

PROPONENTE:

**REPOWER**  
L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE:



**Hydro Engineering s.s.**  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy



N°COMMESSA:  1454	<b>IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"</b> <b>REGIONE LIGURIA – PROVINCIA DI SAVONA</b> <b>COMUNI DI CALICE LIGURE (PARCO EOLICO), MALLARE (PARCO EOLICO CAVIDOTTI E SSEU)</b> <b>ORCO FEGLINO E ALTARE (CAVIDOTTI)</b>
	PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO: Relazione Elettrica	CODICE ELABORATO 1454_R3
	NOME FILE: 1454_R3_ Relazione Elettrica.doc

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICA	APPROVATO
0	11/2021	1° Emissione	VF	MG	EG

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
2.1. NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE.....	5
2.2. NORMATIVA IMPIANTI EOLICI.....	5
2.3. NORMATIVA STAZIONI ELETTRICHE AT/MT.....	6
2.4. NORMATIVA CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	9
<b>3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b> .....	<b>10</b>
3.1. GENERALITÀ.....	10
3.2. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI.....	10
3.3. SINTESI DEL PROGETTO.....	14
3.4. <b>AEROGENERATORI</b> .....	15
3.5. <b>SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE</b> .....	18
3.6. <b>LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO</b> .....	19
<b>4. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE MT</b> .....	<b>21</b>
4.1. <b>CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE</b> .....	21
4.2. <b>CALCOLO DELLE PORTATE</b> .....	22
4.3. DATI TECNICI DEL CAVO UTILIZZATO.....	22
4.4. TEMPERATURA DEL TERRENO.....	23
4.5. NUMERO DI TERNE PER SCAVO.....	23
4.6. POSA DIRETTAMENTE INTERRATA.....	24
4.7. PROFONDITÀ DI POSA.....	26
4.8. RESISTIVITÀ TERMICA DEL TERRENO.....	26
4.9. TABULATI DI CALCOLO.....	26
<b>5. CALCOLO CAVI AT</b> .....	<b>28</b>
5.1. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO.....	29
5.2. CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE.....	30
5.3. CALCOLO DELLE PORTATE.....	30
5.3.1. <b>DATI TECNICI DEL CAVO UTILIZZATO</b> .....	31
5.3.2. <b>TEMPERATURA DEL TERRENO</b> .....	32
5.3.3. <b>NUMERO DI TERNE PER SCAVO</b> .....	33
5.3.4. <b>POSA DIRETTAMENTE INTERRATA</b> .....	33
5.3.5. <b>PROFONDITÀ DI POSA</b> .....	33
5.3.6. <b>RESISTIVITÀ TERMICA DEL TERRENO</b> .....	34
5.3.7. <b>TABULATI DI CALCOLO</b> .....	34
<b>6. ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE</b> .....	<b>35</b>
6.1. <b>MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI</b> .....	35
6.2. <b>MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI</b> .....	36
6.3. <b>PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE</b> .....	37
<b>7. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE AT/MT</b> .....	<b>38</b>
7.1. <b>UBICAZIONE E VIABILITÀ DI ACCESSO</b> .....	38
7.2. <b>LAYOUT STAZIONE UTENTE</b> .....	38
7.3. <b>DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE</b> .....	39
7.4. <b>SERVIZI AUSILIARI</b> .....	41
7.5. <b>RETE DI TERRA</b> .....	42

**RELAZIONE ELETTRICA**

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"  
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)  
PROGETTO DEFINITIVO

7.6.	EDIFICIO SSE .....	43
7.7.	OPERE CIVILI.....	43
7.8.	PRINCIPALI APPARECCHIATURE IN PROGETTO .....	44
7.9.	IMPIANTO ENERGY STORAGE.....	47
7.9.1.	DESCRIZIONE GENERALE .....	47
7.9.2.	BATTERY STORAGE ENERGY .....	48
7.9.3.	POWER CONVERSION SYSTEM E TRASFORMAZIONE BT/MT .....	49
7.9.4.	CONTAINER.....	50
8.	STAZIONE TERNA (SE) RTN 380/132KV "MALLARE" .....	51
8.1.	INTRODUZIONE.....	51
8.2.	RIFERIMENTI.....	52
8.3.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	53
8.4.	DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE TECNICA DI BASE .....	53
8.5.	IDENTIFICAZIONE DESCRITTIVA DEL SITO DESTINATO ALLA CONNESSIONE .....	53
8.6.	DATI TECNICI PRINCIPALI DELLA STAZIONE TERNA 380/132KV .....	54
8.7.	DATI TECNICI PRINCIPALI DELLA LINEA AT DI CONNESSIONE ALLA RTN .....	64

## 1. PREMESSA

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto eolico denominato "Cravarezza" composto da sette aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 4,30 MW, per una potenza complessiva di 30,1 MW, ubicato nel Comune di Calice Ligure, Provincia di Savona e proposto dalla società Repower Renewable s.p.a. con sede legale in Venezia (VE) via Lavaredo 44/52 cap 30174.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 4,3 MW con altezza mozzo pari a 112,0 m, diametro rotore pari a 136 m e altezza massima al top della pala pari a 180 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto.

L'area interessata dal posizionamento degli aerogeneratori ricade nelle contrade *Piano dei Corsi* (F01-F02-F03-F04), *Bric del Borro* (F05), *Bric del Pino* (F06) e *Colla del Pino* (F07) Comune di Calice Ligure, Provincia di Savona.

Il territorio è caratterizzato da un'orografia prevalentemente collinare, le posizioni delle macchine vanno da un'altitudine di 616,00 m. slm. a 1018,00 m. slm.

Oltre che degli aerogeneratori, il progetto si compone delle seguenti opere:

- Elettrodotto MT da 30 kV, di collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione utente 30/132 kV ed ubicato nei Comuni di Calice Ligure (SV), Mallare (SV), Orco Feglino (SV) e Altare (SV);
- Stazione di trasformazione utente 30/132 kV (ubicata nel Comune di Mallare (SV));
- Stazione Terna di trasformazione 380/132 Kv, ubicata nel Comune di Mallara (SV);
- Elettrodotto AT a 132 kV di collegamento tra la SSEU e la nuova SE RTN.

Il presente documento riporta i dati principali del progetto elettrico.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente progetto si è fatto riferimento, tra l'altro, alla seguente normativa.

### 2.1. NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE

- D.Lgs. 387/2003
- D.Lgs. 28/2011
- 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";

### 2.2. NORMATIVA IMPIANTI EOLICI

- Norma CEI 20-13: Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI 20-24: Giunzioni e terminazioni per cavi di energia;
- Norma CEI 20-56: Cavi da distribuzione con isolamento estruso per tensioni nominali da 3,6/6 (7,2) kV a 20,8/36 (42) kV inclusi;
- Norma CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a - Parte 1: Prescrizioni comuni";

- Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) "Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a.";
- Norma CEI 11-4: Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 11-3;V1: Impianti di produzione eolica;
- Norma CEI 11-35: Guida all'esecuzione delle cabine elettriche d'utente;
- Norma CEI 17-1: Apparecchiature ad alta tensione – Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI 11-25: Calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi a c.a., (IIa Ediz., Fasc. 6317, 2001-12).
- Norma CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

### **2.3. NORMATIVA STAZIONI ELETTRICHE AT/MT**

- Norma CEI 11-32: Impianti di produzione di energia elettrica collegati a reti di III categoria;
- Norma CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici;
- Norma CEI EN 50110-1-2 Esercizio degli impianti elettrici;
- Norma CEI 11-1 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne;
- Norma CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 11-20 Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

- Norma CEI 11-37: Guida per l'esecuzione degli impianti di terra nei sistemi utilizzatori di energia alimentati a tensione maggiore di 1 kV;
- Norma CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30 kV;
- Norma CEI EN 60721-3-3 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60721-3-4 Classificazioni delle condizioni ambientali;
- Norma CEI EN 60068-3-3 Prove climatiche e meccaniche fondamentali Parte 3: Guida – Metodi di prova sismica per apparecchiature;
- Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione;
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua;
- Norma CEI EN 62271-100 Interruttori a corrente alternata ad alta tensione;
- Norma CEI EN 62271-102 Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata per alta tensione;
- Norma CEI EN 61009-1 Interruttori differenziali con sganciatori di sovracorrente incorporati per installazioni domestiche e similari;
- Norma CEI EN 60898-1 Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari;
- Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi;
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V;
- Norma CEI EN 60044-1 Trasformatori di corrente;
- Norma CEI EN 60044-2 Trasformatori di tensione induttivi;
- Norma CEI EN 60044-5 Trasformatori di tensione capacitivi;
- Norma CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate;
- Norma CEI EN 60076-1 Trasformatori di potenza;
- Norma CEI EN 60137 Isolatori passanti per tensioni alternate superiori a 1 kV;
- Norma CEI EN 60099-4 Scaricatori ad ossido di zinco senza spinterometri per reti a corrente alternata;

- Norma CEI EN 60099-5 Scaricatori – Raccomandazioni per la scelta e l'applicazione;
- Norma CEI EN 60507 Prove di contaminazione artificiale degli isolatori per alta tensione in sistemi a corrente alternata;
- Norma CEI EN 60694 Prescrizioni comuni per l'apparecchiatura di manovra e di comando ad alta tensione;
- Norma CEI EN 60529 Gradi di protezione degli involucri (Codice IP) ;
- Norma CEI EN 60168 Prove di isolatori per interno ed esterno di ceramica e di vetro per impianti con tensione nominale superiore a 1000 V;
- Norma CEI EN 60383-1 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 1 Isolatori in materiale ceramico o in vetro per sistemi in corrente alternata;
- Norma CEI EN 60383-2 Isolatori per linee aeree con tensione nominale superiore a 1000 V – Parte 2 Catene di isolatori e equipaggiamenti completi per reti in corrente alternata;
- Norme CEI EN 61284 Linee aeree – Prescrizioni e prove per la morsetteria;
- Norma CEI EN 61000-6-2 Immunità per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61000-6-4 Emissione per gli ambienti industriali;
- Norma CEI EN 61400 Sistemi di generazione a turbina eolica;
- Norma CEI-UNEL 35027: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV - Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata;
- Guida Terna. INSIX1016 Criteri di coordinamento dell'isolamento nelle reti AT;
- Guida Terna DRRPX04042 Criteri generali di protezione delle reti a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX02003 Criteri di automazione delle stazioni elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV;
- Guida Terna DRRPX03048 Specifica funzionale per sistema di monitoraggio delle reti elettriche a tensione uguale o superiore a 120 kV.

## 2.4. NORMATIVA CAMPI ELETTROMAGNETICI

- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55;
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;

### **3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO**

#### **3.1. GENERALITÀ**

Di seguito si riportano alcune informazioni relative al sito su cui sorgerà la centrale eolica in oggetto insieme a una breve descrizione sintetica delle opere previste, rimandando ad altri capitoli e/o altre relazioni gli approfondimenti progettuali.

#### **3.2. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI**

Di seguito cartografie e fogli di mappa catastali interessati dalle opere:

- CTR: Fogli 228120 Calice Ligure e 228160 Mallare
- IGM : Quadro 228.1 e 228.2
- **Fogli di mappa catastali parco eolico e cavidotti**
  - Calice Ligure Fg.6-3-7
  - Mallare Fg. 25-29-32
  - Orco Feglino Fg.1
  - Rialto Fg.2-9
- **Fogli di mappa per solo cavidotti**
  - Orco Feglino Fg.1-2
  - Mallare Fg.32-30-31-28-22-15-10-6-5
  - Altare Fg. 12-10
- **Fogli di mappa catastali per Stazione**
  - Mallare Fg.5

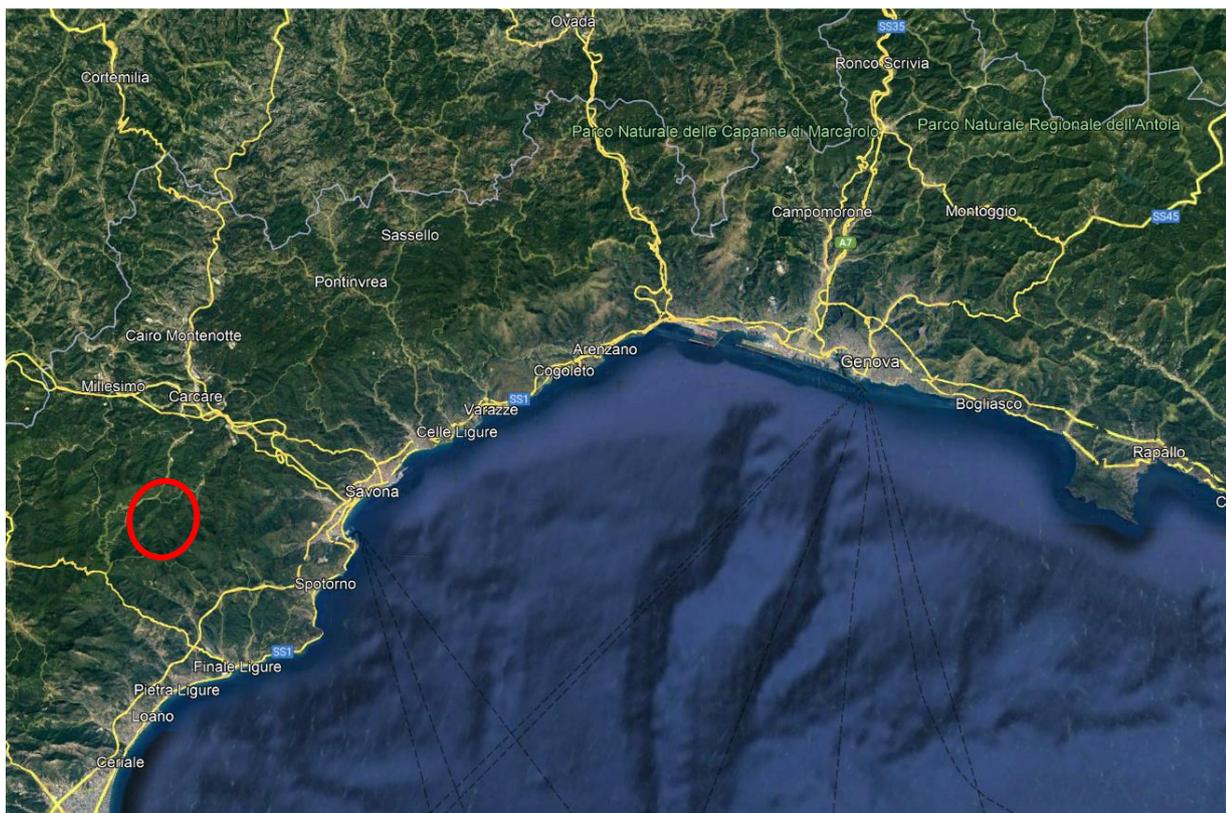
Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM WGS84 degli aerogeneratori:

