

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI ENNA
COMUNE DI CALASCIBETTA

LOCALITÀ MURCATO VECCHIO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 16 AEROGENERATORI DI POTENZA TOTALE PARI A 96,0 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE H - ELABORATI SISTEMA ELETTRICO

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

Nome file stampa:

EO.CLB01.PD.H.06.pdf

Codifica Regionale:

RS06REL0011A0_RelazioneCalcoloImpianti

Scala:

- -

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

EO.CLB01.PD.H.06

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 3 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647721006



E-WAY 3 S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P.Iva 16647721006
PEC: e-way3srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 3 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647721006



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
EO.CLB01.PD.H.06	00	12/2022	A.Tizzano	A. Bottone	A. Bottone

E-WAY 3 S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way3srl@legalmail.it tel. +39 0694414500

INDICE

1	<i>PREMESSA</i>	7
2	<i>INTRODUZIONE</i>	8
3	<i>UBICAZIONE ED ACCESSI</i>	8
4	<i>STAZIONE DI TRASFORMAZIONE UTENTE 150/30 KV (ST) ED AREA COMUNE PER CONDIVISIONE CONNESSIONE</i>	10
4.1	Area Comune per Condivisione Connessione a 150 kV.....	10
4.2	Stallo AT a 150 kV	11
4.3	Sezione MT a 30 kV.....	12
4.4	Caratteristiche apparati.....	14
4.5	Tensioni di esercizio (distanze minime).....	15
4.6	Carpenterie metalliche.....	15
4.7	Celle a media tensione (30 kV)	15
4.8	Servizi Ausiliari	16
4.9	Telecontrollo e Telecomunicazioni.....	16
4.10	Opere civili	16
5	<i>CABINA DI RACCOLTA E MISURA</i>	17
5.1	Caratteristiche apparati.....	19
5.2	Celle a media tensione (30 kV)	19
5.3	Servizi Ausiliari	19
5.4	Control Room – Sistema di Monitoraggio	20
6	<i>MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA</i>	20
7	<i>AEROGENERATORE</i>	21
7.1	PMSG: Generatore Sincrono a Magneti Permanenti.....	21
7.2	Convertitore di Frequenza AC/AC.....	21
7.3	Trasformatore MT/BT.....	22
7.4	Cavo MT.....	22
7.5	Apparato di Interruzione e Protezione.....	23
7.6	Servizi Ausiliari	23



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE SUGLI IMPIANTI**

CODICE	EO.CLB01.PD.H.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	12/2022
PAGINA	3 di 38

8	<i>LINEE MT DI INTERCONNESSIONE AEROGENERATORI – SE UTENTE</i>	25
8.1	Tipologia Cavi.....	26
8.2	Tipologia Posa.....	27
9	<i>DIMENSIONAMENTO CAVI MT</i>	30
9.1	Zona 1	31
9.2	Zona 2	34
10	<i>SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE IMPIANTO EOLICO</i>	38

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento Progetto Eolico su IGM (1:25000)</i>	9
<i>Figura 2: Planimetria Stazione di Trasformazione Utente 150/30 kV e Area Comune</i>	11
<i>Figura 3: Stallo AT a 150 kV - Vista laterale</i>	12
<i>Figura 4: Stazione Elettrica Utente Stallo 1 – Planimetria</i>	13
<i>Figura 5: Stazione Elettrica Utente Stallo 2 – Planimetria</i>	13
<i>Figura 6: Quadro di Raccolta e Misura: Zona 1, Vista frontale</i>	17
<i>Figura 7: Quadro di Raccolta e Misura: Zona 1, Planimetria</i>	17
<i>Figura 8: Quadro di Raccolta e Misura: Zona 2, Vista frontale</i>	18
<i>Figura 9: Quadro di Raccolta e Misura: Zona 2, Planimetria</i>	18
<i>Figura 10: Suddivisione Zonale dell'Impianto Eolico su Ortofoto</i>	25
<i>Figura 11: Schema di collegamento degli aerogeneratori</i>	26
<i>Figura 12: Immagine indicativa del tipo di Cavo</i>	27
<i>Figura 13: Modalità di Posa (CEI 11-17)</i>	27
<i>Figura 14: Sezione Cavidotto Doppia Terna su Asfalto</i>	28
<i>Figura 15: Sezione Cavidotto Doppia Terna su Terreno</i>	29
<i>Figura 16: Sezione Cavidotto Singola Terna su Misto stabilizzato</i>	29
<i>Figura 17: Estratto Schema Elettrico Unifilare</i>	38



