveste particolare importanza sia per la fattibilità sia per la valutazione economica dello stesso. Le componenti più voluminose e pesanti degli aerogeneratori arriveranno in Sardegna via nave, presumibilmente al porto di Olbia. Dal porto si procederà alla consegna a destinazione, in agro del Comune di Calangianus, 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: viabilità esterna e viabilità interna.

1. **VIABILITA' ESTERNA** – dal Porto di Olbia, in ordine di percorrenza, E840, SS125, SP82, via Taiwan, via Siria, Circonvallazione Ovest, SP38 bis, SP38, ingresso sito;
2. **VIABILITA' INTERNA** – dall'ingresso sito, attraverso la Via Sigara, si raggiungono la posizione delle WTG.



**Figura 23** Inquadramento viabilità dal porto di Olbia al sito.

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.

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”) o “RBTS” (“Rotor Blade Transport System” o più conosciuto come “DOLL System), nel secondo tratto si utilizzerà invece il sistema carrello con “Blade Lifter Trailer”, 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 24** – Esempio di trasporto con SWC (Super Wing Carrier)



**Figura 25** – Esempio di trasporto con “RBTS” (Rotor Blade Transport System)



**Figura 26** – 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 conchi di torre, Nacelle e DT/Hub.



**Figura 27** – Esempio di trasporto con convogli a pianale allungabile per conchi di torre



**Figura 28** – Esempio di trasporto Nacelle

Naturalmente, visto l'utilizzo di mezzi diversi per percorrere le due tratte, è necessario prevedere una "Transshipment Area". Questa è un'apposita area di trasbordo, appunto, 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 definitiva dell'area di transshipment, al pari della viabilità esterna, sarà decisa insieme al trasportatore e al fornitore in una fase successiva della progettazione ma, sicuramente, dovrà essere collocata lungo la parte finale della viabilità esterna in prossimità dell'ingresso al sito.

### 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.

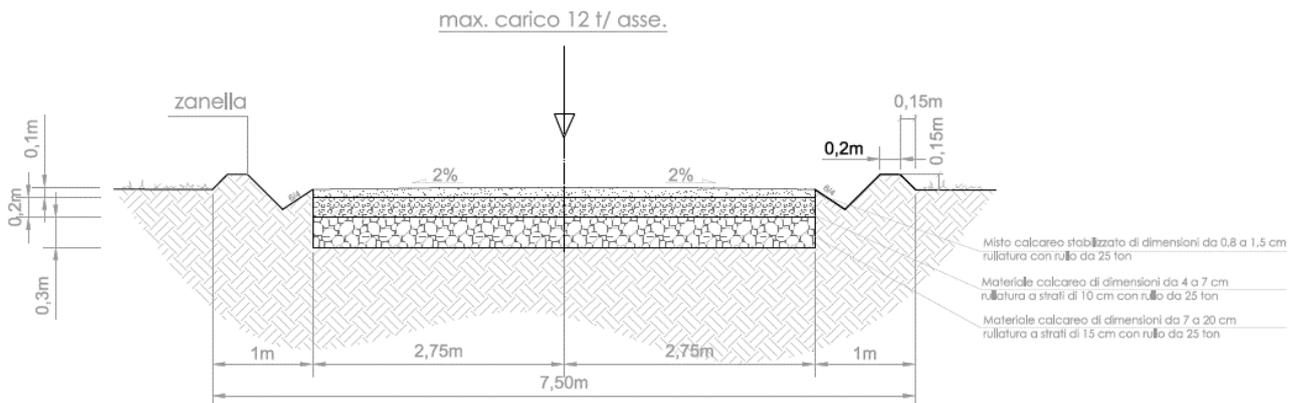
Complessivamente gli assi stradali interni al sito sommano a 16.770 m, tutti oggetto di intervento, a loro volta suddivisi in 15.484 m riguardanti la viabilità esistente da adeguare e solamente 1.286 m riguardanti nuova viabilità da realizzare; dunque nel complesso per una potenza di 39,6 MW di nuovo impianto occorrerà realizzare solamente 1.286,00 m di nuove strade sterrate pari a circa l'8% di tutta la viabilità presente di progetto. 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 5,50 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 varia a seconda della curva e delle simulazioni virtuali di trasporto effettuate.

