

# WPD Salentina s.r.l.

P. IVA 16496441003

Corso d'Italia 83, 00198 Roma

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI CIRCA 52,8 MW IN AGRO DI GUAGNANO (LE) E SAN DONACI (BR), CON OPERE CONNESSE ALLA SE DI ERCHIE (BR)



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato  
UNI EN ISO 9001:2015  
UNI EN ISO 14001:2015  
UNI ISO 45001:2018

### Tecnico

ing. Danilo POMPONIO

### Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO  
ing. Giulia CARELLA  
ing. Valentina SAMMARTINO  
ing. Tommaso MANCINI  
ing. Fabio MASTROSERIO  
ing. Martino LAPENNA  
ing. Margherita DEBERNARDIS  
arch. Angela LA RICCIA  
pianif. terr. Antonio SANTANDREA  
ing. Nunzia ZECCHILLO  
ing. Mariano MARSEGLIA  
ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI  
ing. Dionisio STAFFIERI

### Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
<b>E01</b>		<b>CALCOLI PRELIMINARI DEGLI IMPIANTI</b>	<b>22015</b>	<b>D</b>		
REVISIONE			CODICE ELABORATO			
<b>00</b>			<b>DC22015D-E01</b>			
REVISIONE		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l. e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
<b>00</b>			-	-		
REV			DATA	NOME FILE	PAGINE	
00	20/09/22		Emissione	DC22015D-E01.doc	19 + copertina	
01		MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato	
02			Lapenna	Mancini	Pomponio	
03						
04						
05						
06						

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. GENERALITA' .....	2
2.1. Caratteristiche generali del campo eolico .....	2
2.2. Caratteristiche dell'aerogeneratore .....	3
2.3. Principali scelte progettuali relative all'impianto elettrico .....	4
3. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	5
4. RETE AD ALTA TENSIONE DI RACCOLTA .....	6
4.1. Descrizione .....	6
4.2. Cavi elettrici .....	6
4.3. Segnalazione della presenza dei cavi .....	12
4.4. Coesistenza tra i cavi AT e i sottoservizi .....	12
4.4.1. Coesistenza tra cavi di energia e telecomunicazione .....	13
4.4.2. Coesistenza tra cavi di energia e tubazioni o serbatoi metalli interrati .....	13
4.4.3. Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti .....	14
4.4.4. Serbatoi di liquidi e gas infiammabili .....	14
5. FIBRA OTTICA .....	14
6. CABINA UTENTE .....	15
6.1. Generalità .....	15
6.2. Descrizione Generale .....	15
6.3. Rete di terra .....	16
6.4. RTU della cabina utente e dell'impianto AT di consegna .....	16
6.5. SCADA .....	17
6.6. Apparecchiature di cabina .....	17
6.6.1. Protezione di interfaccia .....	17
7. CRITERI DI COSTRUZIONE .....	17
7.1. Esecuzione degli scavi .....	17
7.2. Esecuzione di pozzetti e camerette .....	18
7.3. Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni AT .....	18
7.4. Messa a terra dei rivestimenti metallici .....	18
8. IMPIANTO DI CONSEGNA .....	19
8.1. Generalità .....	19



## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica è relativa alla redazione del progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **WPD Salentina S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 8 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,6 MW per una potenza complessiva di 52,8 MW, da realizzarsi nel comune di Guagnano (LE) e San Donaci (BR), in cui insistono gli aerogeneratori, e le relative opere di connessione che attraversano anche i territori di San Pancrazio Salentino (BR), Salice Salentino (LE), Avetrana (TA) e Erchie (BR), per il collegamento al futuro ampliamento della Stazione Elettrica Terna di Erchie, mediante rete elettrica interrata a 36 kV.

In base alla soluzione di connessione, l'impianto eolico sarà collegato, collegata in antenna a 36 kV con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di "Erchie".

## 2. GENERALITA'

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

- rete di distribuzione interna in AT (36 kV) in cavo interrato per la interconnessione degli aerogeneratori costituenti il parco eolico e per la connessione degli stessi alla stazione di Terna;
- rete di monitoraggio in fibra ottica tra le torri eoliche e la stazione.
- impianti di messa a terra.