**RELAZIONE ELETTRICA**

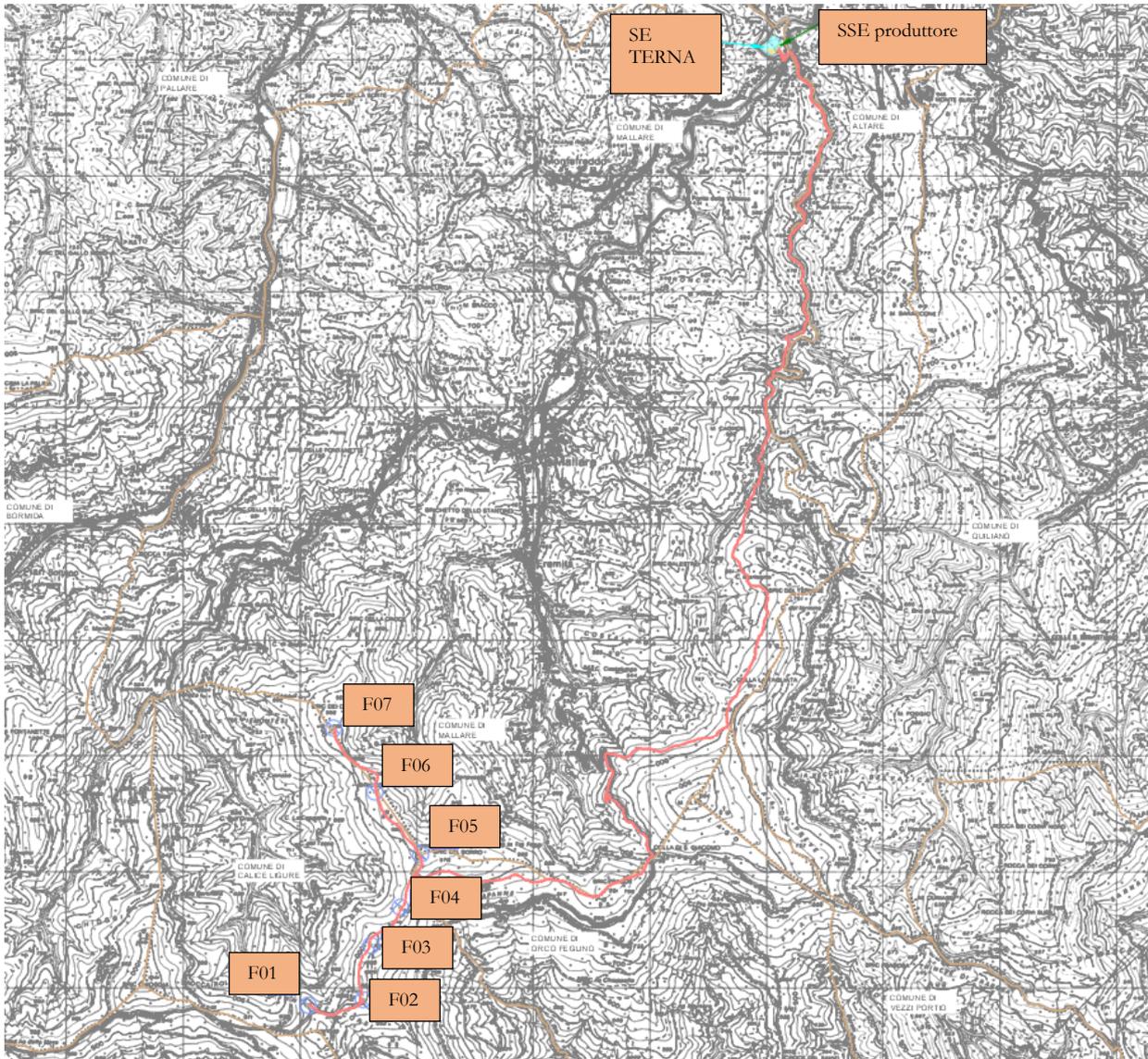
REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"  
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)  
PROGETTO DEFINITIVO

WTG	COORDINATE PIANE UTM-WGS84 32N		Riferimenti Catastali		
	E	N	Comune	Foglio	Particella
F01	441997,875	4899653,508	Calice Ligure	6	10
F02	442470,273	4899700,110	Calice Ligure	6	12
F03	442536,672	4900169,012	Calice Ligure	6	9
F04	442796,569	4900499,113	Calice Ligure	3	29
F05	442960,867	4900953,413	Calice Ligure	3	12
F06	442571,366	4901491,811	Calice Ligure	3	12
F07	442169,766	4902023,809	Mallare	25	27

*Tab. 1 Coordinate aerogeneratori nel sistema*



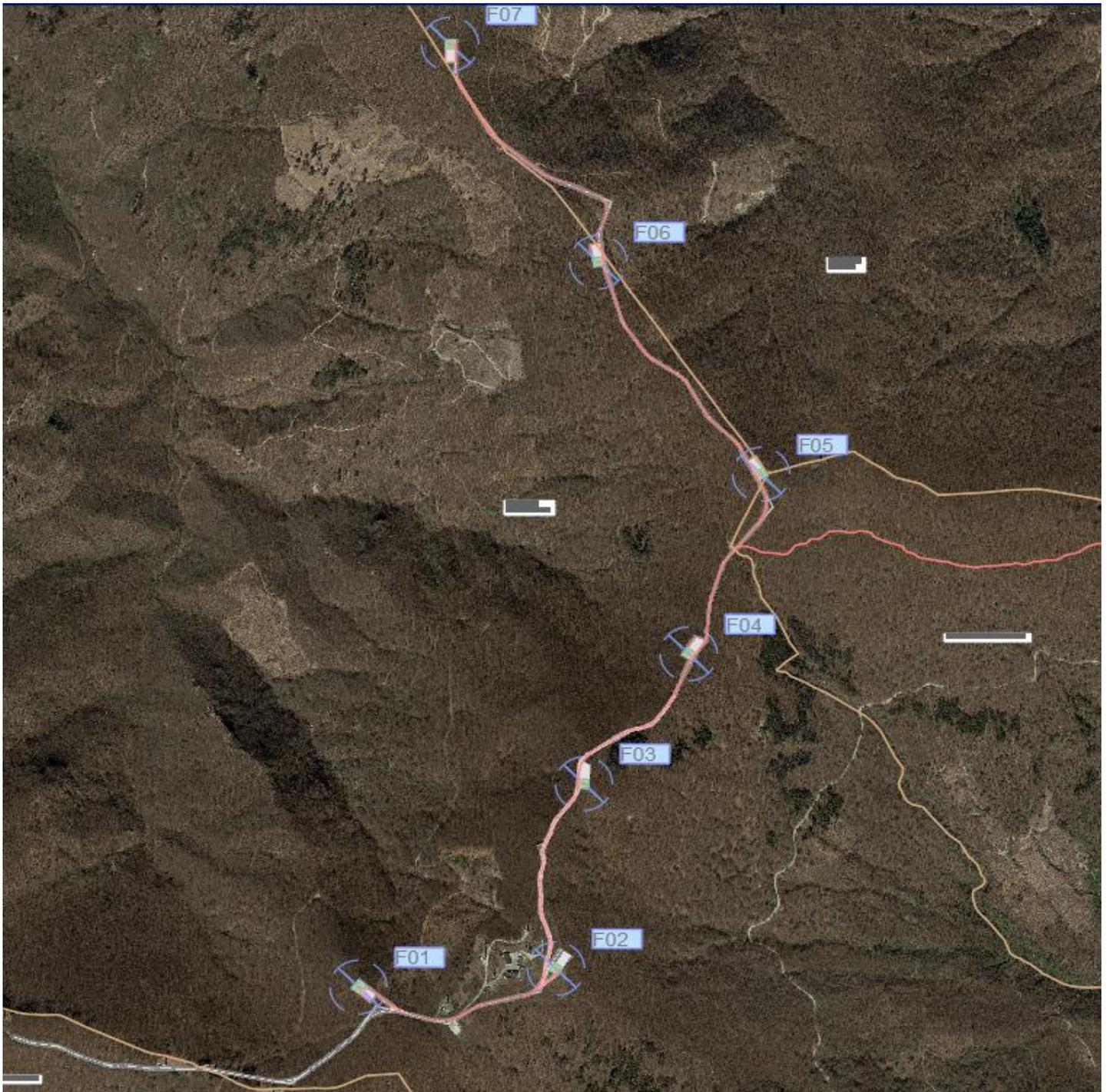
*Fig.1 - Ubicazione area di impianto da satellite*



*Fig. 2 Inquadramento impianto su IGM 1:25.000*

**RELAZIONE ELETTRICA**

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"  
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)  
PROGETTO DEFINITIVO



*Fig.4 Inquadramento impianto su ortofoto*

### 3.3. SINTESI DEL PROGETTO

Il progetto prevede, oltre la realizzazione di tutte le opere elettriche del parco, anche la realizzazione di tutte le opere civili funzionali all'installazione e al corretto esercizio del parco e, in particolare:

- Opere di viabilità e piazzole;
- Opere idrauliche, poste a presidio e a salvaguardia di strade e piazzole;
- Opere di scavo e ripristino della trincea necessaria alla posa dei cavi di potenza in MT;
- Opere di fondazione e sostegno degli aerogeneratori.

Il Parco Eolico "Cravarezza" sarà composto da 7 aerogeneratori indipendenti, opportunamente disposti e collegati in relazione alla disposizione dell'impianto, dotati di generatori asincroni trifasi. Ogni generatore è topograficamente, strutturalmente ed elettricamente indipendente dagli altri anche dal punto di vista delle funzioni di controllo e protezione.

Durante lo sviluppo del progetto si è avuta altresì l'occasione per valutare nuovi modelli di aerogeneratori idonei al sito, nel frattempo entrati in commercio o in procinto di uscita sul mercato in tempo utile per la fase di eventuale costruzione dell'impianto. L'evoluzione tecnologica nel settore è infatti molto rapida, con la finalità di rendere il settore competitivo rispetto ad altre fonti di energia alternativa e convenzionale e con l'obiettivo della grid parity.

Durante i test di configurazione dei vari modelli in sito, il layout è stato anche adeguato per tenere conto della potenza nominale della singola macchina e del relativo cap di potenza complessivo d'impianto fissato a 30,1 MW, oltre che delle interdistanze necessarie tra aerogeneratori e della minimizzazione dei costi delle opere civili ed elettriche.

A valle delle considerazioni tecniche, sono state quindi aggiunte anche considerazioni economico-finanziarie comparando il costo omnicomprensivo stimato del progetto e gli utili futuri legati alla vendita di energia elettrica prodotta dal parco.

In fase di definizione di progetto esecutivo saranno aggiunte nello scopo di fornitura eventuali altre considerazioni di natura commerciale o bancaria per sigillare la scelta di questo modello tipo o per ricorrere, nel caso fosse necessario, a un modello di altro fornitore, ma di tipologia equivalente.

Gli aerogeneratori sono collegati fra loro e a loro volta si connettono alla sottostazione tramite un cavidotto interrato. Nella stessa sottostazione sarà ubicato il sistema di monitoraggio, comando,

misura e supervisione (MCM) dell'impianto eolico che consente di valutare in remoto il funzionamento complessivo e le prestazioni dell'impianto ai fini della sua gestione.

Per la sua realizzazione sono quindi da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

- opere civili: comprendenti l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, l'adeguamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione di alcuni brevi tratti di viabilità di servizio interna all'impianto;
- opere impiantistiche: comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in elettrodotti interrati tra i singoli aerogeneratori e tra gli aerogeneratori e la sottostazione utente di trasformazione e di consegna da realizzare.

### 3.4. AEROGENERATORI

L'aerogeneratore è una macchina che sfrutta l'energia cinetica posseduta del vento, per la produzione di energia elettrica, descritta graficamente nell'elaborato 1454\_G20\_R0.

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 un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza massima di 4,30 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- **rotore tripala a passo variabile**, di diametro di massimo 136,00 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 115,00 m.

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

Si tratta di aerogeneratori di ultima generazione, già impiegati estesamente in altri parchi italiani/UE, che consentono il miglior sfruttamento della risorsa vento e che presentano garanzie specifiche dal punto di vista della sicurezza.

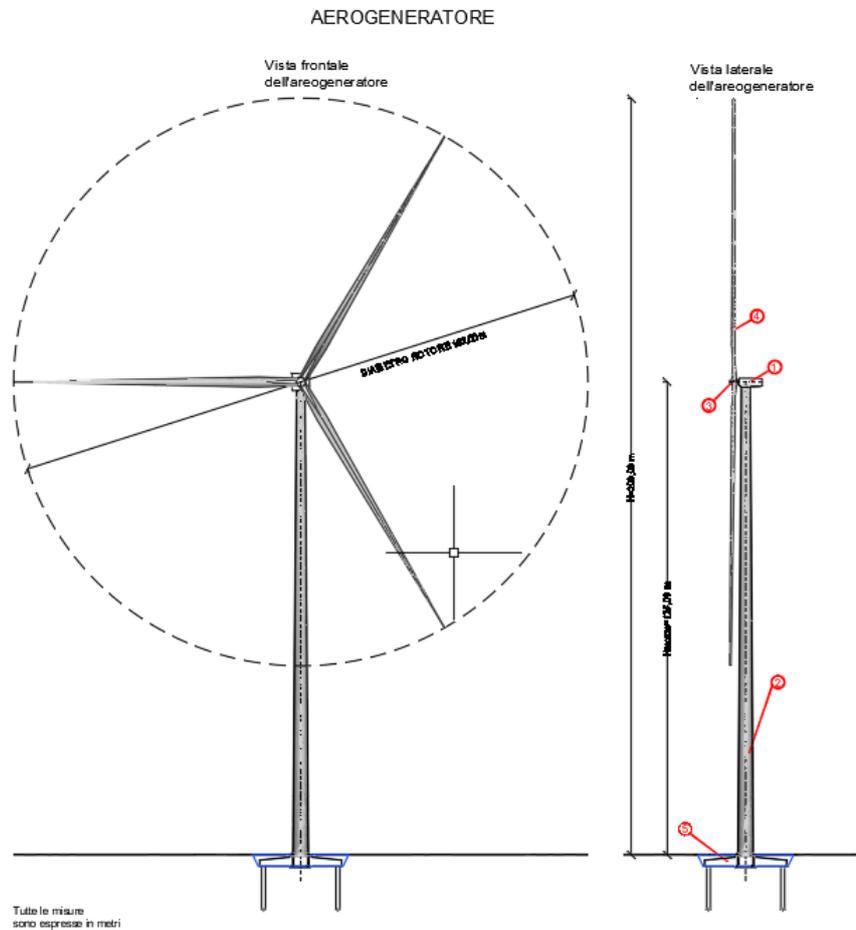
La turbina, di norma, è equipaggiata, in accordo alle disposizioni dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile), con un sistema di segnalazione notturna per la segnalazione aerea.

La segnalazione notturna di solito consiste nell'utilizzo di una luce rossa da installare sull'estradosso della navicella dell'aerogeneratore.

Le turbine di inizio e fine tratto di solito hanno una segnalazione diurna consistente nella verniciatura della parte estrema della pala con tre bande di colore rosso ciascuna di 6 m per un totale di 18 m.

La navicella è dotata di un sistema antincendio, che consiste di rilevatori di fumo e CO, 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, 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 (Classe I), secondo lo standard internazionale IEC 61024-1.



