

# Regione Puglia

COMUNI DI MARUGGIO(TA)-MANDURIA(TA)-SAVA(TA)  
AVETRANA(TA)-ERCHIE(BR)

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI IMPIANTO PER LA  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI,  
NONCHE' OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE, DI POTENZA  
PREVISTA IMMESSA IN RETE PARI A 49,60 MW ALIMENTATO DA  
FONTE EOLICA DENOMINATO "MESSAPIA ENERGIA"**

## PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "MESSAPIA ENERGIA"

Codice Impianto: BAEQU27

Tav.:	Titolo:
R08	RELAZIONE CALCOLO PRELIMINARE IMPIANTI

Scala:	Formato Stampa:	Codice Identificatore Elaborato
n.d.	A4	BAEQU27_Relazione Specialistica_R08

Progettazione:	Committente:
 <p>Gruppo di progettazione: Ing. Santo Masilla - Responsabile Progetto Ing. Francesco Masilla</p> <p><small>Via Aosta n.30 - cap 10152 TORINO (TO) P.Iva 12400840018 - REA TO-1287260 Amm.re Soroush Tabatabaei</small></p>	<p><b>ENERGIA LEVANTE s.r.l.</b> Via Luca Gaurico n.9/11 Regus Eur - 4° piano - Cap 00143 ROMA P.IVA 10240591007 - REA RM1219825 - energialevantesrl@legalmail.it www.sserenewables.com - Tel.: +39 0654831</p> <p>Società del Gruppo</p>  <p>For a better world of energy</p>
Indagini Specialistiche :	

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Luglio 2022	Prima emissione	F.M.	S.M.	G.M.

## Sommario

1.	Generalità .....	3
2.	Riferimenti legislativi.....	4
3.	Descrizione del progetto.....	5
4.	Descrizione dell'aerogeneratore .....	6
5.	Scelte progettuali dell'impianto elettrico .....	7
6.	Caratteristiche elettrodotto di media tensione .....	8
7.	Dimensionamento del cavo MT .....	11
7.1	<i>Portata dei Cavi</i> .....	16
8	<i>Caratteristiche costruttive dei cavi MT</i> .....	24
8.1	<i>Segnalazione della presenza dei cavi</i> .....	24
10.1	<i>Coesistenza tra i cavi MT e i sottoservizi</i> .....	25
10.2	<i>Coesistenza tra cavi di energia e telecomunicazione</i> .....	25
10.5	<i>Prova di isolamento dei cavi MT</i> .....	27
9	<b>SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E IMPIANTO DI CONSEGNA</b> .....	28
9.1	<i>Generalità</i> .....	28
9.2	<i>Descrizione generale della CABINA MT 30/36 kV</i> .....	28
9.3	<i>Rete di terra</i> .....	29
9.4	<i>RTU della sottostazione e dell'impianto di consegna</i> .....	29
9.5	<i>SCADA</i> .....	30
9.6	<i>Apparecchiature di misura dell'energia</i> .....	30
9.7	<i>Protezione lato MT</i> .....	30
9.8	<i>Protezione di interfaccia</i> .....	31
9.9	<i>Protezione del trasformatore MT/MT</i> .....	31
9.10	<i>Temperatura di posa</i> .....	31

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

911	Segnalazione della presenza dei cavi .....	31
912	Prova di isolamento.....	31
10	CRITERI DI COSTRUZIONE.....	32
101	Esecuzione di pozzetti e camerette .....	32
102	Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a MT .....	32
103	Messa a terra dei rivestimenti metallici .....	33
10.1	Descrizione delle opere .....	33
10.2	Ubicazione dell'opera.....	33
11.	Conclusioni .....	36

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

## 1. Generalità

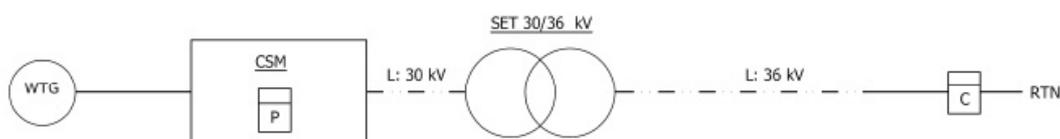
La seguente relazione tecnica specialistica è riferita al progetto di un parco eolico da realizzarsi nel Comune di Maruggio (Ta) e Manduria (Ta), di proprietà della società ENERGIA LEVANTE srl con sede in Roma.

Il parco prevede la costruzione e la messa in esercizio, su torre tubolare in acciaio di altezza 115 m e diametro pale 170 m, di n. 8 aerogeneratori della potenza unitaria di 6,2 MW, per una potenza totale installata di 49,6 MW. Gli aerogeneratori avranno rotore tripala del diametro di 170 m.

In base alla soluzione di connessione (STMG TERNA N. 202101464 del 09/02/2022), l'impianto eolico sarà collegato in antenna a 36 kV con futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV Erchie, mediante la stazione MT/AT di smistamento TERNA 36/380 kV da inserire in entra-esce alla linea a 380 kv "Taranto Nord- Galatina Sud" prevista in questo progetto nel Comune di Avetrana (TA).

Gli impianti ed opere da eseguire sono quelli sinteticamente sotto raggruppati:

- rete di distribuzione interna a MT (30 kV) in cavo interrato per la interconnessione degli aerogeneratori costituenti il parco eolico e per la connessione degli stessi alla sottostazione di trasformazione MT/MT 30/36 kV
- cabina di smistamento MT interno parco switching center;
- sottostazione di trasformazione TERNA AT/MT sita nei pressi del punto di consegna AT della futura Stazione Elettrica Terna di Erchie(Br);
- raccordo aereo AT (380 kV) dalla stazione di trasformazione al punto di consegna AT nella futura stazione TERNA da realizzare;
- rete di monitoraggio in fibra ottica tra le torri eoliche e la sottostazione;
- impianti di messa a terra.
- Cabina di smistamento con contatori e sezionatori rete MT nei pressi della SET 36/380 kV di Terna.



Schema adottato per il collegamento alla RTN

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

## 2. Riferimenti legislativi

Il progetto elettrico oggetto della presente relazione tecnica è stato realizzato nel rispetto dei più moderni criteri della tecnica impiantistica, nel rispetto della “regola dell’arte”, nonché delle leggi, norme e disposizioni vigenti, con particolare riferimento a:

- Legge sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro: D. Lgs 81/08
- Legge n. 186 del 1/3/1968 Costruzione di impianti a regola d’arte;
- DM 24/11/1984 (Norme relative ai gasdotti);
- D.Lgs. 17/2010 (Direttiva Macchine);
- DM 05/08/1998 Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche aeree esterne;
- Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI), meglio specificate nelle relazioni specifiche (CEIEN 61936, CEI 11-17, ecc.).
- Norme e Raccomandazioni IEC;
- Prescrizioni e raccomandazioni Terna Spa: guide e specifiche tecniche;
- Prescrizioni e raccomandazioni della Struttura Pubblica di Controllo Competente (ASL/INAIL);
- Norme di unificazione UNI, UNEL, TERNA.
- Direttive europee.

Il rispetto della normativa sopra specificata sarà inteso nel modo più restrittivo, nel senso che non solo la progettazione sarà adeguata a quanto stabilito dai suddetti criteri, ma vi sarà un’analoga rispondenza alle normative da parte di tutti i materiali ed apparecchiature che saranno impiegati. Con preciso riferimento a quanto prescritto dalle Norme d’installazione degli impianti elettrici, saranno scelti materiali provvisti di marchio CE e Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.) per tutti i prodotti per i quali il marchio è esistente e ammesso. Saranno, comunque, rispettate le prescrizioni delle presenti specifiche, ove sono previsti dimensionamenti in lieve misura eccedenti i limiti minimi consentiti dalle Norme.

Gli impianti dovranno rispondere ai seguenti requisiti generali:

- Sicurezza ed affidabilità;
- Capacità di ampliamento;
- Accessibilità;

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

- Facilità di gestione.

### 3. Descrizione del progetto

Il progetto elettrico dell'impianto eolico è descritto in dettaglio nella Relazione specialistica opere elettriche.

Ciascun generatore eolico produrrà energia elettrica alla tensione di 690 V c.a. All'interno di ciascuna torre sarà installato un trasformatore 0,69/30 kV per la trasformazione di detta corrente alla tensione di 30 kV.

Gli aerogeneratori sono suddivisi, dal punto di vista elettrico, in n.3 sottogruppi, detti sottocampi numerati da 1 a 3 collegati a uno switching center posizionati in campo; lo switching center è collegato alla SET utente. Nella SET utente ci sarà una ulteriore trasformazione con innalzamento della tensione da 30 kV a 36 kV ed allaccio alla RTN. Il collegamento alla RTN avverrà tramite cavo interrato 36kV partente dalla SET Utente -CS fino alla cabina di misura (CM) posizionata in prossimità della nuova STAZIONE ELETTRICA TERNA 36/380 kV.