### 2.1. Caratteristiche generali del campo eolico

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

- ♦ n° 8 aerogeneratori della potenza massima di circa 6,6 MW ciascuno ed avente generatore di tipo asincrono, con diametro del rotore pari a 170 m, altezza mozzo pari a 165 m, per un'altezza massima al tip (punta della pala) pari a 250 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione AT/BT;
- ♦ cabina utente;
- ♦ rete elettrica interrata a 36 kV per l'interconnessione tra gli aerogeneratori e la cabina utente e tra quest'ultima e la stazione Terna;
- ♦ rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

## 2.2. Caratteristiche dell'aerogeneratore

In particolare, trattasi di aerogeneratori trifase con potenza massima di 6600 kW e tensione nominale di 690 V.

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 AT/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. 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, etc.



ROTORE	Diametro max	170 m
	Numero di pale	3
	Materiale	GRP (CRP) materiale plastico rinforzato con fibra di vetro
	Senso di rotazione	orario
	Posizione rotore	Sopra vento
TRASMISSIONE	Potenza massima	6.600 kW
SISTEMA ELETTRICO	Tipo generatore	Asincrono a 4 poli, doppia alimentazione, collettore ad anelli
	Tensione di uscita	690 V
	Frequenza	50 Hz
TORRE IN ACCIAIO	Altezza al mozzo (in ogni caso non si supererà l'altezza complessiva di 150 m)	165 m
	Numero segmenti	3
SISTEMA DI CONTROLLO	Tipo	Microprocessore
	Trasmissione segnale	Fibra ottica
	Controllo remoto	PC-modem, interfaccia grafica

**Tabella 1 - Scheda tecnica dell'aerogeneratore tipo**

### 2.3. Principali scelte progettuali relative all'impianto elettrico

Partendo dalle condizioni al contorno individuate nel paragrafo precedente, si sono studiate le caratteristiche dell'impianto elettrico con l'obiettivo di rendere funzionale e flessibile l'intero parco eolico.

- ✓ 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 tre sottocampi di cui uno da due turbine e due da tre turbine.
- ✓ La cabina utente è stata ubicata nei pressi del punto di connessione e raccoglie le linee AT di interconnessione del parco eolico, consentendo poi la trasmissione dell'intera potenza del parco eolico al punto di consegna mediante un raccordo in cavo interrato (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.

### **3. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

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 (CEI EN 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;
- Facilità di gestione.

## 4. RETE AD ALTA TENSIONE DI RACCOLTA

### 4.1. Descrizione

La rete elettrica a 36 kV interrata assicurerà il collegamento dei trasformatori di torre degli aerogeneratori al futuro ampliamento della stazione di connessione.

La rete AT di raccolta ha schema radiale ed è costituita da linee in cavo interrato collegate in entra-esce attraverso le cabine AT di torre, determinando due sottocampi di cui uno composto da due aerogeneratori e due composti da tre aerogeneratori.

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 stazione TERNA.

I percorsi delle linee, illustrati negli elaborati grafici, potranno essere meglio definiti in fase costruttiva. Pertanto si possono identificare due sezioni della rete AT:

- la rete di raccolta dell'energia prodotto suddivisa in 3 sottocampi costituiti da linee che collegano i quadri AT delle torri in configurazione entra-esce,
- la rete di vettoriamento che collega l'ultimo aerogeneratore del sottocampo alla stazione di connessione.

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

Per le reti non è previsto alcun passaggio aereo.

All'atto dell'esecuzione dei lavori, i percorsi delle linee elettriche saranno accuratamente verificati e definiti in modo da:

- evitare interferenze con strutture, altri impianti ed effetti di qualunque genere;
- evitare curve inutili e percorsi tortuosi;
- assicurare una facile posa o infilaggio del cavo;
- effettuare una posa ordinata e ripristinare la condizione ante-operam.