Le pendenze raggiungibili dagli assi stradali saranno del 10% circa in condizioni non legate, del 12-14% con accorgimenti (utilizzo di materiali leganti) 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 massicciata composta da uno strato di fondazione in misto calcareo di 30 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 20/30 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 29 – Sezione stradale tipo in piano**

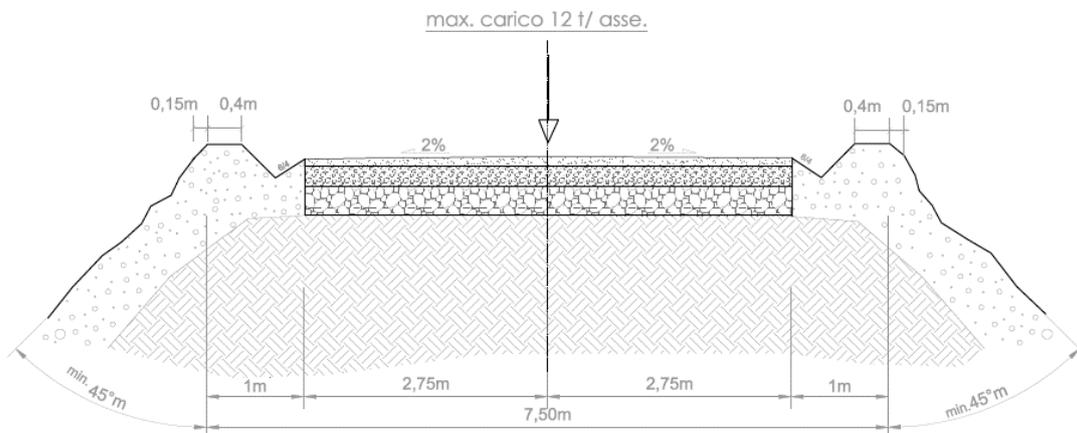


Figura 30 – Sezione stradale tipo in rilevato

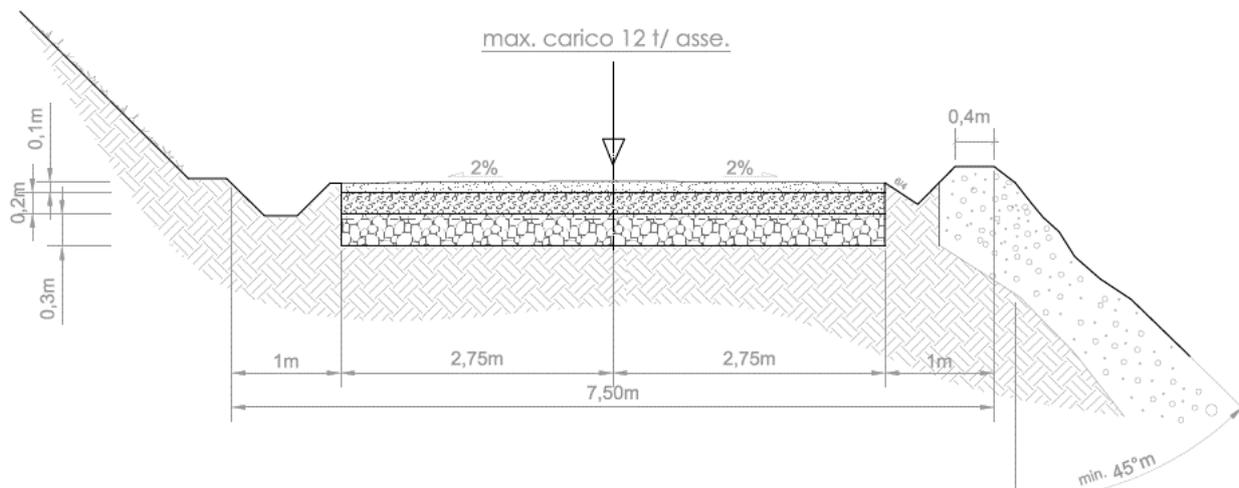
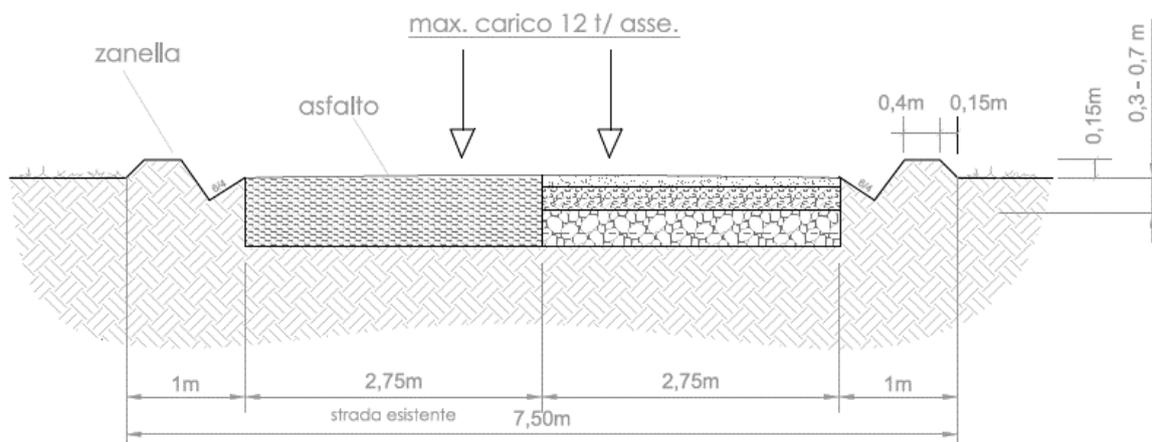