L'impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- n° 8 aerogeneratori della potenza massima di circa 6,2 MW ciascuno ed avente generatore di tipo asincrono, con diametro del rotore pari a 170 m, altezza mozzo pari a 115 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 200 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione MT/BT;
- rete elettrica interrata a 30 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la sottostazione;
- n° 1 Switching Center a cui sono collegati n.8 aerogeneratori per 49,6 MW;
- n° 1 sottostazione elettrica di trasformazione MT/MT alla bocca d'impianto eolico nei pressi della stazione della TR08 nel Comune di Manduria, collegata alla cabina di smistamento (punto di consegna previsto) nei pressi dell'impianto di trasformazione Terna 36/380 kV, nel Comune di Avetrana (Ta).
- Stazione di smistamento TERNA 36/380 kV con raccordo aereo AT 380 kV alla stazione TERNA SE di Erchie 380/150 kV nel Comune di Erchie (Br);
- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

#### 4. Descrizione dell'aerogeneratore

In particolare, trattasi di aerogeneratori trifase modello Siemens-Gamesa SG170 con potenza massima di 6200 kW e tensione nominale di 690 V tipo SG170. In fase di progettazione esecutiva potrà essere scelto un aerogeneratore dalle stesse caratteristiche geometriche equivalente.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo e nell'insieme costituiscono il rotore che ha diametro massimo di 170 m: il mozzo a sua volta viene collegato ad un sistema di alberi e moltiplicatori di giri per permettere la connessione al generatore elettrico, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza, in bassa tensione verso il trasformatore MT/BT.

Tutti i componenti su menzionati, ad eccezione del rotore, sono ubicati in una cabina, detta navicella, la quale a sua volta, è posta su un supporto cuscinetto in modo da essere facilmente orientabile secondo la direzione del vento. L'intera navicella (realizzata in materiale plastico rinforzato con fibra di vetro) viene posta su di una torre tronco-conica tubolare.

Oltre ai componenti prima detti, vi è un sistema di controllo che esegue diverse funzioni:

- ✓ il controllo della potenza, che viene eseguito ruotando le pale intorno al proprio asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, in base al profilo delle pale;
- ✓ il controllo della navicella, detto controllo dell'imbardata, che serve ad inseguire la direzione del vento, ma che può essere anche utilizzato per il controllo della potenza;
- ✓ l'avviamento della macchina allorché è presente un vento di velocità sufficiente, e la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

L'intera navicella viene posta su di una torre avente forma conica tubolare. La velocità del vento di avviamento è la minima velocità del vento che dà la potenza corrispondente al massimo rendimento aerodinamico del rotore. Quando la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento.

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di *Cut-out wind speed* (fuori servizio).

Per ragioni di sicurezza a partire dalla velocità nominale la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

L'aerogeneratore si avvicinerà al valore della potenza nominale a seconda delle caratteristiche costruttive della turbina montata: passo fisso, passo variabile, velocità variabile.

## 5. Scelte progettuali dell'impianto elettrico

Al fine di rendere flessibile l'intero parco eolico sono state studiate le caratteristiche dell'impianto elettrico tenendo conto delle condizioni in sito dell'impianto e della sua consistenza elettrica.

Gli aerogeneratori sono stati collegati con soluzione "entra-esce" raggruppandoli anche in funzione del percorso delle linee in cavo da installare, evitando sprechi di materiale, contenendo le perdite ed ottimizzando la scelta delle sezioni dei cavi stessi. Si sono così individuati 3 sottocampi da 2 a 3 turbine.

La sottostazione di trasformazione MT/MT 30/36 kV è stata ubicata nei pressi dell'impianto eolico, mentre il punto di connessione presso la futura stazione TERNA 36/380 kV da realizzare e raccoglie le linee MT di interconnessione del parco eolico, proveniente da switching center, consentendo poi la trasmissione dell'intera potenza del parco eolico al punto di consegna MT 36kv di TERNA mediante un raccordo in cavo interrato MT (36 kV); I percorsi delle linee, illustrati nei disegni, potranno essere meglio definiti in fase di progettazione di dettaglio e costruttiva. All'atto dell'esecuzione dei lavori, i percorsi delle linee elettriche saranno accuratamente verificati e definiti in modo da:

- evitare interferenze con strutture, travi, parti di altri impianti ed effetti di qualunque genere;
- evitare curve inutili e percorsi tortuosi;
- assicurare una facile posa o infilaggio delle condutture;
- effettuare una posa ordinata e ripristinare la condizione ante-operam.
- In sede di redazione de presente Progetto definitivo sono state accuratamente

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

verificate le interferenze con altri impianti quali rete SNAM rete Gas e interferenze strutturali e di orografia superficiale; negli elaborati progettuali sono indicate le soluzioni scelte per il loro superamento.

## 6. Caratteristiche elettrodotto di media tensione

La rete elettrica a 30 kV interrata assicurerà il collegamento dei trasformatori di torre degli aerogeneratori alla sottostazione di trasformazione.

La rete MT di raccolta ha schema radiale ed è costituita da linee in cavo interrato collegate in entra-esce attraverso le cabine MT di torre, determinando sei sottocampi composti da due e tre aerogeneratori. Tutti i sottocampi sono collegati alla cabina Switch center e da quest'ultima alla SET con n.3 linee ciascuna alla SET. In uscita a 36 kV saranno collocate in trincea aperta n.3 terne da 500 mmq che raggiungeranno la cabina di smistamento e misura. Ciascuna delle suddette linee, a partire dall'ultimo aerogeneratore del ramo, provvede, con un percorso interrato, al trasporto dell'energia prodotta dalla relativa sezione del parco fino all'ingresso del quadro elettrico di raccolta, nella sottostazione di trasformazione MT/MT di Manduria.

I percorsi delle linee, illustrati negli elaborati grafici con percorrenza prevalentemente su strada pubblica. Pertanto si possono identificare tre sezioni della rete MT:

- la rete di raccolta dell'energia prodotta suddivisa in 3 sottocampi costituiti da linee che collegano i quadri MT delle torri in configurazione entra-esce alla Cabina di smistamento in campo SWITCHING CENTER;
- la rete di vettoriamento che collega la cabina di smistamento SWITCHING CENTER dei sottocampi alla sottostazione di trasformazione MT/MT.

Sarà posata nello scavo degli elettrodotti MT una corda di terra in rame elettrolitico di sezione pari a 50 mm<sup>2</sup>. La corda sarà interrata ad una profondità di 0,85 m minimo (secondo standard enel). La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva

Il percorso di ciascuna linea della rete di raccolta è stato individuato sulla base dei seguenti criteri:

- minima distanza;
- massimo sfruttamento degli scavi delle infrastrutture di collegamento da realizzare; migliore condizione di posa (ossia, in presenza di forti dislivelli tra i due lati della strada, contenendo, comunque, il numero di attraversamenti, si è cercato di evitare

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

la posa dei cavi elettrici dal lato più soggetto a frane e smottamenti).

Le linee MT interne al parco eolico, di connessione tra gli aerogeneratori e tra questi e la SSE, saranno realizzate con cavi unipolari tipo VOLTALENE XLPE o similari, direttamente interrati. La posa interrata avverrà ad una profondità di 1,1 m con una larghezza dello scavo di 0,60-0,90 m. L'utilizzo di cavi tipo airbag, con doppia guaina in materiali termoplastici (PE e PVC) che migliora notevolmente la resistenza meccanica allo schiacciamento rendendoli equivalenti, ai sensi della Norma CEI 11-17, a cavi armati, consente la posa interrata senza utilizzo di ulteriore protezione meccanica.

Più precisamente saranno utilizzati cavi 18/30 kV, con conduttore in alluminio, semiconduttore esterno, isolamento, altro semiconduttore esterno, materiale per la tenuta all'acqua, schermo metallico, guaina interna in polipropilene, guaina esterna in PVC (doppia guaina per posa direttamente interrata), di sezione 3x1x150 mmq, 3x1x400 mmq e 3x1x630 mmq, 3x1x800 mmq. In fase di progetto esecutivo queste sezioni potrebbero subire qualche variazione, tipologia adottata tipo VOLTALENE XLPE o equivalenti.

La potenza elettrica raccolta dall'area di produzione (MT) è trasferita in elettrodotto, in esecuzione completamente interrata, fino alla sottostazione di trasformazione/consegna (MT/MT).

L'elettrodotto si compone di due sezioni fondamentali:

1. il collegamento delle diverse torri tra di loro;
2. il collegamento dei gruppi di macchine con la sottostazione di consegna (SSE).

Per il collegamento delle torri si prevede la realizzazione di linee MT costituite da collegamenti del tipo entra-esce. Le linee raccolgono, pertanto, l'energia prodotta dai generatori. Il percorso dell'elettrodotto di collegamento dei trasformatori (posti, come si è detto, all'interno delle torri) è rappresentato nelle tavole allegate.

I cavi saranno direttamente interrati e sarà prevista la posa, all'interno del proprio scavo, del tegolino di protezione tranne nei casi in cui sia necessaria una maggiore protezione meccanica, realizzata con tubazioni in PEAD.

Il cavo direttamente interrato garantisce una maggiore portata a parità di sezione rispetto al caso di cavo in tubo.

L'impiego di pozzetti o camerette sarà limitato ai casi di reale necessità, ad esempio per

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

facilitare la posa dei cavi lungo un percorso tortuoso o per la ispezionabilità dei giunti. Inoltre ogni 2.5 km circa saranno posati dei pozzetti per la verifica delle scariche parziali on&off line e per la ricerca dei guasti.

La scelta delle sezioni dei cavi è stata fatta considerando le correnti di impiego e le portate dei cavi per la tipologia di posa considerando anche che devono essere minimizzate le perdite.