*Fig.5 Schema tipo aerogeneratore avente altezza al mozzo pari a 115 m. e diametro rotore di 136 m per un'altezza complessiva di 180 m*

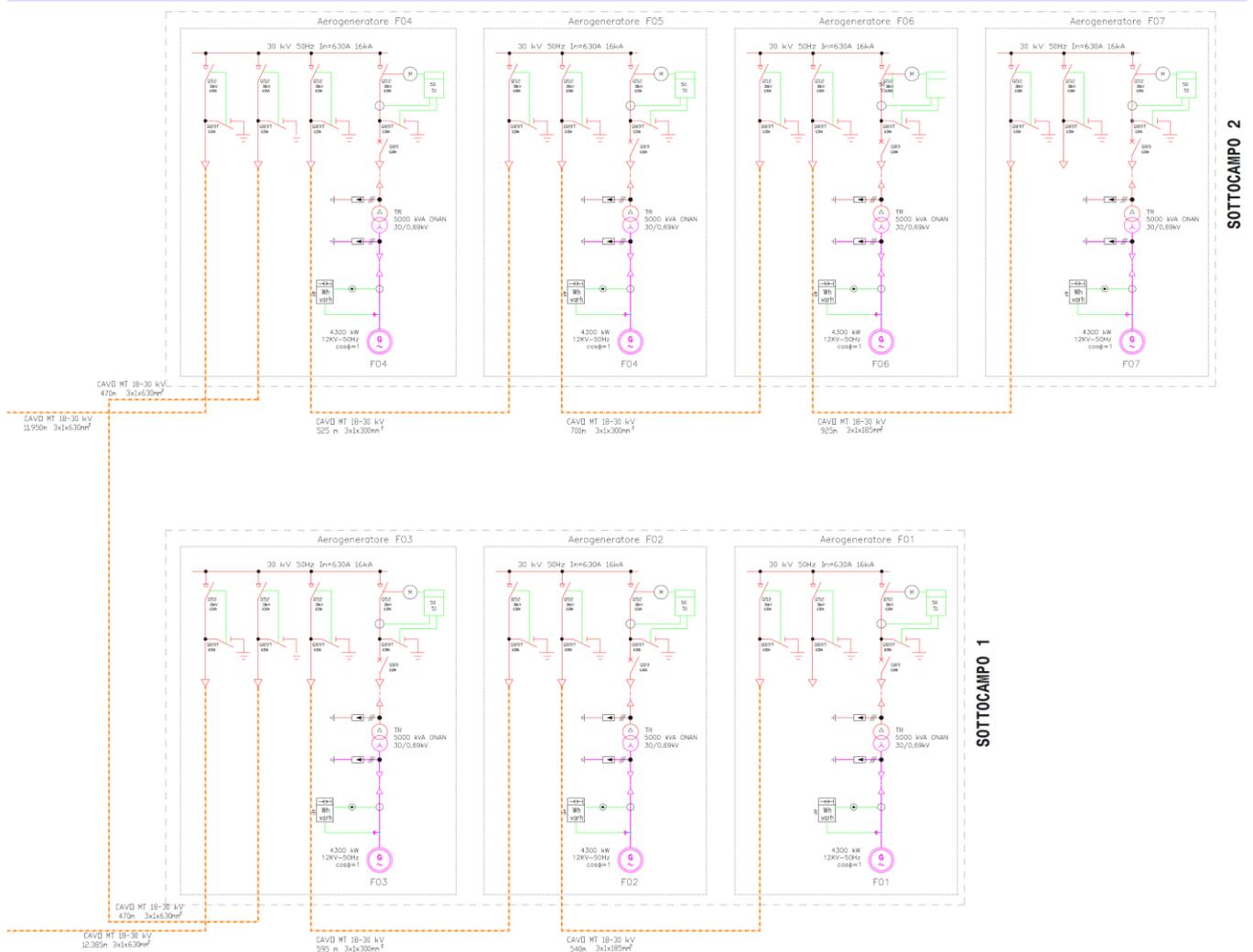
Il parco eolico nella sua nuova configurazione avrà una potenza complessiva di 30,1 MW, data dalla somma delle potenze elettriche di n. 7 aerogeneratori esistenti della potenza unitaria massima di 4,300 MW. Dal punto di vista elettrico, gli aerogeneratori sono collegati fra di loro con due gruppi rispettivamente da 3 e 4 aerogeneratori, costituendo così n. 2 distinti sottocampi, come di seguito meglio rappresentato.

Sottocampo	Aerogeneratori	Potenza
<b>LINEA 1</b>	F01-F02-F03-SSE	12,9 MW
<b>LINEA 2</b>	F04-F05-F06-F07-SSE	17,2 MW
<b>COLLEGAMENTO TRA LA LINEA 1 E LA LINEA 2</b>	F04-F03	

*Tab.2*

### 3.5. SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE

L'immagine di seguito riportata mostra lo schema elettrico del parco eolico, con evidenza dei sottocampi e delle linee di collegamento. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato 1454\_G19R0\_Schema elettrico unifilare parco eolico.



**3.6. LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO**

Coerentemente con la suddivisione in sotto campi di cui al precedente paragrafo, l'intero sistema di raccolta dell'energia dagli aerogeneratori verso la Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 132/30 kV è articolato su n.2 distinte linee elettriche a 30 kV, una per ciascun sotto campo. Dall'aerogeneratore capofila di ciascun sottocampo, infatti, si diparte una linea elettrica di vettoriamento in cavo interrato MT 30 kV, di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup>.

Analogamente, gli aerogeneratori di ciascun sotto campo sono collegati fra loro in entra-esce con una linea elettrica in cavo interrato MT 30 kV, di sezione crescente dal primo all'ultimo aerogeneratore. Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sotto campi che per la connessione alla SSEU, saranno del tipo standard con schermo elettrico. Nella tabella che segue si riporta calcolo preliminare delle linee elettriche di collegamento da rivalutare in fase esecutiva.

LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]
<b>LINEA 1</b>	F01	F02	3x1x185	540	4,3
	F02	F03	3x1x300	595	8,6
	F03	SSE	3x1x630	12.590	12,9
<b>LINEA 2</b>	F07	F06	3x1x185	755	4,3
	F06	F05	3x1x300	700	8,6
	F05	F04	3x1x300	535	12,9
	F04	SSE	3x1x630	12.140	17,2
<b>COLLEGAMENTO TRA LA LINEA 1 E LA LINEA 2</b>	F04	F03	3x1x630	475	17,2
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>					<b>30,100</b>

Tab 3

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,10 m dal piano di calpestio.

**RELAZIONE ELETTRICA**

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"  
COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)  
**PROGETTO DEFINITIVO**

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 grafico 1454\_G16R0\_ Sezioni tipo di scavi cavidotti MT E AT.

## 4. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO DELLE LINEE MT

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto delle seguenti disposizioni, tratte dalla norma CEI 11-17):

- Caduta di tensione lungo la linea minore del 3%;
- Perdite di potenza minori del 5%.

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione delle specifiche appena riportate, si procederà ad effettuare la verifica termica, attraverso il calcolo delle correnti di corto circuito previste e la verifica della tenuta termica dei cavi.

### 4.1. CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE

Per il calcolo delle cadute di tensione sui singoli cavi, si è tenuto conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva transiente e di quella reattiva, attraverso la formula:

$$\Delta V = \frac{(P * R + Q * X)}{V^2}$$

P: potenza transiente;

Q: potenza reattiva, calcolata considerando un fattore di potenza pari a 0,95;

R: resistenza di fase del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;

X: reattanza longitudinale di fase del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;

V: tensione di esercizio del cavo (20kV).

Per quanto riguarda le perdite di potenza per effetto Joule, si è fatto uso della formula:

$$P = 3 * R * I^2$$

R: resistenza longitudinale del cavo;

I: corrente transiente.

## 4.2. CALCOLO DELLE PORTATE

Per la determinazione della portata dei cavi sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026 e dalla norma CEI 11-17.

A partire dalla portata nominale del cavo, si calcola la portata effettiva sulla base di un fattore correttivo:

$$I_z = I_0 * K1 * K2 * K3 * K4$$

Dove

$I_z$  = portata effettiva del cavo

$I_0$  = portata nominale dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C

$K1$  = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C

$K2$  = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano

$K3$  = Fattore di correzione per profondità di interramento diversa da 0,8 m

$K4$  = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 k\*m/W

## 4.3. DATI TECNICI DEL CAVO UTILIZZATO

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno del sottocampo che per la connessione alla SSE, saranno a norma IEC 60502-2

Si tratta di cavi unipolari da posare in formazione a trifoglio, tipo MT 18-30 kV con protezione meccanica avanzata o antiurto, con conduttori in alluminio, congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. L'isolante dei cavi è costituito da mescola in XLPE e fra esso e il conduttore è interposto uno strato di mescola semiconduttrice. Sopra l'isolante è posto uno strato per la tenuta all'acqua, consistente in un nastro semiconduttore. Il cavo presenta uno schermo metallico realizzato con nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Sopra lo schermo metallico sono presenti due differenti strati di protezione in guaina protettiva in polietilene. La tensione nominale dei cavi è pari a 30kV.

La tabella che segue mostra i dati tecnici del cavo impiegato, con particolare attenzione ai parametri necessari al calcolo.

Sezione	Resistenza di fase [ Ω / km ]	Reattanza di fase [ Ω / km ]	Portata nominale [ A ]
185 mm <sup>2</sup>	0,218	0,12	368
300 mm <sup>2</sup>	0.132	0.11	486

#### 4.4. TEMPERATURA DEL TERRENO

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in XLPE			
Temperatura ambiente	15°C	20°C	<b>25°C</b>	30°C
Coefficiente	1,04	1	<b>0,96</b>	0,93

È stata stimata una temperatura massima del terreno pari a 25°C alla profondità di posa dei cavi, per cui il fattore correttivo utilizzato sarà **K1 = 0,96**.

#### 4.5. NUMERO DI TERNE PER SCAVO

Dagli elaborati grafici costituenti il presente progetto è stato ricavato il numero di cavi di media tensione presenti nella stessa trincea. A scopo cautelativo, per ciascuna tratta di collegamento si è preso quale valore di riferimento quello pari al numero massimo di cavi presenti in parallelo lungo tutta la tratta, ottenendo così un margine di sovradimensionamento rispetto alle effettive condizioni di esercizio. La tabella che segue mostra per ciascuna tratta la consistenza dei parallelismi.

LINEA	PARTENZ A	ARRIV O	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	N. circuiti nella sez. di scavo
LINEA 1	F01	F02	3x1x185	540	4,3	1
	F02	F03	3x1x300	595	8,6	2
	F03	SSE	3x1x630	12.590	12,9	3
LINEA 2	F07	F06	3x1x185	755	4,3	1
	F06	F05	3x1x300	700	8,6	2
	F05	F04	3x1x300	535	12,9	2
	F04	SSE	3x1x630	12.140	17,2	3
COLLEGAMENTO TRA LA LINEA 1 E LA LINEA 2	F04	F03	3x1x630	475	17,2	3
<b>POTENZA COMPLESSIVA</b>					<b>30,100</b>	

Per ciascuna tratta, sulla base del numero di circuiti installati sullo stesso piano, sono stati applicati i seguenti fattori correttivi **K2**

	Distanza fra i circuiti 0,20m		
N. circuiti	1	2	3
Coefficiente	<b>1,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,85</b>

#### 4.6. POSA DIRETTAMENTE INTERRATA

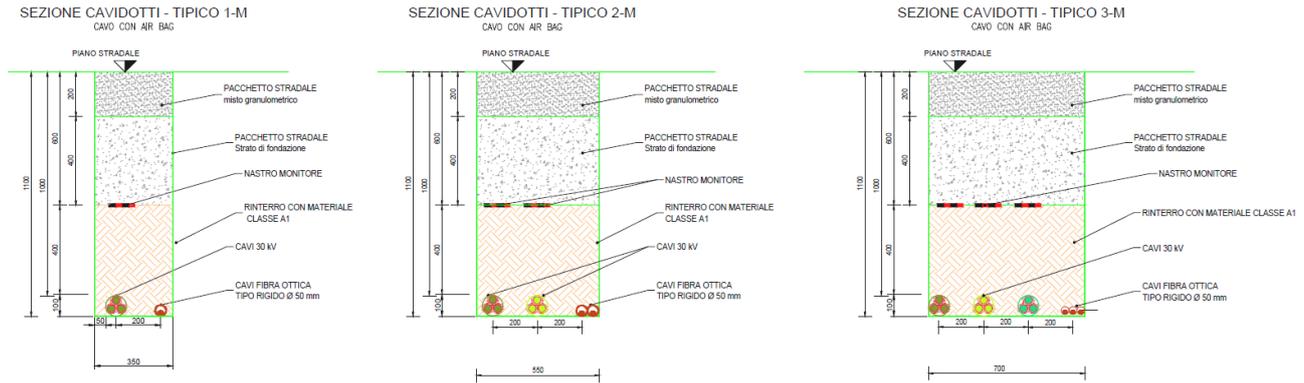
Considerata la tipologia di posa, ossia direttamente interrata, non occorre applicare alcun fattore correttivo alla portata.

Si considerano infatti trascurabili le brevi tratte di posa in tubazione interrata relative a particolari attraversamenti, il cui effetto risulta di modesta entità.

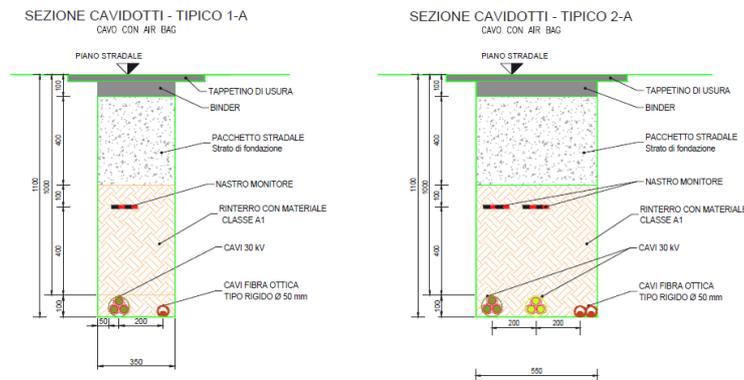
A maggior salvaguardia, in corrispondenza di tali attraversamenti, la distanza fra le tubazioni

interrate verrà aumentata sino a 0,5 m, così da potersi considerare validi gli stessi coefficienti di cui al paragrafo precedente, come previsto dalla norma CEI 11-17 allegato B tab. III.

**SEZIONI TIPO CAVIDOTTI MT SU STRADE STERRATE**  
 SCALA 1:20



**SEZIONI TIPO CAVIDOTTI MT SU STRADE ASFALTATE**  
 SCALA 1:20



**SEZIONI TIPO CAVIDOTTI AT SU STRADE ASFALTATE**  
 SCALA 1:20

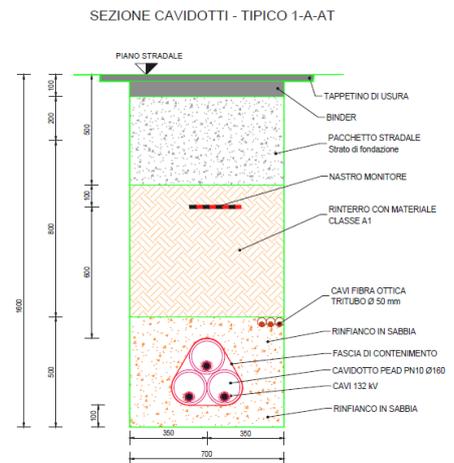


Fig. 6 Sezioni tipo di scavo

#### 4.7. PROFONDITÀ DI POSA

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 1,10 m dal piano di calpestio.