### 4.2. Cavi elettrici

I collegamenti elettrici saranno tutti realizzati direttamente interrati mediante terna di conduttori a corda rigida compatta in alluminio, disposti a trifoglio. Il conduttore sarà a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, adatto ad una temperatura di esercizio massima

continuativa del conduttore pari a 90 °C, schermo a fili di rame con sovrapposizione di una guaina in alluminio saldato e guaina esterna in PE grafitato, qualità ST7, con livello di isolamento verso terra e tra le fasi pari a  $U_0/U=26/45$  kV. Lo schermo metallico è dimensionato per sopportare la corrente di corto circuito per la durata specificata. Il rivestimento esterno del cavo ha la funzione di proteggere la guaina metallica dalla corrosione. Lo strato di grafite è necessario per effettuare le prove elettriche dopo la posa, in accordo a quanto previsto dalla norma IEC 62067.

## HV XLPE CABLE WITH COPPER WIRES SCREEN AND ALUMINIUM LAMINATED FOIL 26/45 ÷ 47 (52) kV

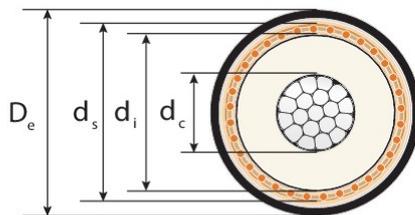
XRUHAKXS according to ZN-TF-530

A2XS(FL)2Y according to IEC 60840

NA2XS(FL)2Y according to DIN VDE 0276-632

26

ALUMINIUM CONDUCTOR



Cross section of conductor	Diameter of conductor	Insulation		Metallic screen		D <sub>s</sub> Outer diameter of cable	Cable weight	Maximum pulling force	Minimal bending radius
		Nominal thickness	Diameter over insulation	Cross section	Diameter over screen				
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	kg/km	kN	m
95RM	11.3 <sup>+0.20</sup>	9.0	30.5	35	34.3	41	1690	2.9	1.0
120RM	12.5 <sup>+0.20</sup>	9.0	31.7	35	35.5	42	1810	3.6	1.1
150RM	14.1 <sup>+0.30</sup>	9.0	33.3	35	37.1	43	1940	4.5	1.1
185RM	15.8 <sup>+0.20</sup>	9.0	35.0	35	38.8	45	2110	5.6	1.1
240RM	17.9 <sup>+0.10</sup>	9.0	37.1	35	40.9	47	2350	7.2	1.2
300RM	20.0 <sup>+0.30</sup>	9.0	39.2	35	43.0	49	2590	9.0	1.2
400RM	22.9 <sup>+0.30</sup>	9.0	42.5	35	46.7	53	3040	12.0	1.3
500RM	25.7 <sup>+0.40</sup>	9.0	45.3	35	49.5	56	3470	15.0	1.4
630RM	29.3 <sup>+0.50</sup>	9.0	49.1	35	53.3	60	4030	18.9	1.5
800RM	33.0 <sup>+0.50</sup>	9.0	52.8	35	57.0	64	4650	24.0	1.6
1000RM	38.0 <sup>+0.50</sup>	9.0	58.2	35	62.8	71	5570	30.0	1.8
1200RM	42.5 <sup>+0.60</sup>	9.0	62.7	50	67.3	75	6560	36.0	1.9
1200RMS	43.0 <sup>+0.80</sup>	9.0	65.2	50	69.8	78	6840	36.0	2.0
1400RMS	45.1 <sup>+0.80</sup>	9.0	67.3	50	71.9	80	7490	42.0	2.0
1600RMS	48.5 <sup>+1.2</sup>	9.0	70.7	50	75.3	84	8270	48.0	2.1

Figura 1 - Caratteristiche fisiche del cavo

## HV XLPE CABLE WITH COPPER WIRES SCREEN AND ALUMINIUM LAMINATED FOIL

26/45 ÷ 47 (52) kV

1800RMS	52.7 <sup>+1.0</sup>	9.0	74.9	50	79.5	88	9170	54.0	2.2
2000RMS	54.5 <sup>+1.0</sup>	9.0	76.7	50	81.3	90	9760	60.0	2.3
2500RMS	59.0 <sup>+1.0</sup>	9.0	82.2	50	87.2	97	11270	75.0	2.4
3000RMS	67.0 <sup>+1.0</sup>	9.0	90.2	50	95.2	105	13690	90.0	2.6

### Electrical data

$D_c$  – Cable diameter

Cables in flat formation, the distance between the cable axes =  $2 \times D_c$ .