Sono state utilizzate preliminarmente sezioni da 150, 400, 500, 800 mm<sup>2</sup> con tensione nominale 18/30 kV. Per il cavidotto di vettoriamento la linea è stata suddivisa in n. 2-3 terne che saranno posate nello stesso scavo per il tracciato condiviso.

Nella tabella del paragrafo successivo sono riportati i risultati dei calcoli delle correnti di impiego, la scelta delle sezioni e la portata dei cavi MT per la posa interrata. I coefficienti di calcolo sono stati assunti secondo le seguenti ipotesi:

- resistività termica del terreno pari a 1,5 K•m/W (coefficiente Ci);
- temperatura terreno pari a 25° C (coefficiente Ca);
- fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti più condutture (coefficiente Cg);
- profondità di posa pari a 1,10 m (coefficiente Cd)
- condizioni di posa con la situazione termica più critica.
- Spazio libero tra le triple 200 mm

	<b>Calcolo Preliminare impianti</b>		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

I primi dati considerati per I calcoli del presente Progetto sono ricavati dai seguenti documenti:

Caratteristiche dei cavi MT: *catalogo commerciale*

Risorsa eolica del sito e curva di potenza degli aerogeneratori: *2110- Appia San Marco\_Info inviata a BoP*

Curva di potenza della turbina eolica: *D2075735-005 SGRE ON SG 6.2-170 Ct standard e curva di potenza Rev. 0 Modalità AM 0 -Densità dell'aria*

Caratteristiche dei trasformatori di turbine eoliche: *D2292916\_006 SGRE ON SG 5.X Specifiche Trasformatore 50Hz ECO 30 Kv*

Caratteristiche del trasformatore di cabina: *Regolamento (UE) n. 548/2014 della Commissione del 21 maggio 2014, che sviluppa la Direttiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio in materia di trasformatori di piccola, media potenza e grandi*

## 7. Dimensionamento del cavo MT

I cavi selezionati per la rete MT che collegano tra loro le WTG e al commutatore di cabina hanno un livello di tensione di 18/30 kV, per resistere alla tensione nominale del sistema MT. I cavi MT saranno unipolari, con conduttore in alluminio, isolati in XLPE e schermati. Le caratteristiche elettriche di questa tipologia di cavi sono le seguenti:

Le caratteristiche elettriche del cavidotto MT sono le seguenti:

VOLTALENE XLPE - RHZ1				18/30 kV
Alluminio	50 Hz			30,0 kV
Temperatura massima del conduttore =				90°C
Temperatura del suolo =				25 °C
Resistività termica del suolo =				1,5 K m / W
Profondità di sepoltura =				1,00 m
SEZIONE	IMAX IN TERRA (A)	IMAX IN TUBO (A)	RAC 90°C (Ω / km)	X (Ω / km)
150	260.0	245.0	0.277	0,122
400	445.0	415.0	0.105	0.106
500	505.5	480.0	0,084	0,102
630	575.0	545.0	0,063	0,098
800	636.0	580.0	0,051	0,104

Tabella 1. Caratteristiche elettriche dei cavi MT.

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

Le condizioni di canalizzazione del sistema MT sono le seguenti:

**Installazione direttamente interrata / Installazione di tubi e calcestruzzo.**

- Temperatura del suolo = 25°C
- Resistività termica del suolo = 1,5 K m/W
- Profondità di installazione = 1 m
- Separazione libera tra triple = 200 mm

La sezione dei cavi MT viene scelta tenendo conto dei seguenti criteri:

- **Ampiezza:** la sezione prescelta deve essere in grado di sopportare la massima corrente che può fluire attraverso ciascun filo senza superare la temperatura permanente di esercizio dell'isolante. I fattori di correzione utilizzati corrispondono a quelli indicati nella IEC 60502-2.
- **Caduta/aumento di tensione:** Trattandosi di un impianto di generazione, il valore da limitare è l'aumento di tensione dalle sbarre MT della cabina ai terminali MT dei trasformatori WTG. Il limite sarà una deviazione del 7% dalla tensione nominale. Con questo valore il contributo delle WTG alla regolazione della potenza reattiva dovrebbe essere corretto.
- **Coefficienti di parallelismo, profondità:** Le correnti massime indicate dal produttore del cavo sono modificate dai coefficienti di riduzione indicati in IEC 60502-2.

Coefficients di correzione dell'intensità - Installazione interrata diretta							
$I' = (Kt Kr)_{\text{terreno}} (Ka Kp)_{\text{fosso}} I$ (Kt Kr) --> tabella dei cavi (Ka Kp) --> tabella dei circuiti							
TERRA				FOSSO			
Resistività termica		Temperatura		Triplo raggruppamento		Profondità sepolta	
Sezione (mm <sup>2</sup> )	kr	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Kt	Circuiti	Ka	Sezione (mm <sup>2</sup> )	kp 1,00 m
150	1.00000	150	1.00000	1	1.00000	150	1.00000
400	1.00000	400	1.00000	Due	0,83000	400	1.00000
500	1.00000	500	1.00000	3	0,73000	500	1.00000
630	1.00000	630	1.00000			630	1.00000
800	1.00000	800	1.00000			800	1.00000

Coefficients di correzione dell'intensità - Installazione di tubi e calcestruzzo							
$I' = (Kt Kr)_{\text{terreno}} (Ka Kp)_{\text{fosso}} I$ (Kt Kr) --> tabella dei cavi (Ka Kp) --> tabella dei circuiti							
TERRA				FOSSO			
Resistività termica		Temperatura		Triplo raggruppamento		Profondità sepolta	
Sezione (mm <sup>2</sup> )	kr	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Kt	Circuiti	Ka	Sezione (mm <sup>2</sup> )	kp 1,00 m
150	1.00000	150	1.00000	1	1.00000	150	1.00000
400	1.00000	400	1.00000	Due	0,88000	400	1.00000
500	1.00000	500	1.00000	3	0,80000	500	1.00000
630	1.00000	630	1.00000			630	1.00000
800	1.00000	800	1.00000			800	1.00000

Tabella 2. Correttori per cavi MT.

Sono stati così dimensionati i vari tratti di elettrodotto in base al numero di terne affiancate nello stesso scavo. Per il cavidotto di vettoriamento, la scelta del numero di cavi e della sezione tiene conto anche della caduta di tensione sulla linea.

Le linee saranno realizzate in modalità "entra-esci" (suddivise in due sottocampi), secondo lo schema a blocchi di seguito riportato. Ciascun sottocampo sarà poi collegato alla SSE di connessione.

Condizioni al contorno:

N.17 Aerogeneratori tipo SG170 6,2MW collegati con n.4 sottocampi per un totale di 49,6 MW

Tensione 30KV

Frequenza 50Hz

Intensità massima = 95%

Caduta di Tensione massima = 7%

Resistività termica = 1,5°K m / W

Temperatura del suolo: 25°C

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

Fattore di Potenza  $\cos(\Phi) = 0,94$

Profondità di posa della trincea = 1,00m

Separazione libera tra tre trincee = 200mm

Fattore di correzione orografia 1,03

Linea MT di collegamento: per ogni aerogeneratore si aggiungono 30m, nella SEE si aggiungono 15m e in ogni giunzione si aggiungono 10m

Correttori IEC60502-2

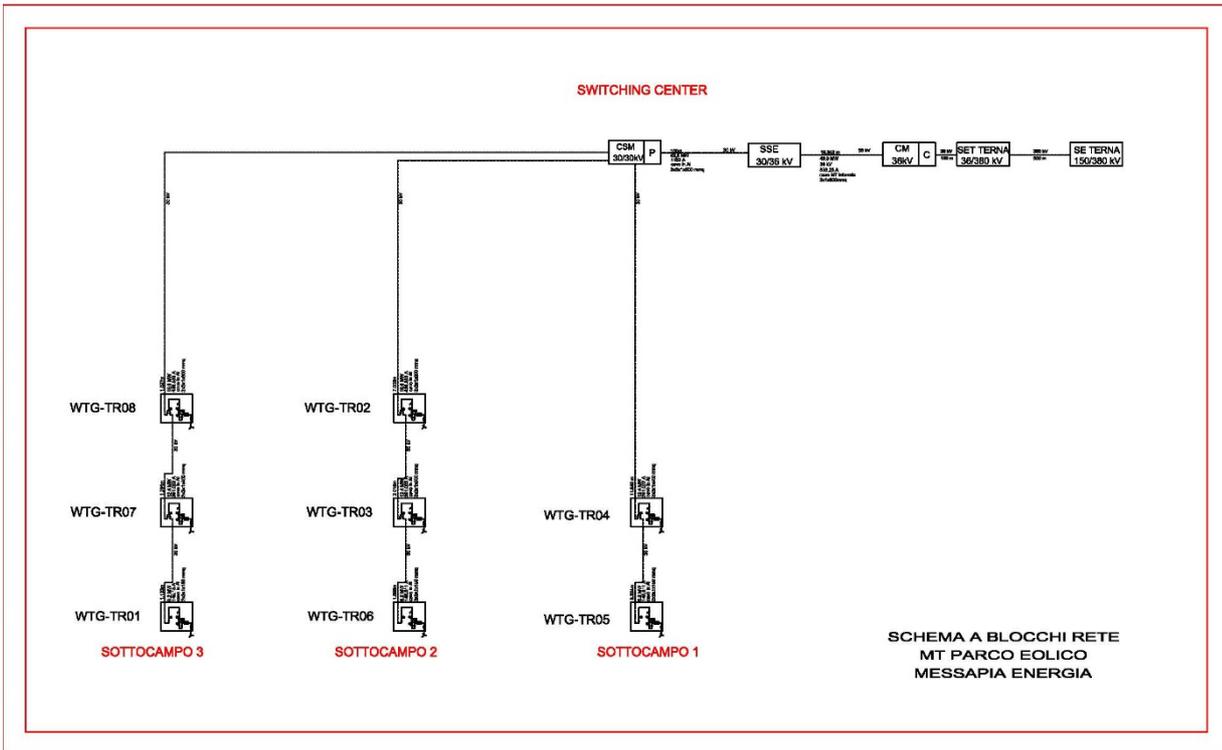
Cavi VOLTALENE XLPE Alluminio 18/30KV RHZ1 *Prysmian Group*