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

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in XLPE			
<b>Profondità posa (m)</b>	0,8	1,0	1,2	<b>1,1 (interpolazione)</b>
<b>Coefficiente</b>	1,00	0,98	0,96	<b>0,97</b>

Considerando il valore di posa di 1,10 m, si è ricavato per interpolazione il valore del coefficiente correttivo, che risulta **K3 = 0,97**.

#### 4.8. RESISTIVITÀ TERMICA DEL TERRENO

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno asciutto (condizione più gravosa) con una resistività termica del terreno pari a 1,5 K\*m/W.

Pertanto, non si applica alcun fattore correttivo e si utilizzerà **K4 = 1**.

#### 4.9. TABULATI DI CALCOLO

Le tabelle che seguono riportano il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato MT. I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti.

**RELAZIONE ELETTRICA**

REALIZZAZIONE IMPIANTO EOLICO "CRAVAREZZA"  
 COMUNI CALICE LIGURE MALLARE ORCO FEGLINO E ALTARE (SV)  
 PROGETTO DEFINITIVO



LINEA	PARTENZA	ARRIVO	Sezione cavo [mm <sup>2</sup> ]	Lunghezza cavo [m]	Potenza attiva [MW]	Corrente nominale [A]	Portata cavo nominale [A]	N. circuiti nella sez. di scavo	K correttivo portata	Portata cavo corretta [A]	Dimensionamento in portata	Resistenza cavo [Ω]	Reattanza cavo [Ω]	Potenza reattiva [MVAR]	ΔV %	ΔV % cumulato	Potenza persa [kW]	Δp %	
LINEA 1	F01	F02	3x1x185	540	4,3	87,21	368	1	0,931	342,68	25%	0,1177	0,065	1,413	0,07%	2,08%	2,686	0,06%	
	F02	F03	3x1x300	590	8,6	174,42	486	2	0,838	407,31	43%	0,0779	0,065	2,827	0,09%	2,02%	7,108	0,08%	
	F03	SSE	3x1x630	12.590	12,9	261,64	725	3	0,792	573,85	46%	0,9304	1,246	4,240	1,92%	1,92%	191,068	1,48%	
LINEA 2	F07	F06	3x1x185	755	4,3	87,21	368	1	0,931	342,68	25%	0,1646	0,091	1,413	0,09%	0,33%	3,756	0,09%	
	F06	F05	3x1x300	700	8,6	174,42	486	2	0,838	407,31	43%	0,0924	0,077	2,827	0,11%	0,24%	8,434	0,10%	
	F05	F04	3x1x300	535	12,9	261,64	486	2	0,838	407,31	64%	0,0706	0,059	4,240	0,13%	0,13%	14,503	0,11%	
	F04	SSE	3x1x630	12.140	17,2	348,85	725	3	0,792	573,85	61%	0,8971	1,202	5,653	2,47%	2,57%	327,536	1,90%	
COLLEGAMENTO TRA LA LINEA 1 E LA LINEA 2	F04	F03	3x1x630	475	17,2	348,85	725	3	0,792	573,85	61%	0,0351	0,047	5,653	0,10%	0,10%	12,815	0,07%	
POTENZA COMPLESSIVA					30,100														

## 5. CALCOLO CAVI AT

Il parco eolico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso una nuova Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 132/30 kV, da ubicarsi presso il Comune di Mallare, nelle immediate vicinanze della nuova Stazione elettrica (SE) RTN 380/132kV "Mallare", connessa alla rete di trasmissione nazionale. La Sottostazione elettrica di utente sarà collegata alla Stazione elettrica Terna, al livello di tensione AT 132 kV, tramite una linea in cavo AT interrato.

L'elettrodotto in oggetto sarà costituito da una terna di cavi AT in alluminio con isolamento XPLE, tensione di esercizio 132 kV, in formazione 3x1x400 mm<sup>2</sup>, posati ad una profondità minima di 1,50 m.

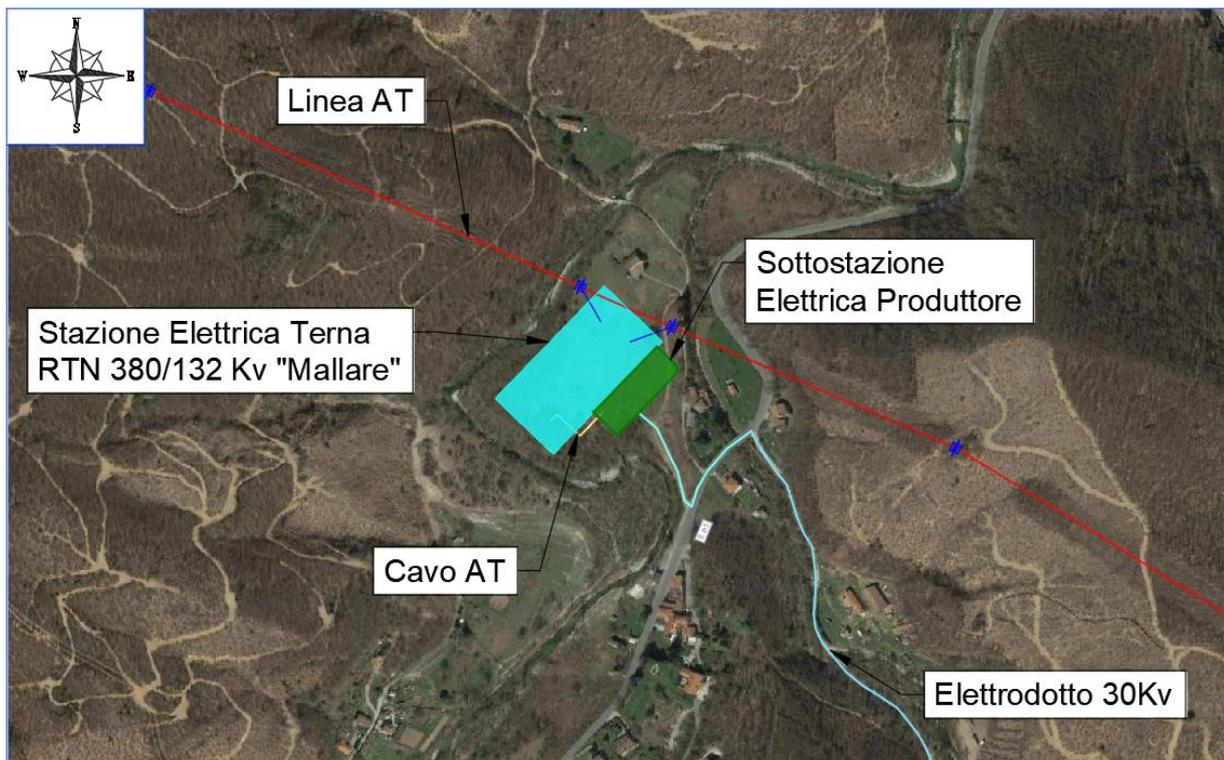
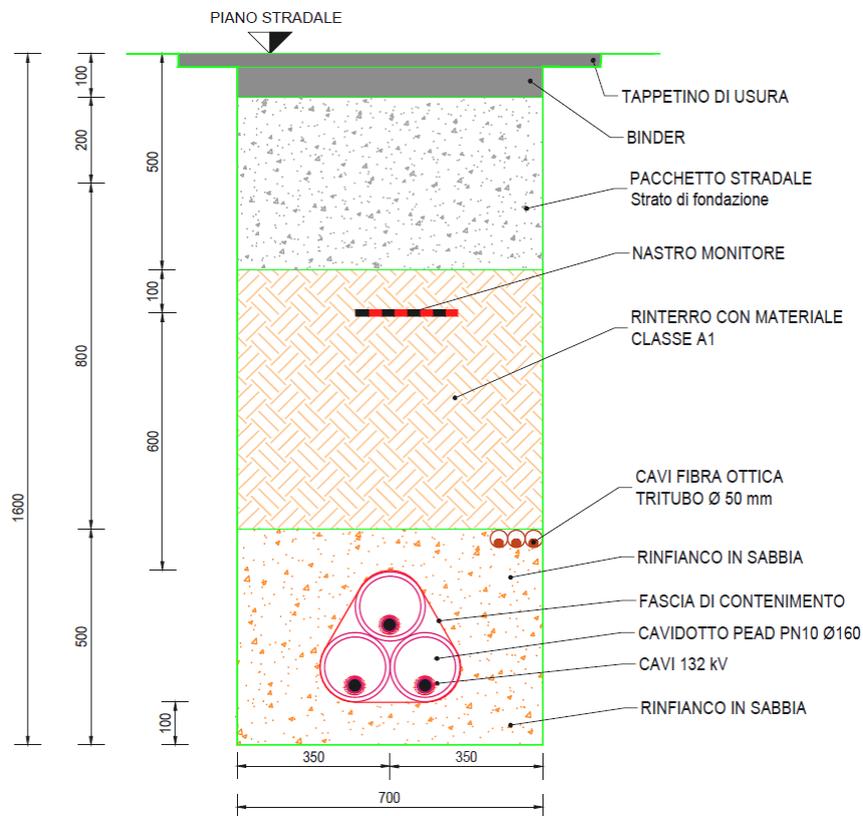


Fig 7 Ubicazione cavo AT

**SEZIONE CAVIDOTTI - TIPICO 1-A-AT**



*Fig.8 Sezione tipo di scavo cavo AT*

**5.1. DIMENSIONAMENTO ELETTRICO**

Il dimensionamento dei cavi è stato fatto tenendo conto delle seguenti disposizione, tratte dalla norma CEI 11-17):

- Caduta di tensione lungo la linea minore del 3%;
- Perdite di potenza minori del 5%.

Una volta determinata la sezione dei singoli cavi in funzione delle specifiche appena riportate, si procederà ad effettuare la verifica termica, attraverso il calcolo delle correnti di corto circuito previste e la verifica della tenuta termica dei cavi.

## 5.2. CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONE

Per il calcolo delle cadute di tensione sui singoli cavi, si è tenuto conto dei parametri longitudinali dei cavi, della potenza attiva transitante e di quella reattiva, attraverso la formula:

$$\Delta V = \frac{(P * R + Q * X)}{V^2}$$

- P: potenza transitante;  
 Q: potenza reattiva, calcolata considerando un fattore di potenza pari a 0,95;  
 R: resistenza di fase del cavo, pari alla resistenza unitaria per la lunghezza del cavo;  
 X: reattanza longitudinale di fase del cavo, pari alla reattanza unitaria per la lunghezza del cavo;  
 V: tensione di esercizio del cavo (132kV).

Per quanto riguarda le perdite di potenza per effetto Joule, si è fatto uso della formula:

$$P = 3 * R * I^2$$

- R: resistenza longitudinale del cavo;  
 I: corrente transitante.

## 5.3. CALCOLO DELLE PORTATE

Per la determinazione della portata dei cavi sarà applicato il metodo descritto dalla tabella CEI-UNEL 35026 e dalla norma CEI 11-17.

A partire dalla portata nominale del cavo, si calcola la portata effettiva sulla base di un fattore correttivo:

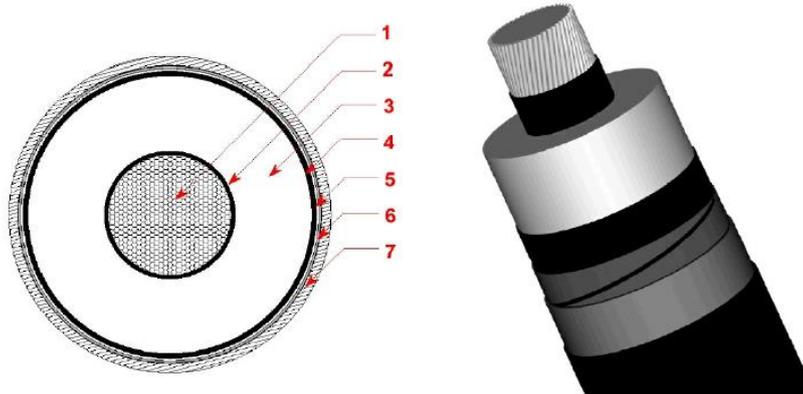
$$I_z = I_0 * K1 * K2 * K3 * K4$$

Dove

- I<sub>z</sub> = portata effettiva del cavo  
 I<sub>0</sub> = portata nominale dichiarata dal costruttore, per posa interrata a 20°C  
 K1 = Fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20°C  
 K2 = Fattore di correzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano  
 K3 = Fattore di correzione per profondità di interrimento diversa da 0,8 m  
 K4 = Fattore di correzione per resistività termica diversa da 1,5 k\*m/W

**5.3.1. Dati tecnici del cavo utilizzato**

I cavi di cui si farà uso saranno del tipo unipolari, con conduttori in alluminio compatto, di sezione indicativa pari a circa 1600mm<sup>2</sup> tamponato(1), schermo semiconduttivo sul conduttore (2), isolamento in polietene reticolato (XLPE) (3), schermo semiconduttivo sull'isolamento (4), nastri in materiale igroespandente (5), guaina in alluminio longitudinalmente saldata(6), rivestimento in polietene con grafitatura esterna (7).



1	Conduttore compatto di Alluminio
2	Schermo del conduttore (Strato semiconduttivo interno)
3	Isolante
4	Schermo dell'isolante (Strato semiconduttivo esterno)
5	Barriera igroscopica
6	Schermo metallico
7	Guaina esterna termoplastica

*Figura 8 – Stratigrafia cavo AT*

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche estratte dal datasheet del produttore.

**CARATTERISTICHE**

Caratteristiche di costruzione	
Materiale del conduttore	Alluminio
Isolamento	XLPE (chemical)
Tipo di conduttore	Corda rotonda compatta
Guaina metallica	Alluminio corrugato termosaldato
Caratteristiche dimensionali	
Diametro del conduttore	23,3 mm
Sezione del conduttore	400 mm <sup>2</sup>
Spessore del semi-conduttore interno	1,5 mm
Spessore medio dell'isolante	20,7 mm
Spessore del semi-conduttore esterno	1,3 mm
Spessore guaina metallica, approx	1,9 mm
Spessore guaina	3,9 mm
Diametro esterno nom.	95,0 mm
Sezione schermo	470 mm <sup>2</sup>
Peso approssimativo	7 kg/km
Caratteristiche elettriche	
Max tensione di funzionamento	170 kV
Messa a terra degli schermi - posa a trifoglio	In presenza di corrente
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	485 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa a trifoglio	420 A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa a trifoglio	635 A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa a trifoglio	505 A
Messa a terra degli schermi - posa in piano	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa in piano	550 A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa in piano	475 A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa in piano	725 A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa in piano	585 A
Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c.	0,078 Ohm/km
Capacità nominale	0,15 µF / km
Corrente ammissibile di corto circuito	50 kA
Tensione operativa	150 kV

Figura 9 – Estratto datasheet cavo AT

**5.3.2. Temperatura del terreno**

Al fine di un corretto dimensionamento, occorre tenere conto della temperatura del terreno effettiva, diversa da quella STC di riferimento (20°).

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in XLPE			
Temperatura ambiente	15°C	20°C	25°C	30°C
Coefficiente	1,04	1	<b>0,96</b>	0,93

È stata stimata una temperatura massima del terreno pari a 25°C alla profondità di posa dei cavi, per cui il fattore correttivo utilizzato sarà **K1 = 0,96**.