Figura 31 – Sezione stradale tipo a mezza costa



**Figura 32 – Adeguamento 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. A seconda della geologia o di altre condizioni progettuali a contorno, potrebbe non essere sufficiente la preventiva gradonatura degli scavi per l'esecuzione dei rilevati. Potrebbero essere necessarie specifiche opere di contenimento che dovrebbero essere in primis, laddove possibile, opere di ingegneria naturalistica e dove non possibile opere tradizionali. 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, A.2.5, 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<br>Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35% |       |      |             |       |       | Terre limo-argillose<br>Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35% |      |      |      |                             | Torbe e terre organiche palustri<br>A8 |      |
|---|--|-------|------|-------------|-------|-------|---|------|------|------|-----------------------------|--|------|
|   | A1   |       | A3   | A2          |       |       | A4  | A5   | A6   | A7   |                             |  |      |
| Gruppo  | A 1-a  | A 1-b |      | A 2-4       | A 2-5 | A 2-6 | A 2-7   |      |      |      | A 7-5                       | A 7-6                                  |      |
| 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                                   | > 35 |
| Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332 |  |       |      |             |       |       |   |      |      |      |                             |  |      |
| Limite liquido  | -  | -     | ≤ 40 | > 40        | > 40  | ≤ 40  | > 40  | ≤ 40 | > 40 | ≤ 40 | > 40                        | > 40                                   | > 40 |
| Indice di plasticità  | ≤ 6  | N.P.  | ≤ 10 | ≤ 10<br>max | ≤ 10  | > 10  | > 10  | ≤ 10 | ≤ 10 | > 10 | > 10<br>(P <sub>SLI</sub> ) | > 10<br>(P <sub>LI</sub> )             | > 10 |
| Indice di gruppo  | 0  |       | 0    | 0           |       |       | ≤ 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 N/mm<sup>2</sup>, 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 soprastruttura può avvenire solo quando il relativo piano di posa risulta regolarizzato, privo di qualsiasi materiale estraneo, costipato fino ai previsti valori di capacità portante (pari ad un "Mr" di almeno 30 N/mm<sup>2</sup> per piani di sbancamento o bonifica, e pari ad un "Mr" di almeno 80 N/mm<sup>2</sup> 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 soprastrutture 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 Mr di almeno 80 N/mm<sup>2</sup> mentre per lo strato finale della soprastruttura è richiesto un Mr di almeno 100 N/mm<sup>2</sup>.

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  $M_e$ , 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  $M_r$  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

|  |  |   |        |
|--|--|---|--------|
|  <p>AEI WIND<br/>PROJECT XVI S.R.L.<br/>P.I. 17264911003<br/>Via Savoia 78<br/>00198 Roma</p> | <p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA</p> |  <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p> |        |
|  |  | 19/04/2024  | REV: 0 |

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  $M_r$  di almeno  $30 \text{ N/mm}^2$ , da determinarsi mediante prove di carico su piastra - con le modalità già definite in precedenza - con la frequenza di una prova ogni  $500 \text{ m}^2$  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  $M_r$  di almeno  $30 \text{ N/mm}^2$ .