Temperatura di servizio: 90°C

Temperatura del suolo: 25°C

Resistività termica: 1,5 K m / W

Profondità di installazione: 1,0 m



*Schema a blocchi Parco Eolico*

Lo sviluppo lineare dei cavidotti utilizzati per il collegamento dei sottocampi è di 79.962 m posati su scavo lineare di 33.518 m. Si riporta in tabella la sezione di cavi utilizzati, unitamente alla stima delle lunghezze effettuate sulla base delle misurazioni su CAD e dei correttori sopra riportati, da confermare in campo in sede di progetto esecutivo.

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

Sottocampo 1	Potenza	Lunghezza (m)	Sezione (mmq)
TR05 -TR04	6.200	3.324	150
TR04 – CS	12.400	11.644	400

Sottocampo 2	Potenza	Lunghezza (m)	Sezione (mmq)
TR06 – TR03	6.200	1.898	150
TR03 – TR02	12.400	2.015	400
TR02 - CS	18.600	7.275	800

Sottocampo 3	Potenza	Lunghezza (m)	Sezione (mmq)
TR01 – TR07	6.200	1.133	150
TR07 – TR08	12.400	1.291	400
TR08 - CS	18.600	1.027	800

Sottocampo 4	Potenza (Kw)	Lunghezza (m)	Sezione (mmq)
CS(SET UTENTE) – CM	49.600	16.785	500
CM – SET TERNA	49.600	50	500

### *Lunghezza e sezione cavi MT30KV interrato*

#### 7.1 Portata dei Cavi

Per la determinazione della portata del conduttore di fase del cavo interrato sarà applicato il metodo descritto dalla tabella IEC 60364-5-52 e IEC 60502-2 Considerazioni di carattere commerciale fanno ipotizzare l'utilizzo di non più di 3 diverse sezioni di cavi con conduttore in alluminio ed isolante in XLPE:

S<sub>1</sub>: 1x3x**150** mmq per tratti di cavidotto con potenza fino a 6,2 MW (1 aerogeneratori);

S<sub>2</sub>: 1x3x**400** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 12,4 MW (2 aerogeneratori).

S<sub>3</sub>: 1x3x**800** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 18,6 MW (3 aerogeneratori).

S<sub>4</sub>: 3x1x3x**500** mmq per tratti di cavidotto con potenza di 49,6 MW (8 aerogeneratori).

A partire dalla portata nominale, si calcola un fattore correttivo

$$K_{tot} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Dove:

K<sub>1</sub> è il fattore di correzione da applicare se la temperatura del terreno è diversa da 20°C;

K<sub>2</sub> è il fattore di correzione da applicare in funzione delle modalità di posa;

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

K<sub>3</sub> è il fattore di correzione per resistività del terreno diversa dal valore di riferimento di 1,5 Km/W, valido per terreni asciutti;

K<sub>4</sub> è il fattore di correzione profondità di posa diversa da 0,7 m.

Nel caso in esame (con riferimento alle tabelle della richiamata CEI-UNEL 35026):

K<sub>1</sub> = 0,95 poiché si suppone una temperatura massima del terreno pari a 25°C;

K<sub>2</sub> = 0,85 poiché abbiamo nelle trincee cavi al più due circuiti, con cavi direttamente interrati, distanza tra i circuiti di circa 200 mm;

K<sub>3</sub> = 1 poiché la resistività termica del terreno si suppone pari al valore nominale di 1,5 km/W;

K<sub>4</sub> = 0,96 poiché la profondità di posa è di 1,0m.

Inoltre, poiché la posa è direttamente interrata anziché in tubazione si considera K<sub>tubazione</sub> = 1.

In definitiva, il fattore di riduzione della portata del cavo è pari a

$$K_{tot} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_{tubazione} = 0,88$$

Nella tabella seguente si riporta, per le differenti sezioni, la portata effettiva del cavo nelle

	<b>Calcolo Preliminare impianti</b>		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

condizioni di posa previste a progetto ( $I_z$ ) e la massima corrente che attraverserà il cavo ( $I_b$ ).  
Rammentiamo che si tratta di cavi con conduttore in alluminio e isolante in XLPE.

Con

$$I_b = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos\varphi}$$

Dove:

$I_b$ = corrente massima che attraversa il cavo;

$P_n$ = Potenza massima trasportata dal cavo

$V_n$ = Tensione nominale di impianto (30 kV)

$\cos\varphi=0,82$  tra turbine eoliche e centri di sezionamento e  $\cos\varphi=0,94$  tra centro di sezionamento e sottostazione.

Numero aerogeneratori	$P_n$	Corrente $I_b$
1	6,2 MW	$I_{b-1} = 145,511 \text{ A} < 245,00 \text{ A}$
2	12,4 MW	$I_{b-2} = 291,022 \text{ A} < 415,00 \text{ A}$
3	18,6 MW	$I_{b-3} = 430,533 \text{ A} < 580,00 \text{ A}$

Numero Switching Center	$P_n$	Corrente $I_b$	Sezione
1	49,600 MW	$I_{b-1} = 1015,481 \text{ A}$	n.3 linee 3x1x500 mmq
2	55,800 MW	$I_{b-2} = 1142,416 \text{ A}$	n.3 linee 3x1x630 mmq



## Calcolo Preliminare impianti

Elaborato: BAEQU27\_CalcoloPreliminareImpianti\_R08

Rev.  
0



### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 1

Temperatura del suolo = 25 °C

Resistenza termica del terreno = 1,5 K·m/W

Separazione delle triple = 200 mm

Frequenza = 50 Hz

Da Turbina	a Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulo	Corrente (A)	Per cento intensid.	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Corrente max K·I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta tensione %	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
		kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
TR05	TR04	30	6200	6200	145.511	67.4	3.167	3.324	2	1.00	0,8300	1	Al	150	215.800	0,277	0,123	249,252	249,252	0,831	58,483	58,483
TR04	CS	30	6200	12400	291.022	89.6	11.245	11.644	3	1.00	0,7300	1	Al	400	324.850	0,105	0,106	861,456	1.110,71	3,702	310,649	369,132

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 2

Temperatura del suolo = 25 °C

Resistenza termica del terreno = 1,5 K·m/W

Separazione delle triple = 200 mm

Frequenza = 50 Hz

Da Turbina	a Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulo	Corrente (A)	Per cento intensid.	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Corrente max K·I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta tensione %	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
		kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
TR06	TR03	30	6200	6200	145.511	67.4	1.783	1.898	2	1.00	0,8300	1	Al	150	189.800	0,277	0,123	143,353	142,353	0,475	33,401	33,401
TR03	TR02	30	6200	12400	291.022	78.8	1.896	2.015	2	1.00	0,8300	1	Al	400	324,850	0,105	0,106	149,050	291,402	0,971	53,749	87,149
TR02	CS	30	6200	18600	436.533	94.2	7.003	7.275	3	1.00	0,7300	1	Al	800	463.550	0,051	0,104	556,553	847,956	2,827	211,274	298,423

### CALCOLO DELLA RETE 30 kV: CIRCUITO N° 3

Temperatura del suolo = 25 °C

Resistenza termica del terreno = 1,5 K·m/W

Separazione delle triple = 200 mm

Frequenza = 50 Hz

Da Turbina	a Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulo	Corrente (A)	Per cento intensid.	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Corrente max K·I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta tensione %	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
		kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
ASM05	ASM06	30	6200	6200	145.511	67.4	1.956	2.076	Due	1.00	0,8300	1	Al	150	215.800	0,277	0,123	84,964	84,964	0,283	19,935	19,935
ASM06	ASM08	30	6200	12400	291.022	78.8	2.245	2.374	Due	1.00	0,8300	1	Al	400	369.350	0,105	0,106	95,480	180,444	0,601	34,431	54,366
ASM08	CS	30	6200	18600	436.533	94.2	2.237	2.366	3	1.00	0,7300	1	Al	800	463.550	0,051	0,104	78,562	259,006	0,863	29,823	84,189

### CALCOLO DELLA RETE 36 kV: CIRCUITO

Temperatura del suolo = 25 °C

Resistenza termica del terreno = 1,5 K·m/W

Separazione delle triple = 200 mm

Frequenza = 50 Hz

Da Turbina	A Turbina	Tensione	Potenza	Potenza accumulo	Intensità accumulo	Per cento intensità	Lunghezza media	Lunghezza	N° terre	Profondità di interramento	Correzione (Ka·Kp)	Numero Condotta	Materiale	Sezione	Intensità massima K·I	Resistività	Reattanza	Caduta di tensione parziale	Caduta di tensione accumulata	Caduta di tensione (%)	Potenza perdita parziale	Potenza perdita totale
		kV	kW	kW	UN	%	km	km		m			Al	mm2	UN	Ω/km	Ω/km	v	v	%	kW	kW
CS	CM	30	49600	49600	1015,481	91,8	16,785	16,785	3	1,00	0,7300	3	Al	500	1105,950	0,028	0,034	1,290,678	1,290,678	4,302	1,676,258	1,676,258

Tabella 4. Installazione di tubazioni e calcestruzzo di rete MT.