### 5.3.3. Numero di terne per scavo

Il progetto prevede la posa di una sola terna di cavi lungo il tracciato. Pertanto, si assumerà il coefficiente **K2** pari a 1.

### 5.3.4. Posa direttamente interrata

Considerata la tipologia di posa, ossia direttamente interrata, non occorre applicare alcun fattore correttivo alla portata.

Si considerano infatti trascurabili le brevi tratte di posa in tubazione interrata relative a particolari attraversamenti, il cui effetto risulta di modesta entità.

A maggior salvaguardia, in corrispondenza di tali attraversamenti, la distanza fra le tubazioni interrate verrà aumentata sino a 0,5 m, così da potersi considerare validi gli stessi coefficienti di cui al paragrafo precedente, come previsto dalla norma CEI 11-17 allegato B tab. III.

### 5.3.5. Profondità di posa

In generale, per tutte le linee elettriche, si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità minima di 1,50 m dal piano di calpestio.

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

Si farà pertanto uso di un fattore correttivo come riportato nella tabella che segue.

	Cavi con isolamento in EPR			
Profondità posa (m)	0,8	1,0	1,2	<b>1,5</b>
Coefficiente	1,00	0,98	0,96	<b>0,94</b>

Considerando il valore di posa di 1,50 m, si è ricavato il valore del coefficiente correttivo, che risulta **K3 = 0,94**.

**5.3.6. Resistività termica del terreno**

In generale, per tutte le linee elettriche, si considera la posa in terreno asciutto (condizione più gravosa) con una resistività termica del terreno pari a 1,5 K\*m/W.

Pertanto non si applica alcun fattore correttivo e si utilizzerà **K4 = 1**.

**5.3.7. Tabulati di calcolo**

Le tabelle che seguono riportano il dimensionamento delle linee elettriche in cavo interrato AT di collegamento con la SE. I valori di portata indicati per i cavi tengono conto dei fattori correttivi introdotti nei paragrafi precedenti.

<b>LINEA</b>	<b>LINEA</b>
<b>SSE</b>	<b>PARTEENZA</b>
SSE	<b>ARRIVO</b>
SE	Sezione cavo
TERNA	[mm <sup>2</sup> ]
3x1x400	Lunghezza cavo
70	[m]
50.00	Potenza attiva
202,82	[MW]
485	Corrente nominale
1	[A]
0,902	Portata cavo nominale
437,66	[A]
46%	N. circuiti nella sez. di scavo
0,0055	<b>K</b> correttivo portata
0,0011	Portata cavo corretta
16,4034	[A]
0,00%	Dimensionamento in portata
0,00%	Resistenza cavo
	[Ω]
	Reattanza cavo
	[Ω]
	Potenza reattiva
	[MVar]
	ΔV %
	ΔV % cumulato

## **6. ANALISI DEL RISCHIO DI ELETTROCUZIONE**

Per elettrocuzione si intende la condizione di contatto tra corpo umano ed elementi in tensione con attraversamento del corpo da parte della corrente. Condizione necessaria perché avvenga un infortunio per elettrocuzione è quella in cui si crei una differenza di potenziale tra due punti della superficie corporea. Tale situazione potrebbe verificarsi nel caso di un contatto del corpo non isolato elettricamente da terra con un conduttore in tensione.

La gravità delle conseguenze dell'elettrocuzione dipende dall'intensità della corrente che attraversa l'organismo, dalla durata di tale evento, dagli organi coinvolti nel percorso e dalle condizioni del soggetto.

Per ciascuna delle sorgenti di cui ai capitoli precedenti, nonché per tutte le componenti in tensione del parco, è stato valutato il rischio di elettrocuzione nel caso si venga a contatto con parti in tensione.

In particolare, sono stati presi in esame i seguenti rischi:

- Contatti elettrici diretti;
- Contatti elettrici indiretti;
- Fulminazione diretta;

### **6.1. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI DIRETTI**

Gli impianti verranno costruiti in maniera tale da evitare qualunque contatto non intenzionale con le parti attive del sistema o il raggiungimento di zone pericolose nelle immediate vicinanze delle parti attive.

Per quanto riguarda le parti di impianto relative agli aerogeneratori e alla stazione di trasformazione, la norma CEI 11-1 le classifica come aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.2 della norma, ossia involucri, barriere, ostacoli e distanziamento, con le misure prescritte dalla norma.

Per quanto riguarda invece gli elettrodotti interrati, la norma li classifica come esterni ad aree elettriche chiuse, per cui verranno applicate le misure di protezione previste al punto 7.1.3.1 della norma, ossia involucri e distanziamento; si farà nello specifico uso di cavi con guaina e schermo di

isolamento e si farà ricorso alla metodologia di posa tipo M indicata dalla norma CEI 11-17.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata inoltre dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE (Direttiva CEE 73/23);
- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi idoneo allo scopo.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e della Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza).

## **6.2. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI INDIRETTI**

Per garantire la protezione dai contatti indiretti, l'intero impianto eolico nel suo complesso è dotato di un impianto di terra, dimensionato per garantire il rispetto dei parametri indicati dalla normativa.

Presso ciascun aerogeneratore verrà realizzato un proprio impianto di terra, a mezzo di anelli concentrici in alluminio interrati e connessi con le fondazioni dell'aerogeneratore, collegati alle sbarre di terra, presso le quali vengono connesse tutte le parti metalliche presenti all'interno dell'aerogeneratore.

Per quanto riguarda l'elettrodotto interrato, verrà posato nel fondo dello scavo una treccia di rame della sezione di 50 mm<sup>2</sup>, tale da connettere tra loro tutte le maglie di terra intorno agli aerogeneratori, formando un unico impianto di terra. A tale treccia verranno collegati tutti gli schermi dei cavi presso i giunti.

Infine, presso la sottostazione di trasformazione, verrà realizzato un impianto di terra al quale verranno connesse tutte le parti metalliche non in tensione, così pure il centro stella del trasformatore.

Verranno inoltre installati dispositivi di protezione tali da garantire l'intervento automatico in caso di guasto.

La protezione contro i contatti indiretti è quindi assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE di tutte le masse, ivi compresi i centri stella dei trasformatori MT/BT installati presso gli aerogeneratori, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II;

- i dispositivi di protezione intervengono in caso di primo guasto verso terra con un ritardo massimo di 0,4 secondi, oppure entro 5 secondi con la tensione sulle masse in quel periodo non superiore a 50 V.

In ogni caso verranno rispettate le prescrizioni riportate nella Norma CEI 64-8 Parte 4 "Prescrizioni per la sicurezza" e della Norma CEI 11-1 parte 7 "Misure di Sicurezza).

### **6.3.        PROTEZIONI CONTRO LE FULMINAZIONI DIRETTE**

Gli aerogeneratori implementano già al loro interno un sistema di protezione contro le fulminazioni, costituito da un sistema di captazione, realizzato con un anello di alluminio disposto sulle pale, da una linea di drenaggio e da una rete di terra realizzata intorno alla fondazione dell'aerogeneratore.

## 7. STAZIONE DI TRASFORMAZIONE AT/MT

Nel presente capitolo si darà descrizione della stazione di trasformazione AT/MT a servizio dell'impianto eolico in oggetto, dando evidenza delle caratteristiche delle principali componenti elettriche necessarie all'innalzamento di tensione, delle opere elettriche accessorie, della rete di terra, nonché delle opere civili necessarie alla realizzazione dell'opera.

### 7.1. UBICAZIONE E VIABILITÀ DI ACCESSO

Il parco eolico in progetto convoglierà l'energia prodotta verso la Sottostazione Elettrica di Utente (SSEU) 132/30 kV, in progetto nel Comune di Mallare, in provincia di Savona in località Peirano-Acque (particella 54 del foglio 5) nelle immediate vicinanze della Nuova Stazione elettrica (SE) RTN 380/132kV "Mallare", connessa alla rete di trasmissione nazionale. La Sottostazione elettrica di utente sarà collegata alla Stazione elettrica Terna, al livello di tensione AT 132 kV, tramite una linea in cavo AT interrato.

La Sottostazione interessa un'area di forma rettangolare di larghezza pari a circa 32.10 m e di lunghezza pari a circa 90.0 m, interamente recintata e divisa in due parti (STALLO e BESS) accessibili entrambe tramite un cancello carrabile largo 7,00 m di tipo scorrevole ed un cancello pedonale. Il sito è accessibile dalla Strada Provinciale SP N.5 ed un tratto di strada vicinale.

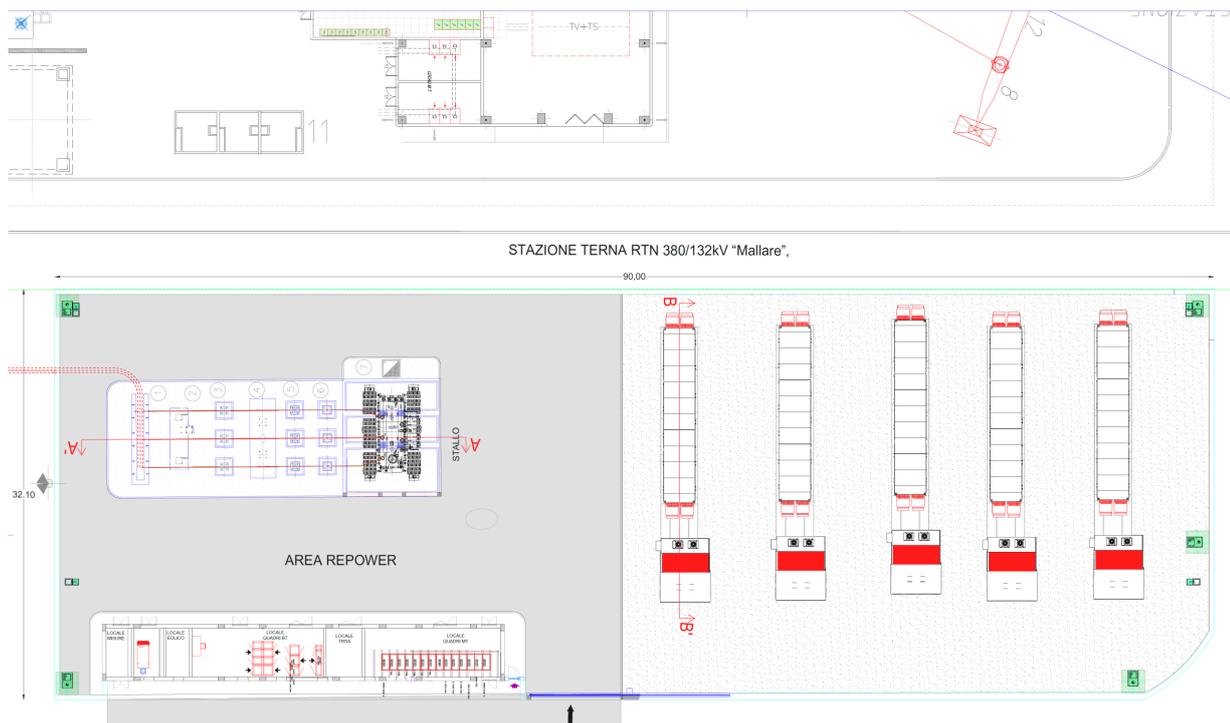
### 7.2. LAYOUT STAZIONE UTENTE

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede (cod. pratica TERNA 202100001) impianto venga collegato in antenna a 132 kV sulla futura Stazione Elettrica (SE) a 380/132 kV della RTN da inserire in entra – esce alla linea RTN a 380 kV " Vado Ligure – Magliano ".

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 in antenna a 132 kV per il collegamento del Vs. impianto sulla nuova Stazione Elettrica RTN a 380/132 kV costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo a 132 kV nella suddetta nuova stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

In base al preventivo di connessione, la potenza massima in immissione sarà pari a 40,4MW (30,10 impianto e 10,30 BESS).

La Sottostazione interessa un'area di forma rettangolare di larghezza pari a circa 32.10 m e di lunghezza pari a circa 90.0 m, interamente recintata e divisa in due parti (STALLO e BESS) accessibili entrambe tramite un cancello carrabile largo 7,00 m di tipo scorrevole ed un cancello pedonale.



*Figura 9 Vista aree stazione utente ed ampliamenti futuri*

### 7.3. DESCRIZIONE DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE

Come illustrato nello schema unifilare generale, l'energia generata dal parco eolico verrà convogliata tramite due terne di cavo MT in stazione di trasformazione di tensione 30/132kV (nel seguito anche SSE Utente), e, successivamente, consegnata alla Rete di Trasmissione Nazionale, secondo la configurazione che il Gestore di Rete ha comunicato nel preventivo di connessione.

Detta connessione avverrà tramite cavo interrato AT che collegherà la Stazione di trasformazione con la nuova SSE Terna.

La nuova sezione di impianto AT di utente sarà così composta:

- n. 1 Terminali Cavo AT

- n. 1 Sezionatore Orizzontale con L.T.
- n. 3 Trasformatore di Corrente
- n. 1 Interruttore Tripolare
- n. 3 TV induttivi
- n. 3 Scaricatori AT.
- n. 1 trasformatore AT/MT 132/30 kV della potenza di 50 MVA

L'impianto sarà completato dalla sezione MT/BT, composta da:

- quadro MT per produttore 30kV (uno per ciascuna sezione edificio),
- quadro MT generale 30kV (uno per ciascuna sezione edificio), completi di:
  - Scomparti di sezionamento linee di campo
  - Scomparti misure
  - Scomparti protezione generale
  - Scomparti trafo ausiliari
  - Scomparti protezione di riserva
- Trasformatori MT/BT servizi ausiliari 30/0,4 kV
- Quadri servizi ausiliari
- Quadri misuratori fiscali
- Sistema di monitoraggio e controllo

All'interno dell'area recintata della sottostazione elettrica sarà ubicata un edificio di comando suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri MT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, locali di servizio, ecc...