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE SUGLI IMPIANTI**

CODICE	EO.CLB01.PD.H.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	12/2022
PAGINA	5 di 38

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Coordinate aerogeneratori di progetto.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 2: Verifica distanze minime ($V_n= 30 \text{ kV}$, $V_{1,2/50 \mu s} = 170 \text{ kV}$)</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 3: Caratteristiche elettriche Generatore</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 4: Caratteristiche elettriche Convertitore AC/AC</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 5: Caratteristiche elettriche Trasformatore BT/MT.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 6: Caratteristiche elettriche Cavo MT interno</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 7: Caratteristiche elettriche Interruttore MT</i>	<i>23</i>
<i>Tabella 8: Contributi Principali all'Autoconsumo.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabella 9: Dati di Progetti per Dimensionamento Elettrico – Zona 1.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabella 10: Dimensionamento Cavi – Zona 1.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 11: Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta – Zona 1</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 12: Perdite Impianto – Zona 1.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 13: Dati di Progetti per Dimensionamento Elettrico – Zona 2.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabella 14: Dimensionamento Cavi – Zona 2.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabella 15: Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta – Zona 2</i>	<i>36</i>
<i>Tabella 16: Perdite Impianto – Zona 2.....</i>	<i>37</i>



**RELAZIONE DI CALCOLO
PRELIMINARE SUGLI IMPIANTI**

CODICE	EO.CLB01.PD.H.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	12/2022
PAGINA	6 di 38

1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, ed opere di connessione annesse, denominato "Murcato Vecchio", sito tra i Comuni di Gangi (PA), Villarosa (EN), Enna (EN) e Calascibetta (EN).

In particolare, il progetto è relativo ad un impianto eolico di potenza totale pari a 96,0 MW e costituito da:

- 16 aerogeneratori di potenza nominale 6,0 MW, diametro di rotore 150 m e altezza al mozzo 125 m (del tipo Vestas V150 o assimilabili);
- due cabine di raccolta e misura in MT a 30 kV;
- linee elettriche in MT a 30 kV in cavo interrato necessaria per l'interconnessione di 16 aerogeneratori alla prima cabina di raccolta e misura;
- linee elettriche in MT a 30 kV in cavo interrato necessaria per l'interconnessione di 16 aerogeneratori alla seconda cabina di raccolta e misura;
- una stazione elettrica (SE) di trasformazione 150/30 kV utente;
- linee elettriche in MT a 30 kV in cavo interrato necessari per l'interconnessione delle cabine di raccolta e misura alla SE utente di cui sopra;
- una sezione di impianto elettrico comune con altri impianti in sviluppo, necessaria per la condivisione dello Stallo AT a 150 kV, assegnato dal gestore della rete di trasmissione nazionale (RTN) all'interno della futura SE della RTN denominata "Calascibetta 380/150/36 kV". Tale sezione è localizzata in una zona adiacente alla se utente e contiene tutte le apparecchiature elettromeccaniche in AT necessarie per la condivisione della connessione.
- tutte le apparecchiature elettromeccaniche in AT di competenza dell'utente da installare all'interno della futura SE Terna "Calascibetta 380/150/36 kV", in corrispondenza dello stallo assegnato;
- una linea elettrica in AT a 150 kV in cavo interrato di interconnessione tra la sezione di impianto comune e la futura SE Terna "Calascibetta 380/150/36 kV".

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 3 S.r.l., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina 4, 00186 Roma, P.IVA 16647721006.

2 INTRODUZIONE

Oggetto del presente studio è la descrizione dell'impianto elettrico necessario per l'interconnessione degli aerogeneratori alla RTN.

La soluzione tecnica di connessione alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV con la sezione 150 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaramonte Gulfi - Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

3 UBICAZIONE ED ACCESSI

L'alternativa progettuale prevede la realizzazione di un parco eolico costituito da 16 aerogeneratori (successivamente denominati da WTG01 a WTG16) sito in agro nei Comuni di Enna (EN), Villarosa (EN), Enna (EN) e Gangi (EN) in località "Murcato Vecchio". L'orografia della zona di sviluppo è tipicamente collinare con quote variabili dai 500 ai 700 m.s.l.m.

Le turbine sono localizzate a Nord e Sud del Comune di Enna (EN) ed a Ovest del Comune di Calascibetta (EN) e a Nord rispetto al centro abitato di Villapriolo.