Cables in trefoil formation, the distance between the cable axes =  $D_c$ .



Cross section of conductor	Resistance of conductor 90°C	Electrical field stress at the		Capacitance	Zero reactance	Inductance	
		conductor	insulation			conductor screen	
mm <sup>2</sup>	Ω/km	kV/mm		μF/km	Ω/km	Ω/km	
95RM	0.4110	4.70	1.95	0.150	0.087	0.200	0.145
120RM	0.3247	4.55	2.00	0.160	0.083	0.195	0.140
150RM	0.2645	4.40	2.05	0.175	0.078	0.190	0.135
185RM	0.2108	4.25	2.10	0.185	0.074	0.185	0.130
240RM	0.1610	4.15	2.15	0.205	0.069	0.180	0.125
300RM	0.1291	4.00	2.20	0.220	0.065	0.180	0.120
400RM	0.1009	3.90	2.25	0.245	0.062	0.175	0.115
500RM	0.0792	3.80	2.30	0.265	0.058	0.170	0.110
630RM	0.0622	3.70	2.35	0.295	0.055	0.165	0.105
800RM	0.0498	3.60	2.40	0.320	0.052	0.160	0.105
1000RM	0.0408	3.50	2.45	0.360	0.049	0.160	0.100
1200RM	0.0359	3.45	2.45	0.395	0.046	0.155	0.095
1200RMS	0.0319	3.45	2.50	0.415	0.048	0.155	0.095
1400RMS	0.0275	3.40	2.50	0.430	0.047	0.155	0.095
1600RMS	0.0242	3.40	2.55	0.455	0.045	0.155	0.095
1800RMS	0.0216	3.35	2.55	0.485	0.043	0.150	0.095
2000RMS	0.0195	3.35	2.55	0.500	0.042	0.150	0.095
2500RMS	0.0168	3.30	2.60	0.540	0.042	0.150	0.090
3000RMS	0.0130	3.25	2.60	0.600	0.039	0.150	0.090

Figura 2 - Caratteristiche elettriche del cavo AT

La potenza elettrica raccolta dall'area di produzione (AT) è trasferita in elettrodotto, in esecuzione completamente interrata, fino alla stazione Terna (punto di connessione)

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 stazione di consegna (SE).

Per il collegamento delle torri si prevede la realizzazione di linee AT 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.

Il percorso del collegamento del campo eolico alla SE è stato scelto tenendo conto:

- della necessità di utilizzare quanto più possibile la viabilità esistente;
- dell'esigenza di limitare al minimo i percorsi da realizzare su strade pubbliche accreditate di un discreto traffico veicolare.

Risultato progettuale è che tutto l'elettrodotto è per la maggior parte su viabilità rurale esistente. Il tracciato dei cavidotti dovrà essere quanto più rettilineo possibile e parallelo all'asse della strada.

I cavi posati in trincea saranno con disposizione a "trifoglio", ad una profondità 1,5 m (quota piano di posa) su di un letto di sabbia dello spessore di 10 cm circa. I cavi saranno ricoperti sempre di sabbia per uno strato di 70 cm, sopra il quale sarà posata una lastra in cemento armato avente funzione di protezione meccanica dei cavi (salvo diversa prescrizione dell'Ente Proprietario della strada).

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 deve essere limitato ai casi di reale necessità, ad esempio per facilitare la posa dei cavi lungo un percorso tortuoso o per la ispezionabilità dei giunti.