STAZIONE TERNA RTN

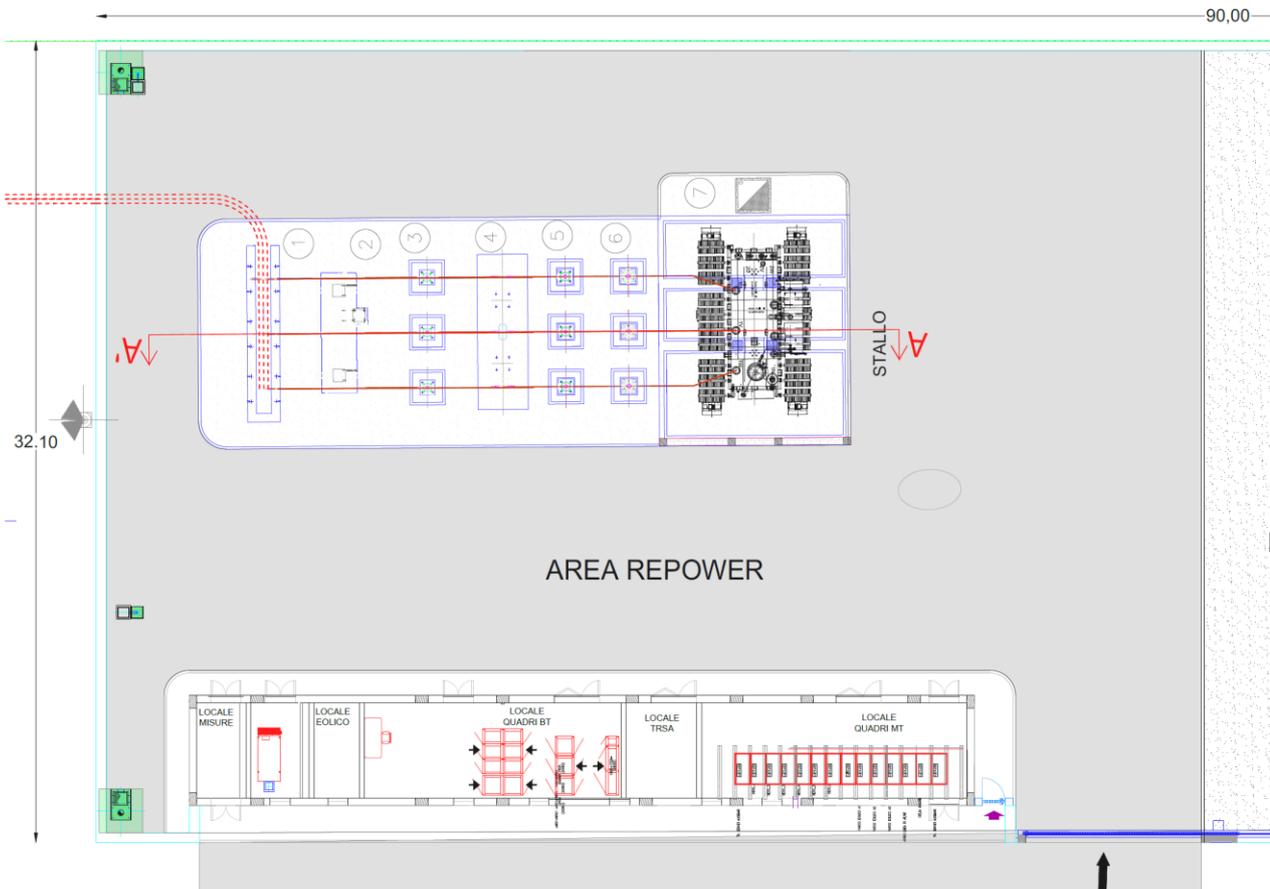


Figura 10 – Planimetria apparecchiature elettromeccaniche

#### 7.4. SERVIZI AUSILIARI

I servizi ausiliari presenti presso la SSEU saranno alimentati tramite trasformatori MT/BT con livello di tensione 30/0,4 kV, installati presso gli edifici di sottostazione.

Al fine di garantire la massima continuità di servizio e il riarmo delle apparecchiature, è prevista l'installazione presso la SST di un generatore ausiliario.

Da tali trasformatori/generatori verrà alimentato il quadro QSA, al quale saranno collegate tutte le utenze in c.a. in bassa tensione, quali:

- Ausiliari sezione MT.
- Ausiliari sezione AT.
- Illuminazione aree esterne.
- Circuiti prese e circuiti illuminazione edificio SST.

- Motori e pompe.
- Raddrizzatore BT.
- Sistema di monitoraggio.
- Altre utenze minori.

Dal quadro QSA verrà derivata l'alimentazione dei circuiti di protezione e comando, alimentati a 110 Vcc mediante un banco di batterie, alimentate dal raddrizzatore.

## **7.5. RETE DI TERRA**

Presso la sottostazione verrà realizzato un sistema di terra dimensionato secondo le norme CEI EN 50522 (CEI 99-3) e CEI EN 61936-1 (CEI 99-2), nonché alle prescrizioni Terna, considerando una corrente di corto circuito monofase pari a 31,5 kA e un tempo di eliminazione del guasto a terra pari a 0,5 s. L'impianto di terra consisterà in una maglia di terra in corda di rame nudo della sezione di 63 mm<sup>2</sup>, interrato alla profondità di circa 70 cm dal piano di calpestio, che seguirà l'intero perimetro della SST, con maglie interne di lato massimo pari a 4,5 m.

Il sistema di terra sarà integrato dalla presenza di dispensori verticali lungo il perimetro della SST, in prossimità dei trasformatori AT/MT.

Il sistema di terra verrà collegato con l'impianto di terra presso l'edificio SST, attraverso collegamenti sconnettibili in pozzetti ispezionabili.

Il collegamento fra la rete di terra e le apparecchiature di AT saranno effettuati in corda di rame nudo da 125 mm<sup>2</sup>.

Le connessioni fra i conduttori in rame avverranno mediante morsetti a compressione in rame, mentre il collegamento fra i conduttori e i sostegni metallici delle apparecchiature avverrà mediante capicorda e bulloni di fissaggio.

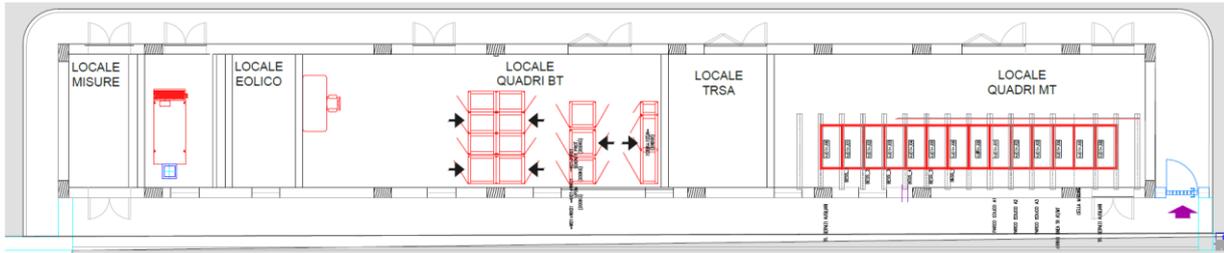
Al fine di garantire il rispetto delle tensioni limite entro i valori individuati dalla norma, in sede di progettazione esecutiva verranno individuate le aree da integrare con sistemi di dispersione ausiliaria, o sulle quali adottare provvedimenti particolari.

A seguito della realizzazione dell'opera, i valori di tensione saranno comunque oggetto di verifica strumentale.

Al fine di garantire la compatibilità elettromagnetica dei sistemi, in corrispondenza delle apparecchiature AT verrà realizzato un infittimento della maglia del dispersore, così pure verranno installati conduttori di terra suppletivi per il collegamento delle apparecchiature.

## 7.6. EDIFICIO SSE

Presso la sottostazione verrà realizzato un edificio destinato a locali tecnici e uffici, avente un ingombro in pianta di 31,20 x 4,40 m, presso il quale verranno ubicati i quadri MT, i trasformatori MT/BT, nonché i quadri ausiliari.



*Figura 11 Layout edificio produttore presso SSE*

L'edificio è articolato in più locali interni, adibiti a:

- Locale quadri MT;
- Locale TRSA
- Locale quadri BT;
- Locale Eolico
- Locale Gruppo Elettrogeno;
- Locale Misure

L'edificio sarà completo di tutti gli impianti elettrici civili interni (illuminazione e prese).

All'esterno è stato posizionato il gruppo elettrogeno.

## 7.7. OPERE CIVILI

Di seguito le principali opere civili previste in progetto:

- Scavo di sbancamento per una profondità di 80 cm da piano di calpestio finale;
- Eventuali opere strutturali necessarie alla site preparation
- Realizzazione della rete di terra (vedasi par. 4.6);
- Realizzazione della rete idraulica di smaltimento acque bianche;
- Realizzazione fondazioni in c.a. per apparecchiature AT;
- Sistemazione delle aree sottostanti le apparecchiature AT con area inghiaziata;
- Realizzazione di sottofondo stradale per lo spessore complessivo di 0,50 cm;

- Finitura aree con conglomerato bituminoso, con strato binder (7 cm) e strato usura (3 cm);
- Realizzazione dell'impianto di illuminazione esterna, con l'installazione di corpi illuminanti LED su pali tronco conici a stelo dritto lungo il perimetro;
- Realizzazione muro perimetrale, del tipo chiuso con pannelli prefabbricati in calcestruzzo e paletti in cls, infissi su fondazione in c.a., per una altezza complessiva fuori terra pari a 2,50 m;
- Realizzazione di un ingresso pedonale e di un carrabile, lungo il muro perimetrale;
- Realizzazione rampa di accesso da pubblica viabilità sino al cancello di ingresso presso la SSE.

## 7.8. PRINCIPALI APPARECCHIATURE IN PROGETTO

Nel seguito del paragrafo si elencano le caratteristiche delle principali apparecchiature AT costituenti la sezione 132 kV della SSEU in progetto. Tutte le apparecchiature saranno rispondenti alle Norme tecniche CEI citate al cap. 2 e alle prescrizioni Terna.

Le caratteristiche elettriche della sezione AT sono le seguenti

Tensione di esercizio AT	132 kV
Tensione massima di sistema	170 kV
Frequenza	50 Hz
Tensione di tenuta alla frequenza industriale	
fase-fase e fase terra	325 kV
sulla distanza di isolamento	375 kV
Tensione di tenuta ad impulso (1.2-50us)	
fase-fase e fase terra	750 kV
sulla distanza di isolamento	860 kV
Corrente nominale sulle sbarre	2000 A
Corrente nominale di stallo	1250 A
Corrente di corto circuito	31,5 kA

### Trasformatore TR

- Rapporto di trasformazione AT/MT: 132+/-10x1,25% / 30 kV;

- Potenza di targa: 40/50 MVA;
- Tipo di raffreddamento: ONAN/ONAF;
- Gruppo vettoriale: YNd11 (stella/triangolo con neutro esterno lato 132 kV previsto per collegamento a terra);
- Tensione di cortocircuito:  $V_{cc}=13\%$ ;
- Tipo di commutatore: sotto carico;
- Tipo di regolazione della tensione: sull'avvolgimento 132kV;
- Tipo di isolamento degli avvolgimenti AT e MT: uniforme;
- Tensione massima avvolgimento AT: 170 kV;
- Tensione massima avvolgimento MT: 36 kV;

**a) Interruttore:**

- Tensione nominale: 170 kV
- Corrente nominale 2500 A
- Max tensione di prova:
  - o Tra fase e terra
    - tensione nominale di tenuta a frequenza di esercizio: 325 kV;
    - tensione nominale di tenuta ad impulso atmosf.: 750 kV;
  - o Sulla distanza di sezionamento
    - tensione nominale di tenuta a frequenza di esercizio: 375 kV;
    - tensione nominale di tenuta ad impulso atmosf.: 860 kV;
- Corrente nominale di breve durata 40 kA
- Corrente nominale di picco 100 kA
- Temperatura ambiente  $-30^{\circ}\text{C} +55^{\circ}\text{C}$
- Caratteristiche interruttore
  - Interruttore singolo tipo LTB-D
  - Potere di interruzione nominale in cc 40 kA
  - Potere di stabilimento nominale di picco in cc 100 kA
  - Interruzione di correnti induttive su linea a vuoto 63 A
  - Interruzione di correnti capacitive su cavi a vuoto 160 A
  - Comando a molla

**b) Interruttore sezionatore di terra**

- Tensione nominale: 170 kV
- Corrente nominale 2500 A
- Max tensione di prova:
  - Tra fase e terra
    - tensione nominale di tenuta a frequenza di esercizio: 325 kV;
    - tensione nominale di tenuta ad impulso atmosf.: 750 kV;
  - Sulla distanza di sezionamento
    - tensione nominale di tenuta a frequenza di esercizio: 375 kV;
    - tensione nominale di tenuta ad impulso atmosf.: 860 kV;
- Corrente nominale di breve durata 40 kA
- Corrente nominale di picco 100 kA
- Temperatura ambiente -30°C +55 °C
- Caratteristiche sezionatore di terra
  - Comando tripolare a motore
  - Tensione ausiliari 110 Vcc
  - Tempo di manovra da linea a terra 5,5s

**c) Trasformatore di corrente**

- Tipo ad anello
- Classe di misura 0,2/0,5/1,0
- Corrente massima permanente 1,2 In

**d) Isolatori passanti**

- Tipo composito
- Tensione nominale 170 kV
- Distanza in aria 1304mm/1633mm
- Linea di fuga 4670mm/5462mm

**e) Trasformatori di tensione capacitivi**

- Rapporto di trasformazione nominale  $132.000:\sqrt{3} / 100:\sqrt{3} V$
- Rapporto di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s: 1,5

**f) Trasformatori di tensione induttivi**

- Tensione nominale primaria  $132.000:\sqrt{3}$  V
- Tensione nominale primaria  $100:\sqrt{3}$  V
- Rapporto di tensione nominale con tempo di funzionamento di 30 s: 1,5

## 7.9. IMPIANTO ENERGY STORAGE

### 7.9.1. Descrizione generale

È prevista la realizzazione di un sistema di accumulo, posto all'interno della sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT, da 10.30 MW, per l'accumulo di parte dell'energia elettrica prodotta dal parco eolico. Il sistema Energy storage è un impianto di accumulo di energia elettrica a batterie elettrochimiche costituito da apparecchiature per la conversione bidirezionale dell'energia da media a bassa tensione ed il raddrizzamento della corrente da alternata a continua.

La capacità dell'accumulo verrà decisa successivamente alla autorizzazione dell'impianto, sulla base delle reali necessità funzionali per cui verrà costruito lo storage, tematica soggetta ad una fervida evoluzione normativa nei prossimi mesi/anni. La capacità di accumulo massima sarà di circa 20.6MWh. Ad oggi è prevedibile installare una capacità energetica di 10,3-20,6MWh.

Nel sito verranno installate 5 Power Station, ovvero sistemi di generazione ed accumulo di energia elettrica, e n. 5 battery room che potranno immagazzinare fino a un massimo di 20.6 MWh, con batterie al Litio una tensione media in uscita di circa 1000 V in cc e di generare in totale 10,3 MVA di potenza elettrica a 600 V.

Tale scelta impiantistica è giustificata per sfruttare al meglio la richiesta di energia in caso di mancata produzione, e, nel contempo, per avvantaggiarsi della facoltà immettere nella RTN energia elettrica nelle ore con un maggior costo orario.

Con i sistemi di accumulo verrà immagazzinata l'energia nelle ore di minore richiesta, maggior produzione e di costo minore, per poi essere reimpressa in rete nei momenti nei momenti più propizi. Tali sistemi sono anche utili a sopperire le variazioni istantanee di richiesta di energia da parte della rete. Ogni Power Station è dotata di un trasformatore elevatore MT/BT.

In caso di blackout generale, grazie ai sistemi di accumulo, non sarà necessario disporre di un generatore supplementare per la ripartenza di tutto il sistema.

Il layout prevede la disposizione di n. 5 battery container (dim. 13,77 m x 2,438 m), n. 5 Power Stations (dim. 5,05 m x 3,90 m), con al loro interno inverter e trasformatore, il tutto all'interno

0 dell'area recintata della sottostazione elettrica in progetto, secondo la disposizione riportata nella specifica tavola grafica allegata.

La figura che segue mostra la disposizione minima tipo per l'impianto previsto rimandando allo specifico elaborato progettuale .