	<b>Calcolo Preliminare impianti</b>		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

### 4.3. TRASFORMATORI A TURBINA EOLICA

<b>Siemens Gamesa 5.X Transformer Specification 50Hz ECO 30 kV</b>		2020-10-21	
D2292916/005			
<hr/>			
<b>Transformer</b>		<b>Transformer Cooling</b>	
Type .....	Liquid filled	Cooling type.....	KFWF
Max Current.....	7110 A	Liquid inside transformer	K-class liquid
Nominal voltage .....	30/0.69 kV	Cooling liquid at heat exchanger	Glystantin
Frequency .....	50 Hz		
Impedance voltage .....	9.5% ± 8.3% at ref. 6.5 MVA		
Tap changer .....	±2x2.5% (optional)		
Loss ( $P_0 / P_{k75^\circ C}$ ).....	4.77/84.24 kW		
Vector group .....	Dyn11		
Standard.....	IEC 60076		
Cold Climate Package.....	ECO Design Directive (optional)		
<b>Transformer Monitoring</b>		<b>Transformer Earthing</b>	
Top oil temperature.....	PT100 sensor	Star point .....	The star point of the transformer is connected to earth
Oil level monitoring sensor...	Digital input		
Overpressure relay.....	Digital input		
All data are subject to tolerances in accordance with IEC.			

Tabella 5. Caratteristiche del trasformatore WTG.

### 4.4. TRASFORMATORI DI SOTTOSTAZIONE

Il trasformatore della cabina ha le seguenti caratteristiche:

<b>Potenza, <math>S_n</math> [MVA]</b>	53-55
<b>Tensioni, <math>U_{at}/U_{mt}</math> [kV]</b>	30/36
<b>Perdite dovute al carico, <math>P_{cu}</math> [kW]</b>	168
<b>Perdite a vuoto, <math>P_{fe}</math> [kW]</b>	25
<b>Perdite totali, <math>P_{fe} + P_{cu}</math> [kW]</b>	193

Tabella 6. Caratteristiche dei trasformatori del SET.

### 4.5. SERVIZI AUSILIARI DELLA SOTTOSTAZIONE

La SS.AA. della sottostazione dell'azienda agricola e dell'edificio di controllo dell'azienda agricola, sono trattate come perdite elettriche poiché consumano una piccola parte dell'energia generata dalle turbine eoliche.

Si ritiene che i sistemi di Protezione, Controllo e Misurazione, illuminazione e condizionamento/

	<b>Calcolo Preliminare impianti</b>		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

riscaldamento consumino in media 15kW.

## 5. CALCOLO DELLE PERDITE ELETTRICHE

Le perdite di energia elettrica del parco eolico sono determinate dai seguenti elementi:

- Cavi MT.
- Trasformatori WTG.
- Trasformatori di sottostazione.
- Servizi ausiliari della cabina del parco.

Il calcolo delle perdite elettriche a pieno carico viene effettuato tenendo conto delle seguenti ipotesi:

- Tutti i WTG funzionano con lo stesso livello di carico allo stesso tempo.
- Opzione 1: tutte le turbine eoliche funzionano con il valore di  $\cos \varphi$  necessario per soddisfare il requisito reattivo massimo nel PCC ( $\cos \varphi = 0,82$  tra turbine eoliche e centri di sezionamento e  $\cos \varphi = 0,94$  tra centro di sezionamento e sottostazione).
- Opzione 2: i WTG possono funzionare con  $\cos \varphi = 0,1$  nel punto di connessione.

### 5.1. CURVA DI POTENZA DELLE MACCHINE

In primo luogo, per conoscere il peso delle perdite elettriche sull'energia fornita, verrà analizzata la capacità di produzione del parco eolico.

La distribuzione del vento che ci si può aspettare nell'area del parco eolico non è la stessa in tutto il parco eolico. Tuttavia, per questi calcoli, è stata considerata la stessa distribuzione del vento (frequenze del vento) per tutti i WTG.

La curva di potenza e la distribuzione del vento delle macchine SG170 (T115m) da 6.200 MW sono le seguenti:

VELOCITÀ VENTO	FREQUENZA	FREQUENZA	POTENZA
[SM]	[h]	[%]	SG170 6.200 MW [kW]
0	83	0,95%	0
1	245	2,80%	0
Due	429	4,90%	0
3	635	7,26%	85
4	841	9,61%	312
5	1007	11,51%	727
6	1113	12,71%	1322
7	1104	12,61%	2146
8	929	10,61%	3227

9	718	8,21%	4467
10	548	6,26%	5475
undici	381	4,35%	5981
12	254	2,90%	6148
13	175	2,00%	6189
14	114	1,30%	6198
quindici	74	0,85%	6200
16	48	0,55%	6200
17	26	0,30%	6200
18	13	0,15%	6200
19	9	0,10%	6200
venti	4	0,05%	6200
ventuno	0	0,00%	5956
22	0	0,00%	5708
23	0	0,00%	5460
24	0	0,00%	5212
25	0	0,00%	4964

Tabella 7. Curva di distribuzione dell'energia e del vento.

	<b>Calcolo Preliminare impianti</b>		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

La produzione è calcolata partendo dal presupposto che tutti i WTG lavorino contemporaneamente nelle stesse condizioni di vento, ovvero che la velocità del vento in tutti i WTG sia sempre la stessa.

Nei capitoli seguenti vengono presentati i risultati del calcolo delle perdite a regime di pieno carico ea regime variabile sotto le ipotesi citate.

## 5.2. RISULTATO PERDITA ELETTRICA A PIENO CARICO

MESSAPIA ENERGIA 49,6 MW			
PERDITA DI POTENZA A PIENO CARICO			
Numero di Turbine Eoliche:	<b>8SG170</b>		
Potenza Turbine Eoliche:	<b>6.200 MW</b>		
Valore Nominale MT:	<b>30 kV</b>		
CosPhi PCC:	<b>0,82 fino a CS e 0,94 tra CS e SET</b>		
Elemento	Potenza (kW)	Perdite (kW)	Percentuale (%)
Trasformatore per turbina eolica	49.600	898,41	1,81%
circuito MT	49.600	2428,00	4,90%
Trasformatore di potenza	49.600	155,28	0,31%
Servizi ausiliari	49.600	15,00	0,01%
<b>Totale</b>	<b>49.600</b>	<b>3496,69</b>	<b>7,05%</b>

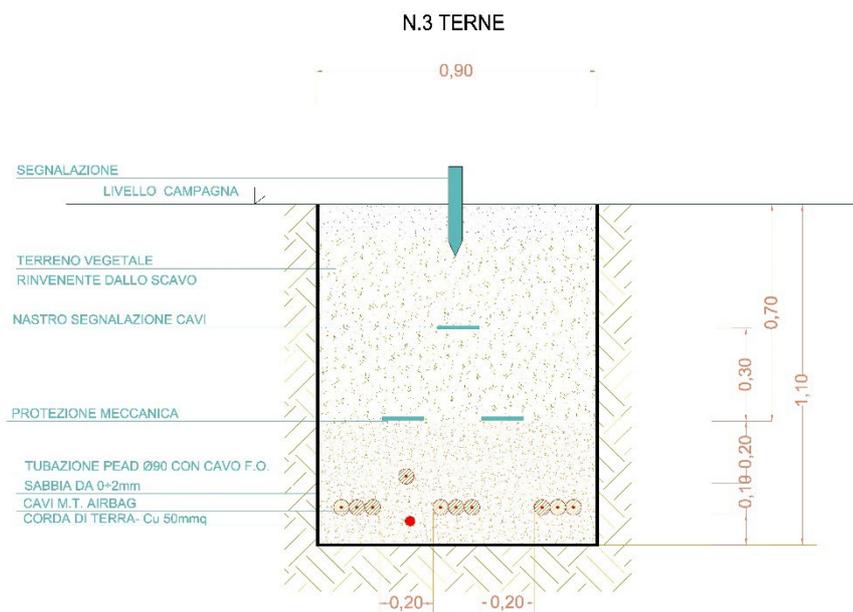
Tabella 8. Perdite a pieno carico. PE MESSAPIA ENERGIA

MESSAPIA ENERGIA 49,6 MW			
PERDITA DI POTENZA A PIENO CARICO			
Numero di Turbine Eoliche:	<b>8SG170</b>		
Potenza Turbine Eoliche:	<b>6.200 MW</b>		
Valore Nominale MT:	<b>30 kV</b>		
CosPhi PCC:	<b>1</b>		
Elemento	Potenza (kW)	Perdite (kW)	Percentuale (%)
Trasformatore per turbina eolica	49.600	616,59	1,24%
circuito MT	49.600	1986,62	4,01%
Trasformatore di potenza	49.600	155,25	0,31%
Servizi ausiliari	49.600	15,00	0,03%
<b>Totale</b>	<b>49.600</b>	<b>2773,46</b>	<b>5,59%</b>

Tabella 9. Perdite a pieno carico. PE MESSAPIA ENERGIA. Cos(phi) = 1

## 8 Caratteristiche costruttive dei cavi MT

I collegamenti elettrici saranno tutti realizzati direttamente interrati mediante terna di cavi unipolari con posa a trifoglio. Essi sono costituiti da conduttori in alluminio a corda rotonda compatta di alluminio; tra il conduttore e l'isolante in mescola in polietilene reticolato (qualità DIX8), sarà interposto uno strato di semiconduttore estruso. Tra l'isolante e lo schermo metallico invece sarà interposto uno strato di semiconduttore a mescola estrusa che, a sua volta sarà coperto da un rivestimento protettivo costituito da un nastro semiconduttore igroespandente. La schermatura sarà fatta mediante un nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. La guaina sarà in polietilene di colore rosso (qualità DMP 2).