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, 240 e 800 mm<sup>2</sup> con tensione nominale 26/45 kV. Per il cavidotto di vettoriamento, che collega l'impianto eolico con la cabina utente, la linea è stata suddivisa in n. 3 terne che saranno posate nello stesso scavo per il tracciato condiviso. Mentre per il collegamento tra la cabina utente e il punto di connessione saranno utilizzate due terne posate nello stesso scavo.

Nella tabella seguente sono riportati i risultati dei calcoli delle correnti di impiego (a tensione e potenza nominale e  $\cos\varphi$  0,95), la scelta delle sezioni e la portata dei cavi AT per la posa interrata. I coefficienti di calcolo sono stati assunti secondo le seguenti ipotesi:

- resistività termica del terreno pari a  $2,0 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$  (coefficiente  $C_i$ );
- temperatura terreno pari a  $20^\circ \text{ C}$  (coefficiente  $C_a$ );
- fattori di riduzione quando nello scavo sono presenti più condutture (coefficiente  $C_g$ );
- profondità di posa pari a  $1,50 \text{ m}$  (coefficiente  $C_d$ );
- condizioni di posa con la situazione termica più critica.

La scelta della sezione è stata effettuata considerando che il cavo deve avere una portata  $I_z$  uguale o superiore alla corrente di impiego  $I_b$  del circuito. 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.

LINEE	Total Dist. (m)	Power (kW)	Power factor	U (V)	I (A)	Section (mm2)	N° Cond	Cable					Design, Cable	Nominal Capacity (A)	Ca Tmp	Cd Deph	Cg Group	Ci Ther res	Iz (A)	Load Factor	ΔV (%)	ΔV cumul. (%)	ΔP (W)	ΔP cumul. (kW)
WTG02-WTG04	1.585	6.600	0,95	36.000	111,4	150	1	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	3x1cx150 mm2	320	1	0,96	0,802	0,76	187	60%	0,22%		15613,15	
WTG04-WTG05	1.627	13.200	0,95	36.000	222,8	240	1	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	3x1cx240 mm2	425	1	0,96	0,802	0,76	249	90%	0,29%	2,14%	39021,96	348,55
WTG05-CABINA UTENTE	17.608	19.800	0,95	36.000	334,3	800	1	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	3x1cx800 mm2	810	1	0,95	0,684	0,74	389	86%	1,63%		293912,2	
WTG01-WTG03	1.837	6.600	0,95	36.000	111,4	150	1	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	3x1cx150 mm2	320	1	0,96	0,802	0,76	187	60%	0,26%		18095,5	
WTG03-WTG06	1.364	13.200	0,95	36.000	222,8	240	1	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	3x1cx240 mm2	425	1	0,96	0,802	0,76	249	90%	0,24%	2,08%	32714,17	334,72
WTG06-CABINA UTENTE	17.009	19.800	0,95	36.000	334,3	800	1	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	3x1cx800 mm2	810	1	0,95	0,684	0,74	389	86%	1,57%		283913,7	
WTG07-WTG08	1.322	6.600	0,95	36.000	111,4	150	1	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	3x1cx150 mm2	320	1	0,96	0,802	0,76	187	60%	0,19%	1,21%	13022,45	
WTG08-CABINA UTENTE	16.505	13.200	0,95	36.000	222,8	800	1	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	3x1cx800 mm2	810	1	0,95	0,684	0,74	389	57%	1,02%		122444,8	217,18
CABINA UTENTE-SE TERNA	860	52.800	0,95	36.000	891,3	800	2	XLPE or EPR	1-CORE	NON-ARM	Al	3F	6x1cx800 mm2	1620	1	0,95	1,000	0,74	1139	78%	0,11%	0,11%	204161,3	
																					<b>MAX ΔV (%)</b>	<b>2,14%</b>	<b>ΔP Tot (W)</b>	<b>1022,90</b>

**Tabella 2 - Calcoli preliminari**

#### *4.3. 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 opportuna segnaletica.

Su viabilità pubblica si dovranno apporre in superficie opportune paline segnaletiche con l'indicazione della tensione di esercizio e con i riferimenti della Società responsabile dell'esercizio della rete AT.