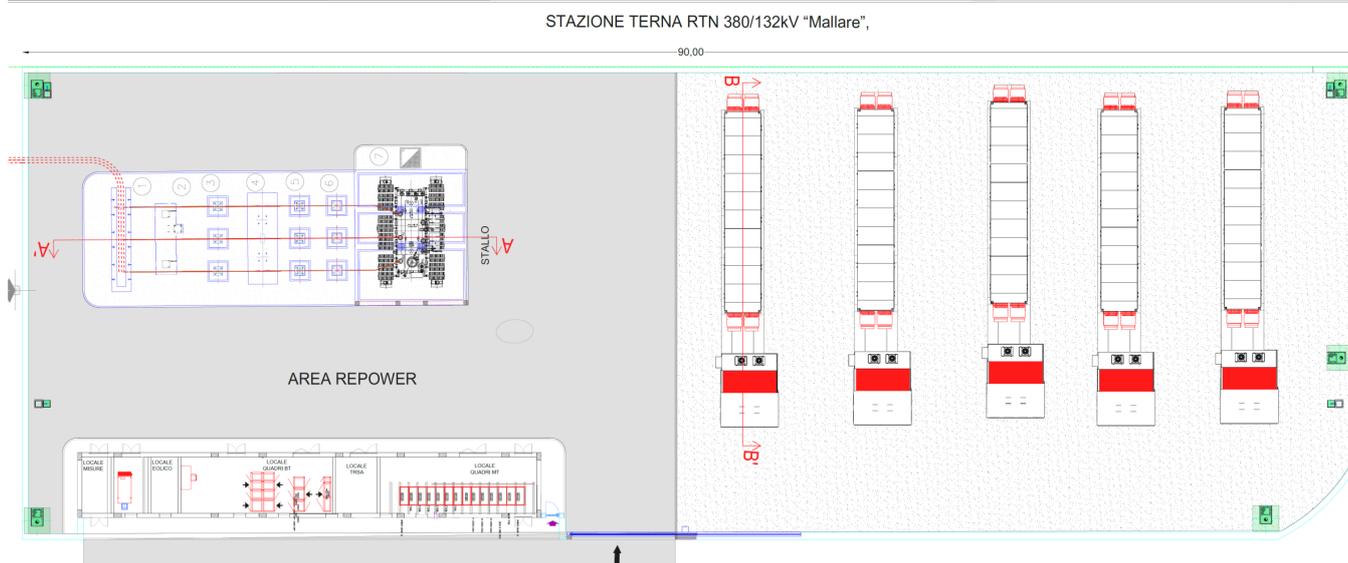


Figura 12 BESS

Nei seguenti paragrafi vengono descritti gli elementi sopra indicati. La scelta definitiva del modello e del costruttore avverrà successivamente, al termine dell'iter autorizzativo, in esito ad una ricerca di mercato che sarà condotta tra i diversi principali produttori.

### 7.9.2. Battery Storage Energy

Ciascuna battery storage energy da 2,06MWh è costituita da più rack battery, ciascun rack battery risulta a sua volta, composto da più moduli di batterie agli ioni di litio costituendo l'unità di accumulo "storage energy".

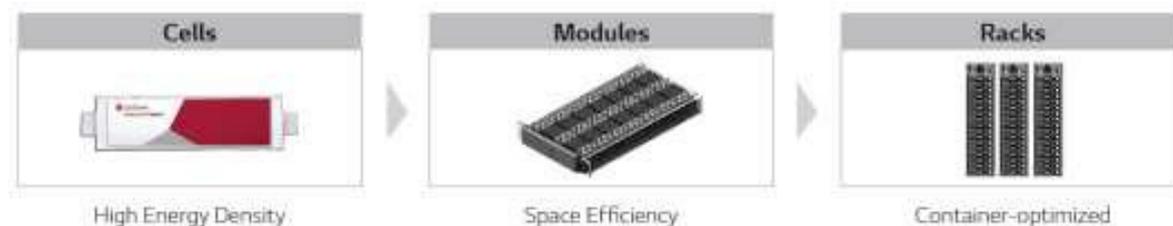


Figura 13 Schema composizione Rack battery

Il monitoraggio e il controllo dello stato del sistema di accumulo sarà svolto dal sistema BESS RIO UNIT il quale si interfacerà con i vari BESS PLC CONTROLLER

### 7.9.3. Power conversion system e Trasformazione BT/MT

Ciascun convertitore statico, nel seguito PCS (Power conversion system), sarà costituito da ponti bidirezionali reversibili, che impiegheranno IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Essendo le batterie adottate, caratterizzate da ampie escursioni di tensione, per l'azionamento saranno impiegati convertitori bidirezionali AC/DC da 2060kVA, 714V – 1000V dc, 440V<sub>ac</sub> ± 10%, 50 Hz.

In dettaglio le Power Conversion system sarà equipaggiata con:

- Quadro di conversione bidirezionale AC/DC, costituito da:
  - Induttanze e condensatori di spianamento;
  - Filtro LC di rete lato AC;
  - Filtri RFI per la soppressione dei disturbi elettromagnetici;
- Quadro BESS SCADA, contenente il sistema di supervisione, controllo e monitoraggio delle PCS, capace inoltre di interfacciarsi

con il sistema BESS PLC CONTROLLER del sistema di accumulo, garantendo in questo modo il corretto e sicuro

funzionamento del sistema stesso.

- Quadro per l'alimentazione dei servizi ausiliari dei quadri di conversione (es. alimentazione sistemi di comando e controllo, condizionamento etc);
- Sistemi di apparecchiature di manovra e protezione (interruttori, fusibili etc), e dispositivi di sicurezza (antincendio, etc).

Nelle immediate vicinanze di ciascuna PCS sarà installato un trasformatore BT/MT (30/0,55kV), di taglia pari a 2.1 MVA.

Le regolazioni di potenza attiva e reattiva in assorbimento ed in erogazione verso la rete, avvengono all'interno della curva di capability (P, Q) del PCS e nel rispetto delle limitazioni/blocchi provenienti dal sistema BESS SCADA.

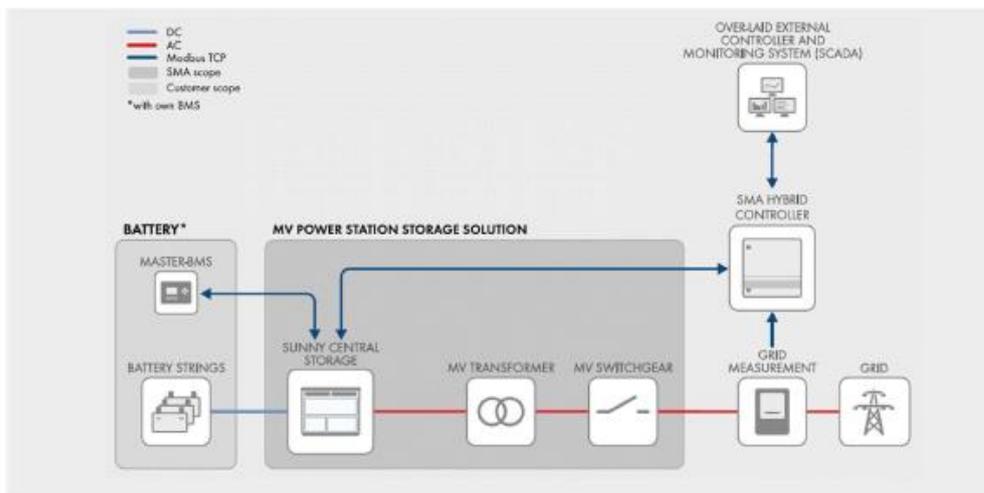


Figura 15

#### 7.9.4. Container

I container considerati in questa fase progettuale, per lo stoccaggio delle batterie al litio e destinati al contenimento degli apparati di potenza un peso (completamente equipaggiato) sarà inferiore a 30t. La temperatura interna sarà costantemente monitorata per garantire le corrette condizioni di lavoro di tutte le apparecchiature. Si riportano qui di seguito le caratteristiche principali:

- Struttura metallica in acciaio, larghezza 5mm per i quattro montanti angolari e 2mm per i restanti;
- I blocchi angolari sono basati su standard ISO per consentire un facile trasporto e sollevamento con normali macchinari;
- Superficie esterna ricoperta da una vernice anti-corrosione e la colorazione finale sarà RAL 9010;
- Pareti divisorie interne;
- Ogni stanza sarà equipaggiata con porte stagne antipanico;
- Supporto per manuali, inverter, porta batterie;
- Prese elettriche a servizio della distribuzione interna;
- Illuminazione ordinaria e di emergenza;
- Unità di raffreddamento per la gestione termica dei rack batterie;
- Sistema di allarme dotato di segnalazione ottica acustica-anomalie;
- Sistema di segnalazione e soppressione rivelazione incendi, basato su gas inerte.

## 8. STAZIONE TERNA (SE) RTN 380/132KV "MALLARE"

### 8.1. INTRODUZIONE

Il presente capitolo si propone di illustrare in maniera sintetica gli interventi previsti per la connessione alla RTN 380/132 kV di un impianto eolico. Lo scopo di immettere nella rete la potenza prodotta dal proprio impianto di produzione da 40,4 MW ( 30,10MW impianto eolico e 10,30 MW BESS).

L'impianto di connessione del parco si compone di una parte "utente" e di una parte "rete", oggetto di questa relazione. La parte "rete" dell'impianto di connessione, consiste in ciò che bisogna realizzare al fine di consentire l'immissione in rete dell'energia elettrica prodotta dal parco eolico e dal sistema di stoccaggio energia a batterie. Nel caso specifico si intende la costruzione di una nuova Stazione Elettrica TERNA 380/132kV realizzata in moduli blindati SF6 all'interno di un edificio integrato idoneo ad ospitare le baie, predisposte per n° 06 stalli AT 132kV e n° 05 stalli AT 380kV che sarà allacciata in entra/esci all'elettrodotto aereo "380kV Vado Ligure-Magliano", anch'esso oggetto d'intervento per inserimento di due nuovi tralicci per eseguire l'entra/esci della stazione TERNA.

Pertanto il presente progetto dell'impianto di connessione comprende entrambe le parti appena descritte e dato che sono entrambe funzionali all'allaccio in rete del parco e del sistema di stoccaggio energia a batterie, sarà inserito interamente all'interno del progetto definitivo di tutto il parco. Di seguito la planimetria con l'ubicazione della stazione Terna 380/132 Kv.

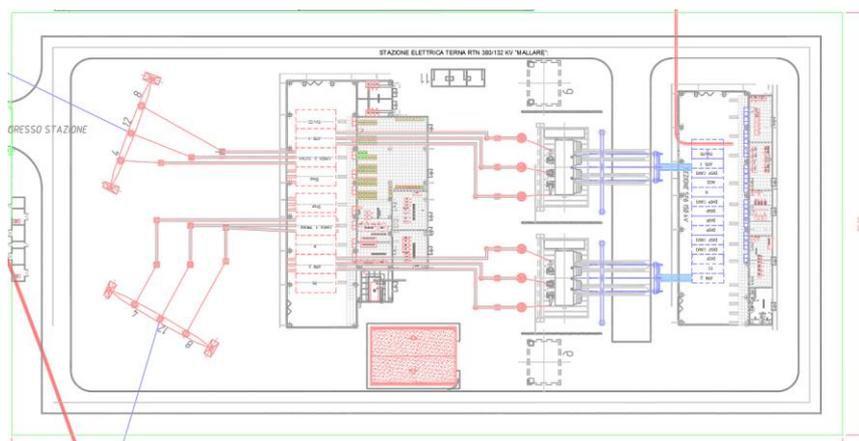


Figura 14 Layout stazione Terna

## 8.2. RIFERIMENTI

Nello schema di allacciamento indicato, costituisce impianto di rete per la connessione la nuova stazione elettrica Terna 380/132kV, composta da:

- Una sezione isolata in gas 132kV, costituita da:
  - n° 1 stallo AT 132kV arrivo produttore con allacciamento tramite cavo AT
  - n° 2 stalli AT 132kV arrivo linea in cavo AT (disponibili)
  - n° 1 stallo parallelo sbarre 132kV
  - n° 2 stalli trasformazione 132/280kV (secondario ATR)
  - n° 2 sistema sbarre isolato in gas con TV e sezionatori di terra
- Un area predisposta per l'installazione di due trasformatori ATR 380/132kV
- Una sezione isolata in gas 380kV costituita da:
  - n° 2 stalli trasformazione 132/380kV (primario ATR)
  - n° 1 stallo parallelo sbarre 380kV
  - n° 2 stalli arrivo linea aerea 380kV, per la realizzazione del collegamento in entra/esci della stazione
  - n° 2 sistema sbarre isolato in gas con TV e sezionatori di terra
- Un edificio integrato, suddiviso in due locali, per ospitare le sezioni blindate suddette ed i quadri di protezione e controllo e servizi ausiliari

Dunque, a valle di soluzioni concordate con Terna S.p.A., sia relativamente all'ubicazione della stazione elettrica RTN 380/132kV da realizzare sia relativamente al layout elettromeccanico della stessa, è stato possibile definire le opere di connessione di competenza del produttore, come riportato nella documentazione dedicata all'impianto utente.

### **8.3. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

- Codice di Trasmissione, Dispacciamento, Sviluppo e Sicurezza della Rete
- Norma CEI 99-2 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata"
- Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo"

### **8.4. DOCUMENTAZIONE PROGETTUALE TECNICA DI BASE**

La documentazione progettuale tecnica di base allegata è costituita dalle seguenti Tavole:

- 1454\_G25R0– Stazione elettrica Terna RTN 380/132 Kv "Mallare": Planimetria
- 1454\_G19R0- Schema elettrico unifilare

### **8.5. IDENTIFICAZIONE DESCRITTIVA DEL SITO DESTINATO ALLA CONNESSIONE**

#### Indicazioni di massima sulla morfologia del terreno

La morfologia del terreno in corrispondenza del sito destinato alla connessione risulta sostanzialmente pianeggiante.

#### Localizzazione Catastale

La Stazione in progetto ricade nel Comune di Mallare, in provincia di Savona in località Peirano-Acque, foglio 5 particelle 51-52-54.

## **8.6. DATI TECNICI PRINCIPALI DELLA STAZIONE TERNA 380/132KV**

Le componenti di seguito descritte trovano riscontro nella rappresentazione grafica delle tavole allegate alla presente relazione.

La stazione Terna rispetterà gli standard e le guide Terna per la realizzazione di stazioni unificate per quanto applicabile in una stazione blindata in gas.