L'ubicazione complessiva delle opere si rileva dall'allegato "EO.CLB01.PD.B.02 – Inquadramento generale su IGM" e di cui si riporta un estratto.

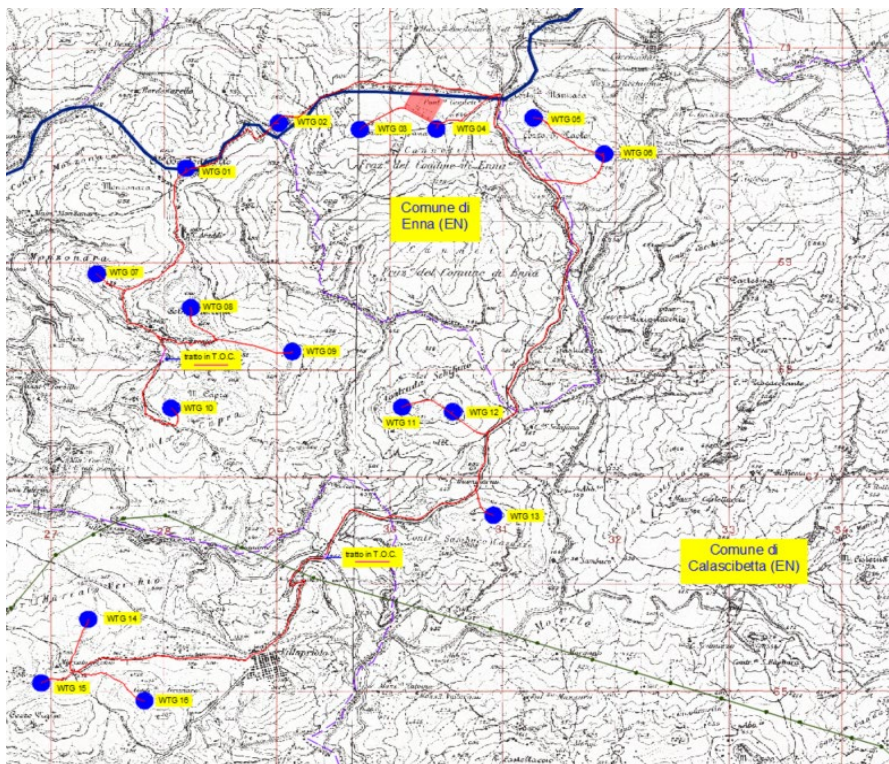


Figura 1: Inquadramento Progetto Eolico su IGM (1:25000)

Le coordinate degli aerogeneratori di progetto e della sottostazione utente sono riportate in Tabella.

Tabella 1: Coordinate aerogeneratori di progetto

WTG	COORD. WGS84 - Fuso 33		Coord. ED50 - Fuso 33		COORD. GAUSS BOAGA	
	Est	Nord	Est	Nord	Est	Nord
WTG01	428148	4169684	428207	4169877	2448146	4169682
WTG02	428969	4170103	429028	4170296	2448967	4170101
WTG03	429684	4170044	429743	4170237	2449682	4170042
WTG04	430360	4170048	430419	4170241	2450358	4170046
WTG05	431221	4170152	431280	4170345	2451219	4170150
WTG06	431846	4169816	431905	4170009	2451844	4169814
WTG07	427359	4168698	427418	4168891	2447357	4168696
WTG08	428191	4168384	428250	4168577	2448189	4168382
WTG09	429087	4167973	429146	4168166	2449085	4167971
WTG10	428017	4167446	428076	4167639	2448015	4167444
WTG11	430058	4167455	430117	4167648	2450056	4167453

WTG12	430508	4167412	430567	4167605	2450506	4167410
WTG13	430866	4166447	430925	4166640	2450864	4166445
WTG14	427281	4165476	427340	4165669	2447279	4165474
WTG15	426866	4164882	426925	4165075	2446864	4164880
WTG16	427781	4164718	427840	4164911	2447779	4164716

4 STAZIONE DI TRASFORMAZIONE UTENTE 150/30 KV (ST) ED AREA COMUNE PER CONDIVISIONE CONNESSIONE

La SE Utente sarà costituita da uno stallo di trasformazione in AT a 150 kV ed una sezione a 30 kV; sono previsti 3 montanti di collegamento, di cui 2 dedicati al presente progetto e 1 disponibile per un eventuale altro produttore.