#### 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  $M_d > 100 \text{ N/mm}^2$ .

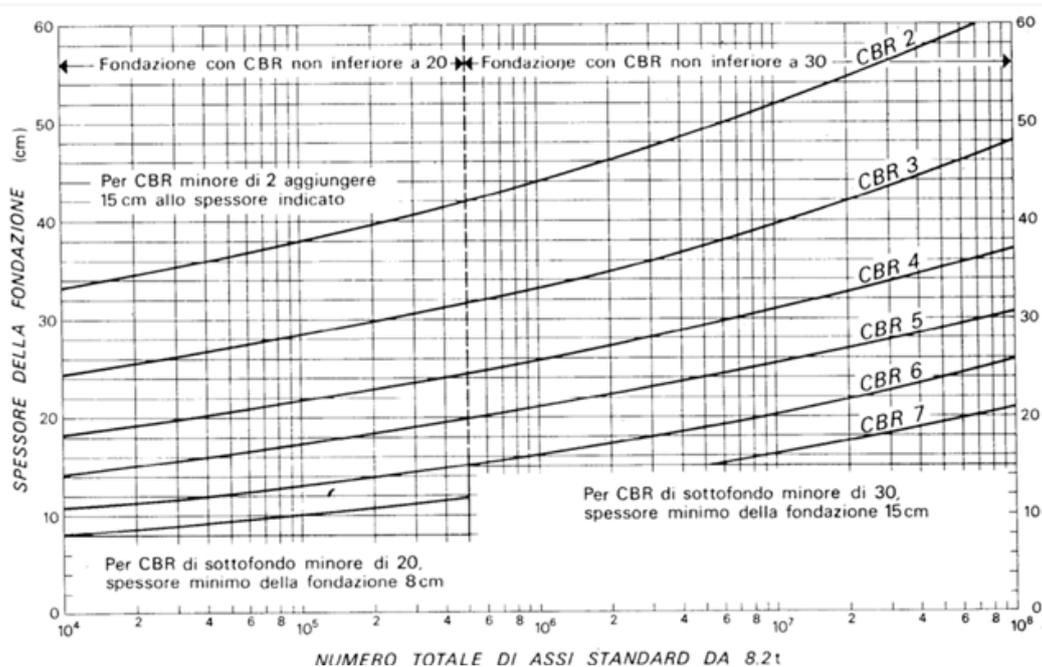
#### 7.5. Verifica Geotecnica della Fondazione Stradale

##### 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 33** – 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 proposti da realizzare 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.



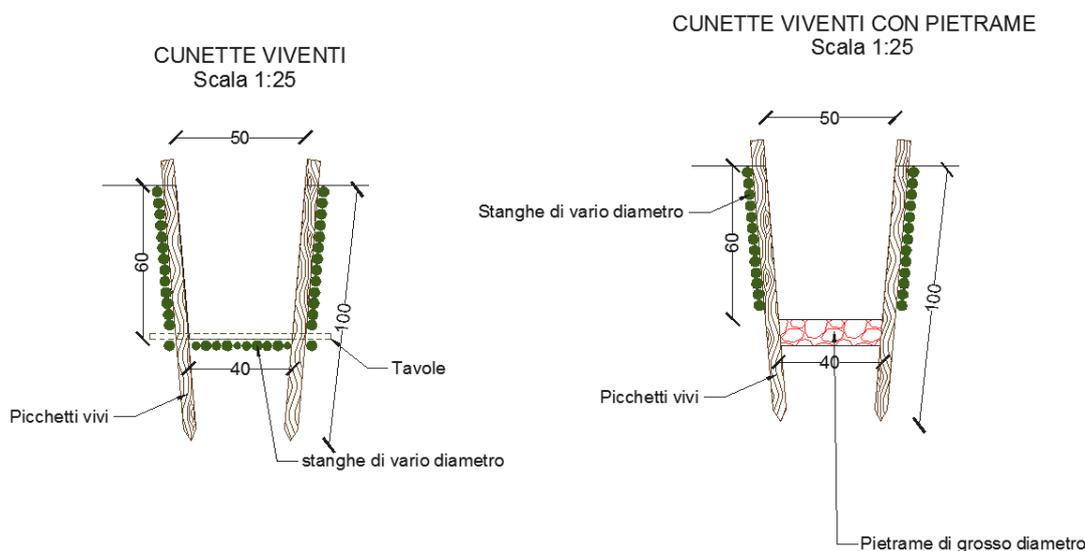
**Figura 34** – Alcune foto rappresentative della viabilità interna al parco eolico. In alto: viabilità esistente che può essere utilizzata così com'è; al centro: viabilità esistente da adeguare per essere percorsa dai mezzi; in basso: viabilità di nuova realizzazione.