Tipo cavidotto interrato MT

### 8.1 Segnalazione della presenza dei cavi

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso dei cavi sarà posato sotto la pavimentazione, un nastro di segnalazione in polietilene.

Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche la presenza dell'elettrodotto interrato sarà segnalata con il posizionando opportuna segnaletica.

Su viabilità pubblica saranno poste, in superficie, opportune paline segnaletiche con l'indicazione della tensione di esercizio e con i riferimenti della Società responsabile dell'esercizio della rete MT.

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le norme CEI 11-17.

La curvatura dei cavi sarà tale da non provocare danni agli stessi.

Le condizioni ambientali (temperatura, umidità) durante la posa dei cavi sarà eseguita nel range fissato dal fabbricante dei cavi.

Per quanto riguarda le minime profondità di posa tra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo si terrà conto di quanto segue:

- per cavi appartenenti a sistemi di Categoria 0 e 1: 0,5 m;
- per cavi appartenenti a sistemi di Categoria 2: 0,6 o 0,8 m;
- per cavi appartenenti a sistemi di Categoria 3: 1,0 o 1,2 m.

Nei tratti in cui si attraverseranno terreni rocciosi o in altre circostanze eccezionali in cui non potranno essere rispettate le profondità minime sopra indicate, saranno predisposte adeguate protezioni. In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata saranno rispettate le prescrizioni del regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada (D.P.R. 16.12.1992, n. 495, art. 66, comma 3) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada, pertanto la profondità minima misurata dal piano viabile di rotolamento non sarà inferiore a 1 m.

### **10.1 Coesistenza tra i cavi MT e i sottoservizi**

Lungo il percorso del cavidotto si riscontrano interferenze con dei sottoservizi della rete GAS opportunamente segnalate nel Progetto con indicate le soluzioni per il loro superamento. In sede di conferenza di servizio, saranno verificate eventuali altre interferenze con i gestori dei sottoservizi. Nella presente sono indicate le distanze da mantenere da eventuali sottoservizi secondo quanto indicato dalla norma CEI 11-17.

### **10.2 Coesistenza tra cavi di energia e telecomunicazione**

Nei percorsi dove vi potrebbe essere l'incrocio con cavi di telecomunicazioni, la tubazione dei cavi di energia dovrà essere posta al di sotto del cavo di telecomunicazioni ad una distanza non inferiore di 0,30m.

Nei percorsi paralleli, i cavi di energia ed i cavi di telecomunicazione devono essere posati alla Maggiore possibile distanza tra loro; nel caso in cui, per giustificate esigenze

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

tecniche, non possa essere rispettato tale criterio, bisognerà mantenere, fra essi, una distanza minima, in proiezione su di un piano orizzontale, non inferiore a 0,30 m. Nel caso in cui i cavi di energia e di telecomunicazione dovranno essere posati nello stesso manufatto, occorrerà posare i cavi in tubazioni distinte in modo tale da evitare che possano venire a diretto contatto fra loro.

L'incrocio fra cavi di energia e tubazioni metalliche adibite al trasporto e alla distribuzione di fluidi (acquedotti, oleodotti e simili) non deve effettuarsi sulla proiezione verticale di giunti non saldati delle tubazioni metalliche stesse. Non si dovranno effettuare giunti sui cavi di energia a distanza inferiore a 1 m dal punto di incrocio. In ogni caso la distanza minima, misurata fra le superfici esterne di cavi di energia e di tubazioni metalliche o fra quelle di eventuali loro manufatti di protezione dovrà essere di 0,50 m. Tale distanza può essere ridotta fino ad un minimo di 0,30 m, quando una delle strutture di incrocio è contenuta in manufatto di protezione non metallico, prolungato per almeno 0,30 m per parte rispetto all'ingombro in pianta dell'altra struttura oppure quando fra le strutture che si incrociano venga interposto un elemento separatore non metallico; questo elemento dovrà coprire, oltre alla superficie di sovrapposizione in pianta delle strutture che si incrociano, quella di una striscia di circa 0,30 m di larghezza ad essa periferica. Le distanze di cui sopra possono essere ulteriormente ridotte, previo accordo con gli Enti proprietari o Concessionari, se entrambe le strutture sono contenute in manufatto di protezione non metallico.

Per quanto riguarda i parallelismi tra cavi di energia e le tubazioni metalliche si dovrà osservare una distanza minima di 0,30 m, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione. Tuttavia sarà possibile derogare tale prescrizione, previo accordo con gli esercenti, nei seguenti casi:

- quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m:
- quando tale differenza è compresa tra 0,30 m e 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici, nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

Non dovranno mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro uso, tale tipo di posa sarà consentito, purché il cavo di energia e le tubazioni non siano posti a diretto contatto fra loro. In caso di interferenza con rete metallica AQP (o altro sottoservizio) sarà eseguito lo studio

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

lo studio delle interferenze elettromagnetiche in conformità alla norma CEI EN 50443 che fornisce i limiti relativi all'interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche in corrente alternata su tubazioni metalliche.

Nei parallelismi tra linee elettriche posate in tubi interrati e condotte di metano (energia e segnale) non dovrà essere inferiore:

- alla profondità di posa adottata per il tubo del metano per le condotte di 1a, 2a e 3a specie;
- a 0,5 m per condotte di 4a e 5a specie, UNI 9165, art. 6.7.3;
- alla distanza che consenta di eseguire gli eventuali interventi di manutenzione su entrambi i servizi interrati, per le condotte di 6a e 7a specie, UNI 9165, art. 6.7.3.

*La distanza va misurata tra le due superfici affacciate.*

Negli incroci tra linee elettriche posate in tubi interrati e condotte di la distanza di sicurezza tra condotte di metano non drenate (1a, 2a, 3a specie) e le tubazioni per cavi elettrici (energia e segnale) nel caso in cui vi sia un incrocio dovrà essere almeno 1,5 m (Secondo il Dm 17/04/08, All. A, art. 2.7). Per le altre condotte si dovrà avere una distanza:

- di 0,5 m per le condotte di 4a e 5a specie;
- tale da consentire l'esecuzione di eventuali interventi di manutenzione su entrambi i servizi interrati per le condotte di 6a e 7a specie.

*La distanza va misurata in senso verticale tra le due superfici affacciate.*

I cavidotti contenenti cavi di energia dovranno distare almeno 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi e gas infiammabili.

## **10.5 Prova di isolamento dei cavi MT**

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17. La tensione di prova dell'isolamento in corrente continua dovrà essere pari a quattro volte la tensione nominale stellata.

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

## 9 SOTTOSTAZIONE DI TRASFORMAZIONE E IMPIANTO DI CONSEGNA

### 91 Generalità

La sottostazione MT/MT, 30/36 kV da realizzarsi nei pressi del punto del campo eolico, è il punto di raccolta e trasformazione del livello di tensione da 30 kV a 36 kV per consentire il trasporto dell'energia prodotta fino al punto di consegna alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) e riceve l'energia prodotta dagli aerogeneratori attraverso la rete di raccolta a 30 kV.

Nella sottostazione la tensione viene innalzata da 30 kV a 36 kV e consegnata alla rete mediante una linea in cavo interrato a 36 kV (composta da n.3 terne da 500 mmq) che si attesterà ad uno stallo di protezione MT, per la connessione in antenna con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di "Erchie". L'allaccio alla RTN sarà consentito tramite ingresso in cavo interrato alla STAZIONE DI SMISTAMENTO TERNA 36/380 kV, (indicata negli elaborati SET TERNA 36/380 kV) previa uscita dalla cabina di consegna 30/36 MT ubicata in prossimità del campo eolico e collegata con la cabina di consegna a 36kV ubicata nei pressi della nuova Stazione Terna 36/380 kV.

### 92 Descrizione generale della CABINA MT 30/36 kV

Il progetto della sottostazione elettrica di conversione prevede che l'entrata dei cavi MT (30 kV) avvenga mediante posa interrata, come anche l'uscita dei cavi MT (36 kV) avvenga anch'essa mediante posa interrata, al fine di garantire il raccordo con la stazione RTN tramite un allaccio dedicato che sarà assegnato da TERNA nella SET TERNA 36/380 kV.

La sottostazione MT/MT comprenderà un montante MT per l'impianto in oggetto, che sarà principalmente costituita da uno stallo trasformatore.