4.1 Area Comune per Condivisione Connessione a 150 kV

L'area comune prevista per la condivisione della connessione AT a 150 kV è costituita dalle seguenti sezioni:

- Stallo AT per arrivo linea AT in cavo a 150 kV, completo di tutte le apparecchiature elettromeccaniche in AT necessarie;
- Sistema di sbarre AT a 150 kV;
- Edifici per l'area comune;
- Sistemi di alimentazione, comando e controllo necessari per l'esercizio dell'area comune.

Nell'allegato "EO.CLB01.PD.H.02 - Stazione Elettrica utente ed area comune per condivisione connessione - Planimetria e Sezioni Elettromeccaniche" è possibile trovare una rappresentazione planimetrica dettagliata della sottostazione d'utente e dell'area comune.

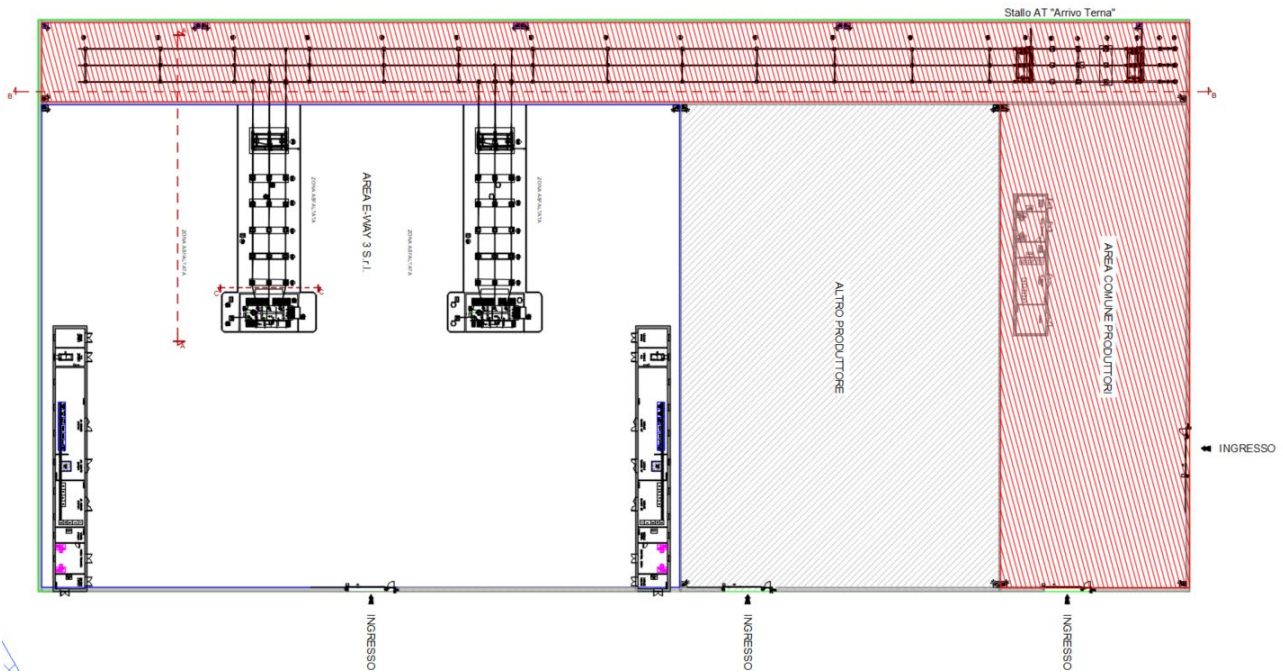


Figura 2: Planimetria Stazione di Trasformazione Utente 150/30 kV e Area Comune

4.2 Stallo AT a 150 kV

Il sistema sarà costituito da n°2 stalli trasformatore, ognuno dei quali composto dei seguenti apparati:

- Un trasformatore 150/30 kV, avente potenza nominale pari a 40/44 MVA per lo stallo 1 e 64/68 MVA per lo stallo 2, con variatore sotto carico (12) e predisposizione per la messa a terra del centro stella (11);
- Tre scaricatori di sovratensione (8);
- Un interruttore automatico, isolato in SF6 con comando unipolare (4);
- Tre trasformatori di corrente (protezione e misure) (5);
- Tre trasformatori di tensione induttivi (misure) (7);
- Tre trasformatori di tensione capacitivi/induttivi (protezione/misura) (3);
- Un sezionatore di isolamento sbarre (tripolare) (2);
- Tre isolatori rompitratta AT (6);
- Un portale per il collegamento aereo alla sezione di impianto d'area comune.