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

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

Le condizioni ambientali (temperatura, umidità) durante la posa dei cavi dovranno essere 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, dovranno essere 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.

#### *4.4. Coesistenza tra i cavi AT e i sottoservizi*

Lungo il percorso del cavidotto si potrebbero riscontrare interferenze con dei sottoservizi (acquedotto, gas, telecomunicazione ecc.); a tal proposito saranno verificate, in sede di conferenza di servizio, eventuali interferenze con i gestori dei sottoservizi. Di seguito sono state indicate le distanze da mantenere da eventuali sottoservizi secondo quanto indicato dalla norma CEI 11-17.

#### 4.4.1. 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 0,30 m.

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 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.

#### 4.4.2. Coesistenza tra cavi di energia e tubazioni o serbatoi metalli interrati

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:

- a) quando la differenza di quota fra le superfici esterne delle strutture interessate è superiore a 0,50 m:
- b) 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.

#### 4.4.3. Coesistenza tra cavi di energia e gasdotti

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.

#### 4.4.4. Serbatoi di liquidi e gas infiammabili

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

## 5. FIBRA OTTICA

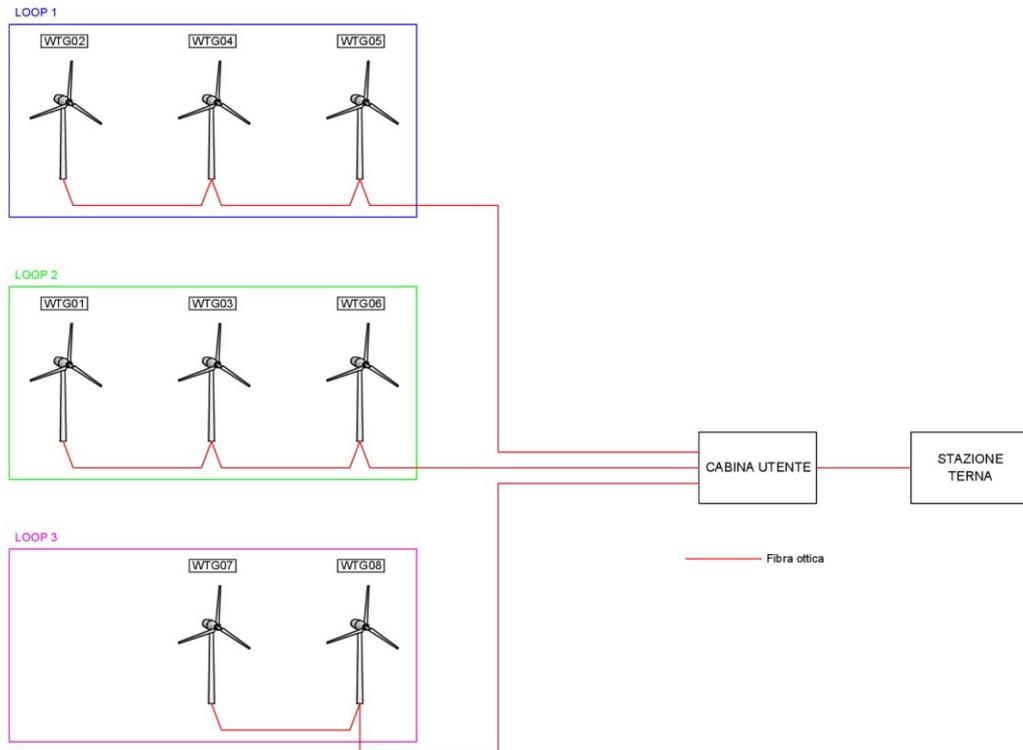
L'intero parco sarà dotato di una rete dati in Fibra Ottica che verrà messa in opera all'interno di un tubo in PEAD di diametro pari a 50 mm, posato all'interno dello scavo dei cavidotti.