All'interno dell'area recintata della sottostazione elettrica sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri MT, gli impianti BT e

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

di controllo, gli apparecchi di misura, il magazzino, ecc. Inoltre sarà installato un gruppo elettrogeno di potenza adeguata che alimenti i servizi fondamentali di stazione in mancanza di tensione.

### **93 Rete di terra**

L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della CEI 99-5, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a 120 mm<sup>2</sup> interrati ad una profondità di almeno 0,7 m. L'impianto di messa a terra secondario sarà composto dai collettori principali di terra (piatto di rame di dimensioni 500x50x6 mm), conduttori equipotenziali di colore giallo-verde di idonea sezione e isolamento e sarà connesso direttamente alla maglia di terra interrata. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a 70 mm<sup>2</sup>. La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

In base alle prescrizioni di TERNA potrà essere necessario anche un collegamento dell'impianto di terra della cabina di consegna e misura (CM) con quello della stazione RTN SET TERNA 36/380kV.

Sarà posata nello scavo degli elettrodotti MT una corda di terra in rame elettrolitico di sezione di opportuna per collegare l'impianto di terra della sottostazione con gli impianti di terra della centrale (torri eoliche e cabine elettriche). La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

### **94 RTU della sottostazione e dell'impianto di consegna**

Tale sistema deve rispondere alle specifiche TERNA S.p.A. Le caratteristiche degli apparati periferici RTU devono essere tali da rispondere ai requisiti di affidabilità e disponibilità richiesti e possono variare in funzione della rilevanza dell'impianto.

La RTU dovrà svolgere i seguenti compiti:

- Interrogazione delle protezioni della sottostazione, per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- Comando della sezione MT della sottostazione;
- Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

Trasmettere a TERNA S.p.A. i dati richiesti dal Regolamento di Esercizio, secondo i criteri e le specifiche dei documenti TERNA.

La RTU sarà comandabile in locale dalla sottostazione tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete MT e AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.

## 95 SCADA

Il sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) deve essere modulare e configurabile secondo le necessità e configurazione basata su PC locale con WebServer per l'accesso remoto.

La struttura delle pagine video del sistema SCADA deve includere:

- Schema generale di impianto;
- Pagina allarmi con finestra di pre-view;
- Schemi dettagliati di stallo.

Lo SCADA dovrà acquisire, gestire e archiviare ogni informazione significativa per l'esercizio e la manutenzione, nonché i tracciati oscillografici generati dalle protezioni.

## 96 Apparecchiature di misura dell'energia

La misura dell'energia avverrà:

- sul lato MT (36 kV) in sottostazione di trasformazione e in cabina di smistamento
- nel quadro MT in sottostazione;
- sul lato BT in corrispondenza dei servizi ausiliari in sottostazione.

## 97 Protezione lato MT

La sottostazione sarà dotata di interruttori automatici MT per le linee di vettoriamento, sezionatori di terra, lampade di presenza rete ad accoppiamento capacitivo, trasformatori di misura. Gli interruttori MT (con azionamento motorizzato) forniranno tramite relè indiretto la protezione dai corto circuiti, dai sovraccarichi e dai guasti a terra.

Sarà presente anche un trasformatore MT/BT per l'alimentazione dei servizi ausiliari di sottostazione.

L'energia assorbita da tali utenze sarà misurata attraverso apposito misuratore ai fini fiscali.

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

## 98 Protezione di interfaccia

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione MT dalla rete di trasmissione MT in caso di malfunzionamento della rete.

Sarà realizzata tramite rilevatori di minima e massima tensione, minima e massima frequenza, minima tensione omopolare. La protezione agirà sugli interruttori delle linee in partenza verso i gruppi di generazione e sarà realizzata anche una protezione di rinalzo nei confronti dell'interruttore MT del trasformatore MT/MT(protezione di macchina) per mancato intervento dei primi dispositivi di interfaccia.

## 99 Protezione del trasformatore MT/MT

La protezione di macchina è costituita da due interruttori automatici, sul lato MT, corredati di relativi sezionatori e sezionatori di terra, lampade di presenza tensione ad accoppiamento capacitivo, scaricatori di sovratensione, trasformatori di misura e di rilevazione guasti. Sarà così realizzata sia la protezione dai corto-circuiti e dai sovraccarichi che la protezione differenziale.

## 910 Temperatura di posa

Durante le operazioni di installazione la temperatura dei cavi, per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venir piegati o raddrizzati, non deve essere inferiore a quanto specificato dal produttore del cavo.

## 911 Segnalazione della presenza dei cavi

Al fine di evitare danneggiamenti nel caso di scavo da parte di terzi, lungo il percorso dei cavi dovrà essere posato sotto la pavimentazione un nastro di segnalazione in polietilene. Nell'attraversamento di aree private fino all'imbocco delle strade pubbliche dovrà essere segnalata la presenza dell'elettrodotto interrato posizionando l'opportuna segnaletica.

## 912 Prova di isolamento

Successivamente alle operazioni di posa e comunque prima della messa in servizio, l'isolamento dei cavi a MT, dei giunti e dei terminali, sarà verificato attraverso opportune misurazioni secondo le CEI 11-17 (paragrafo 8.4).

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

## 10 CRITERI DI COSTRUZIONE

Per i cavi interrati la Norma CEI 11-17 prescrive che le minime profondità di posa fra il piano di appoggio del cavo e la superficie del suolo sono rispettivamente di:

- 0,5 m per cavi con tensione fino a 1000 V;
- 0,8 m per cavi con tensione superiore a 1000 V e fino a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 0,6 m);
- 1,2 m per cavi con tensione superiore a 30 kV (su suolo privato tale profondità può essere ridotta a 1,0 m);

In caso di attraversamenti sia longitudinali che trasversali di strade pubbliche con occupazione della carreggiata devono essere applicate in generale le prescrizioni dell'art. 66 del Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada (DPR 16/12/92, n. 945) e, se emanate, le disposizioni dell'Ente proprietario della strada.

Canalizzazioni ad altezza ridotta su strada pubblica sono ammesse soltanto previa accordo con l'Ente proprietario della strada ed a seguito di comprovate necessità di eseguire incroci e/o parallelismi con altri servizi che non possano essere realizzati aumentando la profondità di posa dei cavi.

### 101 Esecuzione di pozzetti e camerette

Per la costruzione ed il dimensionamento di pozzetti e camerette occorre tenere presente che:

si devono potere introdurre ed estrarre i cavi senza recare danneggiamenti alle guaine; il percorso dei cavi all'interno deve potersi svolgere ordinatamente rispettando i raggi di curvatura.

### 102 Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni a MT

Per le giunzioni elettriche si devono utilizzare connettori di tipo a compressione diritti in alluminio adatti alla giunzione di cavi in alluminio ad isolamento estruso con ripristino dell'isolamento con giunti diritti adatti al tipo di cavo in materiale retraibile a freddo del tipo monoblocco, per  $U_m=36$  kV in accordo con la norma IEC 60502-4.

Per la terminazione dei cavi scelti e per l'attestazione sui quadri in cabina si devono applicare terminali unipolari per interno con isolatore in materiale retraibile e capicorda di sezione idonea, saranno del tipo sconnettibili di tipo C per  $U_m=36$  kV in accordo con la norma IEC 60502-4.

L'esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni su cavi deve avvenire con la massima

	Calcolo Preliminare impianti		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

accuratezza, seguendo le indicazioni contenute in ciascuna confezione. In particolare, occorre:

- prima di tagliare i cavi controllare l'integrità della chiusura e l'eventuale presenza di umidità;
- non interrompere mai il montaggio del giunto o terminale;
- utilizzare esclusivamente i materiali contenuti nella confezione.

### **103 Messa a terra dei rivestimenti metallici**

Ai sensi della CEI 11-17, gli schermi dei cavi MT saranno sempre aterrati alle estremità di ogni linea e possibilmente in corrispondenza dei giunti a distanze non superiori ai 5 km. È vietato usare lo schermo dei cavi come conduttore di terra per altre parti dell'impianto.