## 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.

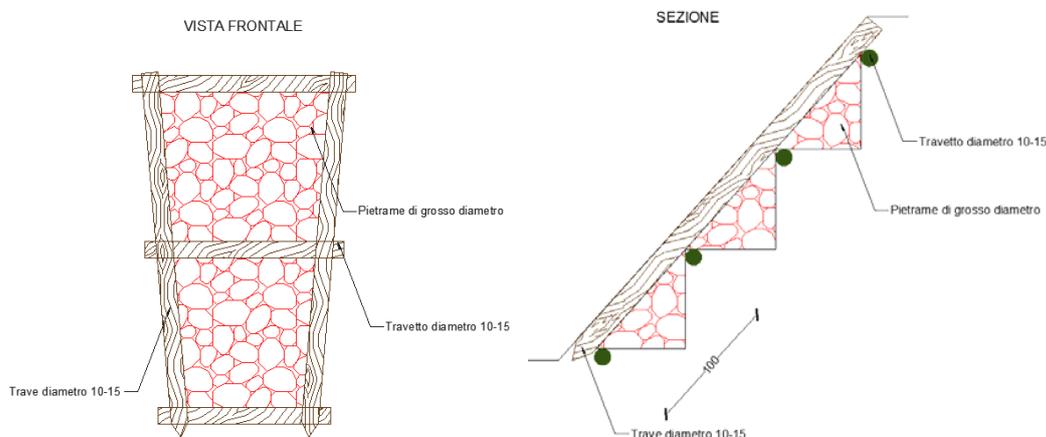


Descrizione dell'attività:

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°.

|  |  |  |            |        |        |
|--|--|--|------------|--------|--------|
|  <p>AEI WIND<br/>PROJECT XVI S.R.L.<br/>P.I. 17264911003<br/>Via Savoia 78<br/>00198 Roma</p> | <p>IMPIANTO EOLICO TEMPIO II</p> <p>RELAZIONE GENERALE TECNICA DESCRITTIVA</p> |  <p>Ingegneria &amp; Innovazione</p> <table border="1" data-bbox="1129 250 1484 295"> <tr> <td>19/04/2024</td> <td>REV: 0</td> <td>Pag.67</td> </tr> </table> | 19/04/2024 | REV: 0 | Pag.67 |
| 19/04/2024   | REV: 0   | Pag.67   |            |        |        |

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% almeno lunghe 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 abbinare 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 35 – 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.



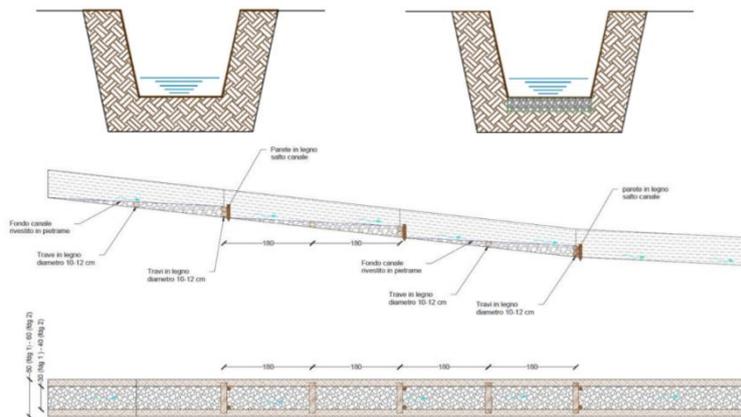
## 9. OPERE IDRAULICHE

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 36** – Fosso di guardia tipo con o senza fondo rivestito in pietrame

- 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.

Le opere idrauliche di parco nascono dall'analisi dell'interazione tra le opere di progetto di parco ed il reticolo idrografico esistente. Le scelte progettuali saranno condotte secondo principi di invarianza idraulica così da avere opere ad "impatto zero" sull'esistente reticolo idrografico, rispettando il regime idraulico ante operam e recapitando le acque superficiali presso gli impluvi ove naturalmente, oggi, sono convogliate. Il sistema di opere idrauliche, in uno con le caratteristiche della viabilità e delle piazzole del parco, non modificheranno né il reticolo di drenaggio esistente, né la risposta dei bacini per tutti gli aspetti che riguardano i meccanismi di formazione dei deflussi, di conseguenza non varieranno le caratteristiche di permeabilità e non si avranno praticamente variazioni della portata da scaricare.