Le caratteristiche del cavo a fibre ottiche saranno:

- Numero delle fibre 12
- Tipo di fibra multimodale 62.5/125 µm
- Diametro cavo 11,7 mm
- Lunghezza d'onda 1300 nm
- Banda  $\geq$  500 MHz/Km

- Peso del cavo 130 kg/km circa
- Massima trazione a lungo termine 3000 N
- Massima trazione a breve termine 4000 N
- Minimo raggio di curvatura in installazione 20 cm
- Minimo raggio di curvatura in servizio 10 cm

Il collegamento dei singoli aerogeneratori con il sistema di controllo avverrà secondo il seguente schema:



**Figura 3 - Schema fibra ottica**

## 6. CABINA UTENTE

### 6.1. Generalità

La cabina utente, da realizzarsi nei pressi del punto di consegna, è il punto di raccolta dei cavi provenienti dal parco eolico per consentire il trasporto dell'energia prodotta fino al punto di consegna alla rete di trasmissione nazionale e riceve l'energia prodotta dagli aerogeneratori attraverso la rete di raccolta a 36 kV.

### 6.2. Descrizione Generale

Il progetto della cabina utente prevede che sia l'entrata che l'uscita dei cavi AT (36 kV) avvenga mediante posa interrata al fine di garantire il raccordo con la stazione RTN.

All'interno dell'area recintata della cabina utente sarà ubicato un fabbricato suddiviso in vari locali che a seconda dell'utilizzo ospiteranno i quadri AT, gli impianti BT e di controllo, gli apparecchi di misura, i servizi igienici, ecc. Inoltre sarà installata una reattanza shunt per permettere l'eventuale rifasamento delle correnti reattive.

### *6.3. Rete di terra*

L'impianto di terra sarà costituito, conformemente alle prescrizioni della Norma CEI EN 50522 ed alle prescrizioni della Guida CEI 99-5, da una maglia di terra realizzata con conduttori nudi in rame elettrolitico di sezione pari a  $120 \text{ mm}^2$ , interrati ad una profondità di almeno 0,7 m. Per le connessioni agli armadi verranno impiegati conduttori di sezione pari a  $70 \text{ mm}^2$ . 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 utente con quello dell'impianto di consegna AT.

Potrà essere posata nello scavo degli elettrodotti AT una eventuale corda di terra in rame elettrolitico di sezione di  $50 \text{ mm}^2$  per collegare l'impianto di terra della cabina utente con gli impianti di terra della centrale (torri eoliche e cabine elettriche). La scelta finale deriverà dai calcoli effettuati in fase di progettazione esecutiva.

### *6.4. RTU della cabina utente e dell'impianto AT 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 cabina utente, per l'acquisizione di segnali e misure attraverso le linee di comunicazione;
- Comando della sezione AT della cabina utente;
- Acquisizione di segnali generali di tutta la rete elettrica;
- 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 cabina utente tramite un quadro sinottico che riporterà lo stato degli organi di manovra di tutta la rete AT, i comandi, gli allarmi, le misure delle grandezze elettriche.



### 6.5. 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.

### 6.6. Apparecchiature di cabina

La misura dell'energia avverrà:

- sul lato AT (36 kV) in cabina utente (con apparecchiature ridondanti);
- eventualmente sul lato BT in corrispondenza dei servizi ausiliari in cabina utente.

La cabina utente sarà conforme alle prescrizioni della normativa ENEL, TERNA e alle norme CEI già citate. Tutti i componenti sono stati dimensionati in base ai calcoli effettuati sulla producibilità massima dell'impianto eolico, con i dovuti margini di sicurezza, e in base ai criteri generali di sicurezza elettrica.

#### 6.6.1. Protezione di interfaccia

Tale protezione ha lo scopo di separare i gruppi di generazione dalla rete di trasmissione 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.

## **7. CRITERI DI COSTRUZIONE**

### 7.1. Esecuzione degli scavi

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 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.

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.

#### 7.2. 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.

#### 7.3. Esecuzione delle giunzioni e delle terminazioni AT

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

#### 7.4. Messa a terra dei rivestimenti metallici

Ai sensi della CEI 11-17, gli schermi dei cavi 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.