### Apparecchiature AT

Il piazzale della stazione AT 132kV TERNA prevede la presenza dei seguenti componenti all'interno dei moduli blindati in gas e sezione in aria:

- Terminali cavo AT incluse cassette per la gestione degli schermi
- Scaricatori di sovratensione lato cavidotto AT
- Trasformatori induttori di potenza per SA
- Trasformatori di tensione AT per protezione e controllo
- Sezionatore AT con lame di terra
- Interruttore AT
- Trasformatori di corrente AT per protezione e controllo
- Isolatori portati e sistema sbarre
- Sistema di protezione controllo e supervisione elettrica SAS

Il piazzale della stazione AT 380kV TERNA prevede la presenza dei seguenti componenti all'interno dei moduli blindati in gas e sezione in aria :

- Scaricatori di sovratensione AT
- Trasformatori di tensione AT per protezione e controllo
- Sezionatore AT con lame di terra
- Interruttore AT

- Trasformatori di corrente AT per protezione e controllo
- Isolatori portati e sistema sbarre
- Portali arrivo linea aerea
- Bobine ad onde convogliate
- Sistema di protezione controllo e supervisione elettrica SAS

### NORME – DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Riportiamo di seguito le principali normative a cui si farà riferimento per la realizzazione in oggetto:

- Norma CEI 99-2 "Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata"
- CEI EN 60439-1 quadri BT
- CEI EN 62271-220 quadri MT
- Unificazione Terna / Criteri per la Connessione alla RETE
- D.Lgs 9.4.08, n.81 testo unico sulla sicurezza in cantiere
- Progettazione e Realizzazione di Stazioni Elettriche della Rete di Trasmissione Nazionale – Stazioni elettriche isolate in aria progetto unificato impianti di potenza sezione 132-150kV – rev.00 dd.29.03.2013
- Guida Tecnica INS GE G 01 dd.22.02.2012
- Specifica Tecnica Generale – Forniture in opera AT-BT SRI-STG-SET 2 \_001 dd.31.03.2010
- Catalogo SET Serie 2 Forniture in opera AT-BT SRI-CAT-SET 2 \_002 dd.31.03.2010
- Capitolato Tecnico ING CAPCIV08 dd.24.09.08
- Addendum Catalogo "SET serie 2" – Opere Civili SRI CAT SET2 -002 rev.00 e successivi aggiornamenti
- GIS Guida Tecnica per la progettazione esecutiva, realizzazione, collaudo ed accettazione di Stazioni elettriche di smistamento della RTN a tensione nominale 132÷380 kV di tipo

AIS, MTS e GIS "INS GE G 01"

Standard tecnici e Specifiche Componenti AT

- Conduttore a corda di alluminio crudo Ø 36 mm – (LC5)
- Tabella dati conduttore a corda di alluminio Ø 41,1 mm – (LC8)
- Prescrizioni per la costruzione, il collaudo e la fornitura di tubi di alluminio dei sistemi di sbarre delle stazioni AT di Terna – (TSUP TUBE 01)
- Prescrizioni per la costruzione, il collaudo e la fornitura di morsetteria per stazioni elettriche AT – (ING MORS 01)
- Prescrizioni per la costruzione, il collaudo e la fornitura di isolatori portanti e di manovra per stazioni elettriche - (ING ISOL 01)
- Catene rigide isolanti in vetro temperato 132-150-220 kV – (LJ15)
- Isolatori cappa e perno di tipo antisale in vetro temperato – (LJ 2)
- Prescrizioni per la costruzione ed il collaudo degli elementi di morsetteria per linee elettriche aeree AT con conduttori nudi (UX LM3900)
- Prescrizioni per la costruzione e il collaudo dei sostegni in tubo per apparecchiature elettriche AT – (INS CS S 01)
- Prescrizione per la fornitura dei sostegni a traliccio per linee elettriche AT – (LS10001)
- Prescrizioni per la costruzione dei sostegni a traliccio per linee elettriche aeree AT - LS 10002)
- Prescrizione per la costruzione e il collaudo delle targhe monitorie – (LS 10095)

Cavi BT

- Cavi BT non propaganti l'incendio ING02022
- Prescrizioni di prova per i cavi BT conformi alla ST ING2022 - (ING02023) (l'argomento è in corso di evoluzione – vanno presi accordi con Terna specifici per ogni impianto)

Cavi in fibra ottica

- Specifica tecnica RQ UP CFO 001 Rev. 01 del 3/03/2008 - Cavi a fibre ottiche di tipo per esterno per comunicazione tra apparati di protezione e controllo installati nelle stazioni elettriche AT - RSPT06-003DIS-ISI

Cavi MT

- Unificazione ENEL DDI - (DC 4372 - DC 4378 - DC 4379 - DC 4389)
- Unificazione ENEL DDI Terminali e Giunti MT – (DJ1119 – DJ4453 – DJ4456 – DJ4473 – DJ4476 – DJ4376 – DJ4379 – DJ1136 )

Standard tecnici e Specifiche Tecniche Servizi Ausiliari

- Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT della Distribuzione (DK 5600, DK5640)
- Dispositivi Generali (DG) – Servizi Ausiliari MT (INGPMT0DG)
- Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico - Tensione nominale 24 kV – Scomparto "I" (Linea) (DY 402)
- Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico - Tensione nominale 24 kV – Scomparto "TM" (Protezione Trasformatore) (DY 403)
- Apparecchiature prefabbricate 24 kV con involucro metallico a tenuta d'arco interno con IMS isolato in SF6 (DY 803)
- Addendum alle apparecchiature omologate DDI-ENEL conformi alla DY400 (ING ADD DIST)
- Trasformatori trifase MT/BT tipo ENEL DDI (DT 791 – DT 796 – DT 801- DT 803 – DT 808)
- Gruppi elettrogeni per l'alimentazione di emergenza dei servizi ausiliari a 380 Vca - (ING S UG S 001)
- Prescrizioni per la costruzione e il collaudo dei quadri servizi ausiliari 110 Vcc principale

"N" e alimentazione retroquadro "V" – (TINSPULV009200)

- Prescrizioni per la costruzione del quadro servizi ausiliari 380 Vca – (TINSPULV009300)
- Pannello H - Trasformazione alimentazioni Gruppo Elettrogeno - (ING SETPH 001)
- Armadio di distribuzione 110 Vcc-"V" – (LQ677R-1)
- Prescrizioni per la costruzione e il collaudo dell'armadio di distribuzione S.A. (chiosco) – (TINSPUTV009600)
- Batterie stazionarie al piombo ermetiche regolate con valvola – (RQXP 040001)
- Raddrizzatori per la carica delle batterie e l'alimentazione dei S.A. 110 V – (RQXP 040010)

### Chioschi

- Prescrizioni per la costruzione e la fornitura di chioschi prefabbricati metallici – (ING CH 01).

### Standard tecnici e Specifiche Servizi Generali

- Impianti Tecnologici di Edificio - (TINSPUADS010000)
- Armadi periferici SEA-SEC-SIE-SFE - Prescrizioni costruttive – (AD.S - 10.2)
- Armadio SAG "Allarmi servizi generali" – (AD.S - 10.5)
- Impianti di illuminazione e F.M. esterna – (AD.S - 10.6.)
- Impianti di rilevazione incendi – (TINSPU00020002)
- Pavimenti modulari, Controsoffitti, Sbarramenti Antifiamma ed impianti Antiratto – (SRI\_EAO\_SET 2\_001)

### Impianti illuminazione esterna

L'illuminazione delle aree esterne della stazione elettrica verrà realizzata con una illuminazione posta perimetralmente alle aree di manovra della stazione, e realizzata con paline alte 13 metri.

Verrà, inoltre, garantita una locale integrazione con plafoniere e/o proiettori nelle zone d'ombra adiacenti all'edificio.

### Rete di terra

- Metodologie per la progettazione ed il dimensionamento dell'impianto di terra delle Stazioni Elettriche AT - (INS CA G01)
- Metodologie per la progettazione ed il dimensionamento dell'impianto di terra delle Stazioni Elettriche AT – Appendice 1 – Definizioni (INS CA G01\_A1)
- Metodologie per la progettazione ed il dimensionamento dell'impianto di terra delle Stazioni Elettriche AT – Appendice 2 – Riferimenti Normativi (INS CA G01\_A2)
- Metodologie per la progettazione ed il dimensionamento dell'impianto di terra delle Stazioni Elettriche AT – Appendice 3 – Validazione progetto (INS CA G01\_A3)

L'impianto di terra sarà dimensionato in accordo alle specifiche sopra riportate, sarà costituito da una rete magliata di conduttori in corda di rame e dimensionato termicamente.

Per il suo progetto si procederà:

- al dimensionamento termico del dispersore e dei conduttori di terra;
- alla definizione delle caratteristiche geometriche del dispersore, in modo da garantire il rispetto delle tensioni di contatto e di passo secondo la curva di sicurezza.

Allo stato attuale delle conoscenze si può supporre di realizzare la rete magliata di conduttori scegliendo il lato di maglia in modo da limitare le tensioni di passo e di contatto a valori non pericolosi.

La rete di terra primaria potrà essere costituita, come da altri impianti simili della RTN, da conduttori in corda di rame nudo avente sezione 63 mm<sup>2</sup> interrati ad una profondità di circa 0,70 m.

I conduttori di terra che collegano al dispersore le strutture metalliche, saranno in rame di diametro 14.7 mm (sezione 125 mm<sup>2</sup>) collegati a due lati di maglia. I TA, i TV, ed i portali di amarro sono collegati alla rete di terra mediante conduttori di rame sempre di diametro 14.7 mm,

allo scopo di ridurre i disturbi elettromagnetici nelle apparecchiature di protezione e di controllo (compatibilità elettromagnetica), specialmente in presenza di correnti ad alta frequenza.

Tensioni di contatto e di passo

La definizione della geometria del dispersore al fine di garantire il rispetto dei limiti di tensione di contatto e di passo sarà effettuata in fase di progetto esecutivo, quando saranno noti i valori di resistività del terreno, da determinare con apposita campagna di misure.

In via preliminare, sulla base degli standard normalmente adottati e di precedenti esperienze, può essere ipotizzato un dispersore orizzontale a maglia, con lato di maglia di 5m.

In caso di terreno non omogeneo con strati superiori ad elevata resistività si potrà procedere all'installazione di dispersori verticali (picchetti) di lunghezza sufficiente a penetrare negli strati di terreno a resistività più bassa, in modo da ridurre la resistenza di terra dell'intero dispersore.

In ogni caso, qualora risultasse la presenza di zone periferiche con tensioni di contatto superiori ai limiti, si procederà all'adozione di misure correttive.

#### Specifiche Tecniche Sistema di Automazione Stazioni (SAS)

- SAS 2021 Specifica tecnica - (RSPT19-0021TEC-SAS Rev. 01 del 31/07/2019)

#### Sistema Monitoraggio Apparecchiature e Macchinario AT

- SRI\_MOAT\_SET 2\_001

#### Sistema Alimentazioni TLC

- AGM ING UB S BEF01 Batterie monoblocco stazionarie con attacchi frontali ad elettrolita
- SRI INVTLC 01 Inverter per apparati TLC da 3kVA
- SRI RADTLC 00 Raddrizzatori per la carica delle batteria e l'alimentazione dei sistemi TLC delle stazioni elettriche AT

Informazioni inerenti le opere civili accessorie previste

Tra le altre opere civili accessorie meritano particolare menzione la recinzione esterna del piazzale della stazione e il piazzale stesso. Le opere menzionate saranno previste in osservanza dell'unificazione Terna e delle caratteristiche di riferimento agli standard delle opere civili accessorie ed agli spazi dettati dalla realizzazione e dall'esercizio in sicurezza delle componenti comprese nel layout elettromeccanico.

Consistenza edile degli edifici di comando e controllo, il locale quadri, la consegna MT e il magazzino

Sono previsti quattro edifici in elementi prefabbricati in muratura, con copertura a falda piana, delle dimensioni riportate nei doc. 1407-PD\_A\_07.18\_TAV\_r00 - 1407-PD\_A\_07.19\_TAV\_r00 - 1407-PD\_A\_07.20\_TAV\_r00.

Tali edifici sono composti da:

- Edificio comandi:
  - o Locale ufficio
  - o Locale spogliatoi e servizi igienici
  - o Locale comando e controllo
  - o Locale HMI
  - o Zona TLC
- Edificio SA:
  - o Locale quadri comuni
  - o Locale MT 1 e 2
  - o Locale Servizi ausiliari 1 e 2
  - o Deposito
- Edificio magazzino
- Edifici consegna MT
  - o Locali Enel distribuzione
  - o Locali DG1/DG2
  - o Locale TLC

Secondo gli standard e l'unificazione Terna.

### Gruppo Elettrogeno BT

All'interno della stazione è prevista l'installazione di un GE per i servizi essenziali, di taglia compatibile con la potenza dell'impianto di produzione ed in base agli standard dell'unificazione Terna.

### SISTEMA INTEGRATO DI PROTEZIONE COMANDO E CONTROLLO DI STAZIONE

#### tipo SAS21

All'interno dell'edificio comandi saranno installati i Quadri per il sistema per il comando controllo automazione e monitoraggio dei sistemi elettrici composto da:

- Unità digitali multifunzione per le funzioni di protezione comando controllo automazione e monitoraggio a LIVELLO DI MONTANTE
- Unità digitali per le funzioni di misura e monitoraggio dei montanti e sistemi elettrici

In conformità al progetto unificato TERNA, la fornitura sarà così costituita:

#### Sistema di Automazione di Stazione

In configurazione ridondata, completo di postazione di supervisione ed ingegneria di impianto (unità centrale).

- Sezione 132kV
  - o Nr.2 (spare) Unità funzionali Linea in Cavo 132kV - equipaggiate con BCU e protezione di stallo
  - o Nr.1 Unità funzionale Linea da autoproduttore - tipico (da definire con Terna) equipaggiata con BCU e protezione di stallo
  - o Nr.2 Unità funzionale secondario autotrasformatore 132kV - equipaggiate con BCU e protezione di stallo
  - o Nr.1 Unità funzionale generali di sezione – tipico 20A2 equipaggiata con BCU e protezioni di minima tensione di sbarra avente anche funzione di monitoraggio sbarra
  - o Nr.1 Unità funzionale generali di impianto e servizi generali - tipico 21 per la raccolta di allarmi servizi ausiliari/generali

- Nr.1 Unità funzionale servizi ausiliari – tipico 30
  - Nr.1 Unità funzionale parallelo sbarre – tipico 2B equipaggiata protezione di stallo
- Sezione 380kV
- Nr.2 Unità funzionali linea aerea 380kV – tipico 1A1a equipaggiata con BCU e doppia protezione distanziometrica
  - Nr.2 Unità funzionali primario autotrasformatore 380kV – tipico 3A1 equipaggiate con BCU e protezioni di stallo
  - Nr.1 Unità funzionale generali di sezione – tipico 20A1 equipaggiata con BCU e protezioni di minima tensione di sbarra avente anche funzione di monitoraggio sbarra
  - Nr.1 Unità funzionale parallelo sbarre – tipico 2B equipaggiata protezione di stallo

Interfacciamento con sistema di controllo TERNA SCTI

- La parte di controllo prevede dei dispositivi di interfacciamento all'interno dell'armadio RTU e armadio Router in conformità alle prescrizioni Terna:
- Specifiche tecniche TLC per stazioni Decreto 281 rev.2 dd.11.2009 (relativamente alla rete dati; escluso capitolo 2 relativo alla telefonia fissa)
- Connessioni ai sistemi terna dei flussi dati per il monitoraggio RTN e pronto intervento RP- 281PSE-01 rev01 dd.09.02.2007
- Sistema Controllo e teleconduzione (SCTI ) Apparato periferico di telecontrollo (RTU) TP APP\_RTU O TC001 rev.03 dd. 08.05.2003

---

## **8.7. DATI TECNICI PRINCIPALI DELLA LINEA AT DI CONNESSIONE ALLA RTN**

Il collegamento entra/esci dalla stazione TERNA verso elettrodotto 380kV è realizzato tramite linea aerea AT che si collega alla stazione TERNA tramite l'ausilio di n° 2 portali arrivo linea aerea. L'attuale linea 380kV " Vado Ligure – Magliano" T287 verrà modificata, inserendo in asse con la linea attuale due nuovi tralicci, per la realizzazione della connessione in entra/esci ai portali di arrivo della SE di Trasformazione.