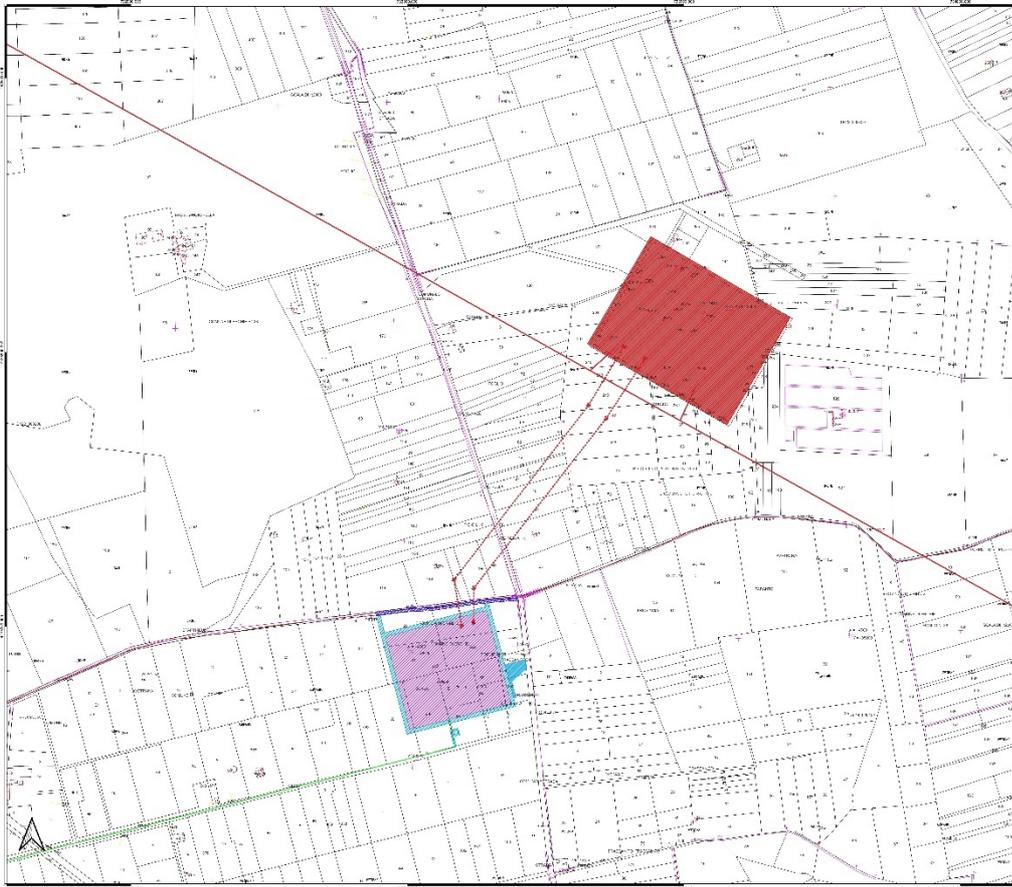
## **10. Stazione Elettrica di Trasformazione (SET TERNA)**

### **10.1 Descrizione delle opere**

La Stazione Elettrica di Trasformazione TERNA 36/380 kv sarà ubicata nel Comune di Avetrana(Ta) e sarà realizzata nei pressi della Stazione Elettrica TERNA ERCHIE e consetirà l'allaccio elettrico alla RTN sulla Linea AT380 Taranto Nord-Galatina nel tratto di connessione della esistente SE TERNA di Erchie(BR). Nella SET TERNA avverrà l'innalzamento di tensione 36/380 kV dell'energia elettrica proveniente (tramite linea MT in cavo interrato) dal Parco Eolico e la successiva consegna (alla RTN) dell'energia prodotta.

### **10.2 Ubicazione dell'opera**

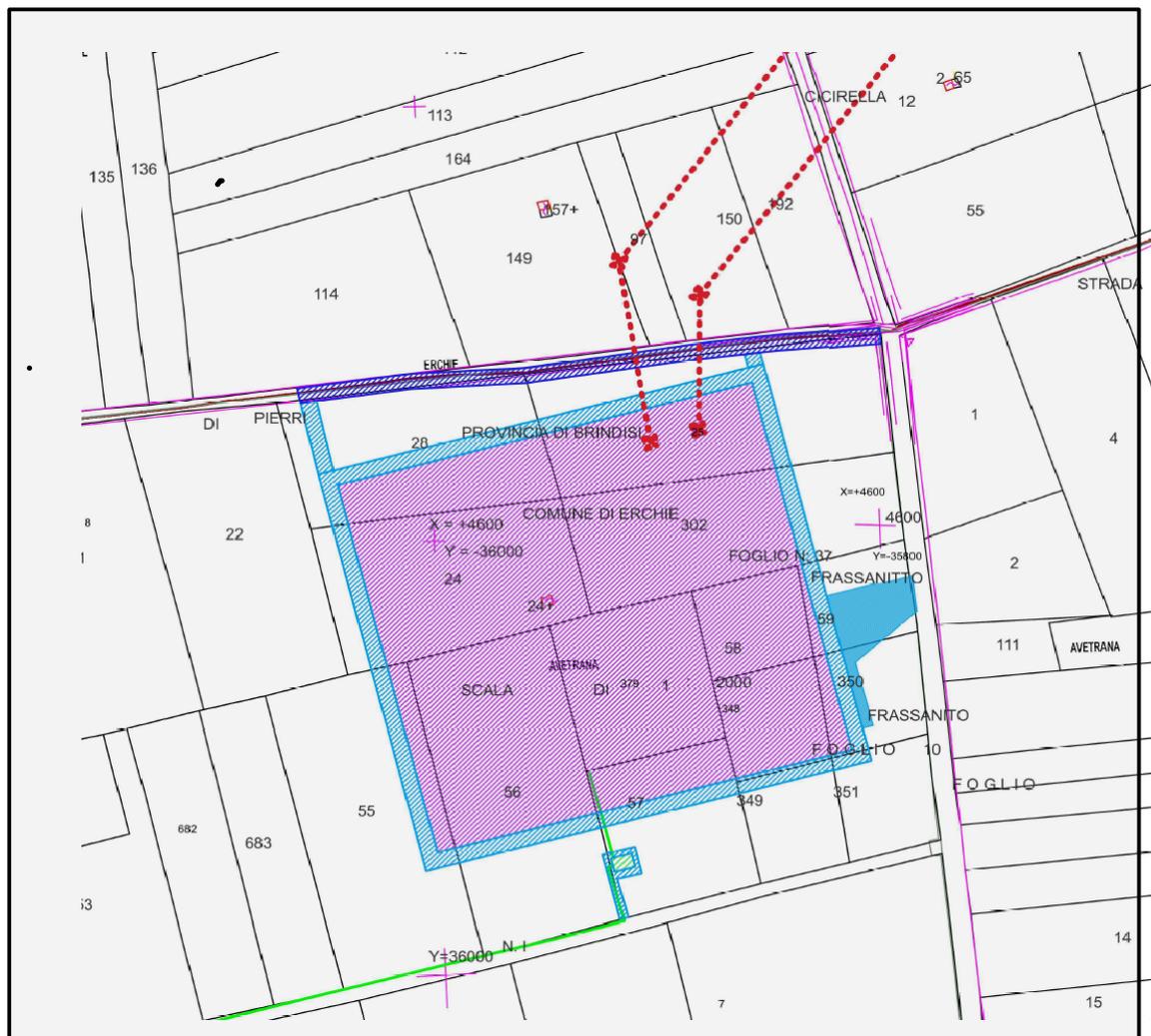
La costruzione della futura Stazione e dei raccordi aerei a 380 kV oggetto di analisi, nelle ipotesi presentate, interessa i comuni di Erchie (provincia di Brindisi, BR) ed Avetrana (provincia di Taranto, TA), nella Regione Puglia. La SET TERNA 36/380 è ubicata sui terreni del foglio 10 del Comune di Avetrana (Ta) come indicato in figura:



LEGENDA

-  Spazio esentato da adeguare
-  Spazio di riserva
-  Stazione TERNA 150/500 kV
-  SP1 TERNA 30/30 kV
-  CA - Cabina di consegna e rituale
-  Cavoletto MT interato
-  Raccordi AT30 kV
-  Linea AT 30 kV - Galat na Terno nord
-  Confine comunale

Ubicazione SET TERNA nel Comune di Avetrana(Ta) foglio 10 p.lle 28,25,24,302,56,1,57,349,55,351,350,59. Raccordi AT30 kV foglio 32 p.lle 149,97,150 del Comune di Erchie



Stralcio catastale foglio 10 Comune di Avetrana (Ta)

L'area individuata ricade sul territorio del comune di Avetrana(Ta) e si colloca su un'area pianeggiante a 68 m s.l.m.. La destinazione d'uso dell'area è agricola con presenza di uliveti e siminativi L'accesso al sito avviene direttamente dalla strada Provinciale secondari SP64 "Frassanitto".

Con i proprietari dei fondi è stato possibile verificare la disponibilità preventiva alla cessione della proprietà. Il progetto prevede l'inserimento di 4 nuovi sostegni, oltre i sostegni portale interni alle stazione elettriche di arrivo e partenza.

In definitiva le opere sulle linee aeree di connessione alla linea elettrica nazionale consisteranno:

	<b>Calcolo Preliminare impianti</b>		
	Elaborato: BAEQU27_CalcoloPreliminareImpianti_R08	Rev. 0	

<b>Tratto aereo di collegamento alla SE ERCHIE</b>	
<b>n. sostegni futuri</b>	<b>Lunghezza (m)</b>
<b>4</b>	<b>660</b>

## **11. Conclusioni**

Lo studio dell'area SET TERNA puo' considerarsi un'area idonea per l'infrastruttura di Rete RTN per le seguenti considerazioni:

- assenza di case abitate
- assenza di aree boschive
- accesso da strade pubbliche
- i raccordi da realizzare non interferiscono con la linea AT a 380 kV esistente
- costituzione di poche nuove servitù
- disponibilità preliminare dei proprietari terrier,

Come si evince dagli elaborati grafici di progetto è utile precisare che:

- L'area della SET TERNA 36/380 kV non interferisce con aree interessate dalle tutele previste nel D.lgs. 42/2004 e non sussistono ulteriori vincoli. I raccordi aerei attraversano un'area soggetta a pericolo di inondazione all'interno della quale non ricade nessun sostegno.
- I movimenti terra ipotizzati in via preliminare possono essere ottimizzati con la presenza della viabilità pubblica nelle immediate vicinanze.
- I raccordi da realizzare non interferiscono con la linea AT a 380 kV esistente, si dovranno costituire poche nuove servitù grazie alla disponibilità preliminare dei proprietari terrieri.