## 8. IMPIANTO DI CONSEGNA

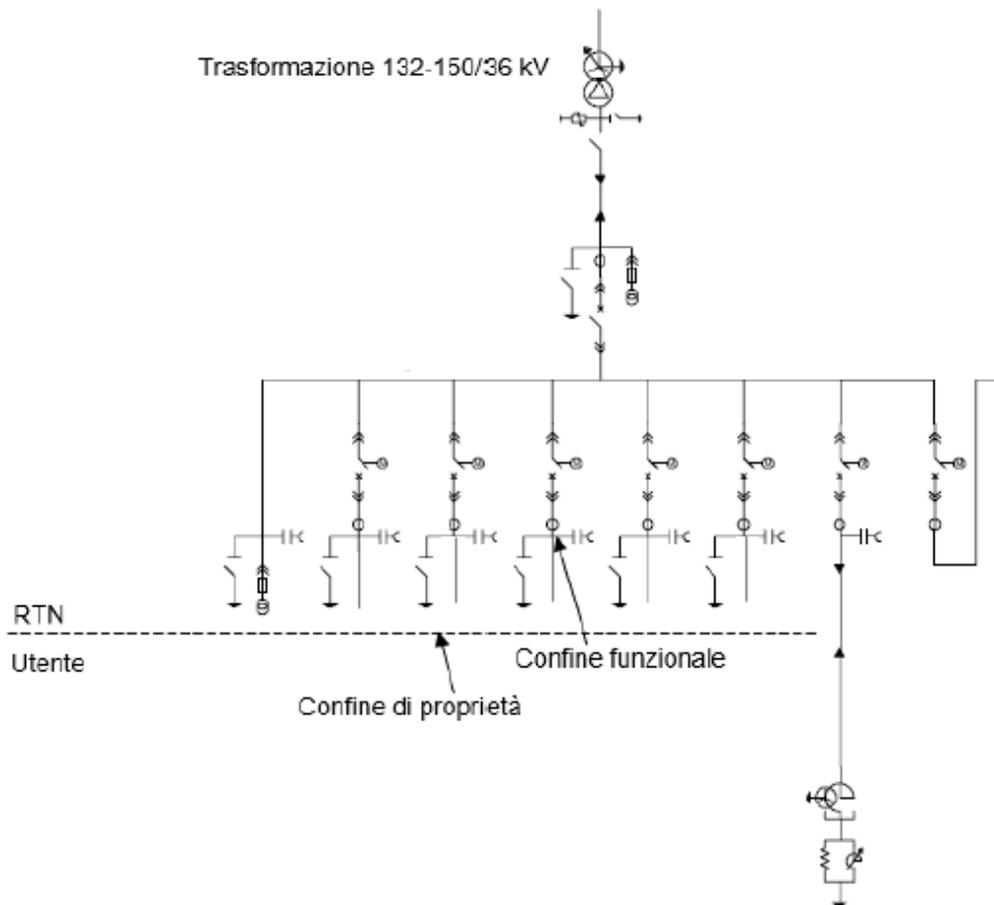
### 8.1. Generalità

In data 20/10/2021 è stata aggiornato dell'Allegato A.2 al Codice di Rete – "Guida agli schemi di connessione". Il documento prevede l'introduzione di un nuovo standard di connessione alla RTN a 36 kV per gli impianti di produzione con potenza fino a 100 MW.

Pertanto la connessione alla rete avverrà senza l'utilizzo di una sottostazione utente per l'innalzamento della tensione a 150 kV in quanto avverrà direttamente all'interno del futuro ampliamento della stazione Terna.

La soluzione di connessione ottenuta da Terna prevede che l'impianto venga collegata in antenna a 36 kV con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di "Erchie"

La connessione in antenna avverrà mediante tre terne di cavi interrati AT provenienti dal parco eolico che si attesteranno nei quadri presenti all'interno del nuovo ampliamento della stazione elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di "Erchie".



**Figura 4 - Schema di connessione esemplificativo a 36 kV**

\*\*\*\*\*