Di seguito l'estratto della "EO.CLB01.PD.H.02":

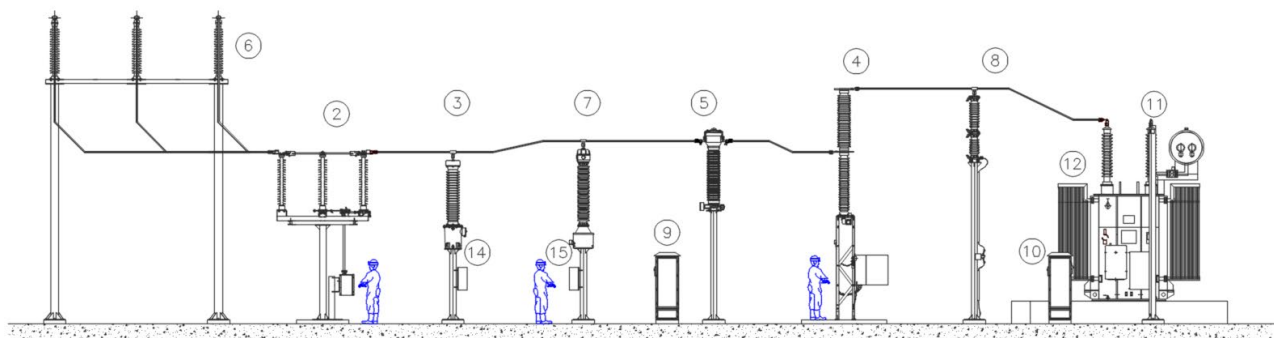


Figura 3: Stallo AT a 150 kV - Vista laterale

4.3 Sezione MT a 30 kV

Il sistema sarà costituito da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione degli aerogeneratori al trasformatore di potenza e per il funzionamento ed il controllo della stazione di trasformazione.

In particolare, partendo dai terminali del secondario del trasformatore di potenza, il sistema relativo allo stallo 1 sarà costituito da:

- Tre scaricatori di sovratensione in MT;
- Cavi MT tra il Trasformatore AT/MT ed il quadro di MT a 30kV;
- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore a protezione del trasformatore di AT lato MT;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione della rete a 30 kV del Parco Eolico;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore di scorta;
- Uno scomparto con IMS e fusibili a protezione del trasformatore di alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- Uno scomparto con IMS e fusibili di scorta;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione degli eventuali banchi di rifasamento;
- Uno scomparto misura con IMS, fusibili e TV in MT.

Si riporta di seguito un estratto della "EO.CLB01.PD.H.03.1 - Stazione Elettrica Utente Planimetria e Sezioni Edifici di Stazione Stallo 1":

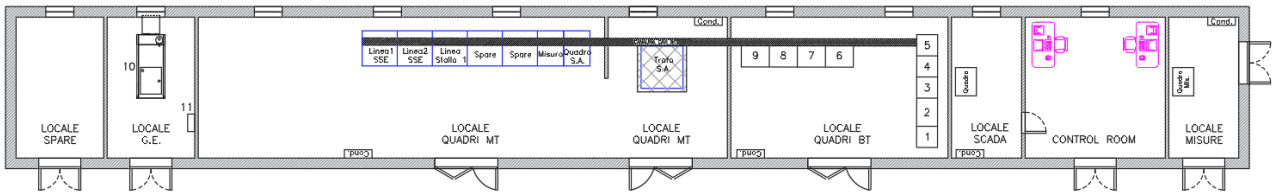


Figura 4: Stazione Elettrica Utente Stallo 1 – Planimetria

Per lo stallo 2, invece, sempre partendo dai terminali del secondario del trasformatore di potenza, il sistema relativo sarà costituito da:

- Tre scaricatori di sovratensione in MT;
- Cavi MT tra il Trasformatore AT/MT ed il quadro di MT a 30kV;
- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore a protezione del trasformatore di AT lato MT;
- Quattro scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione della rete a 30 kV del Parco Eolico;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore di scorta;
- Uno scomparto con IMS e fusibili a protezione del trasformatore di alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- Uno scomparto con IMS e fusibili di scorta;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione degli eventuali banchi di rifasamento;
- Uno scomparto misura con IMS, fusibili e TV in MT.

Si riporta di seguito un estratto della “EO.CLB01.PD.H.03.2 - Stazione Elettrica Utente Planimetria e Sezioni Edifici di Stazione Stallo 2”:

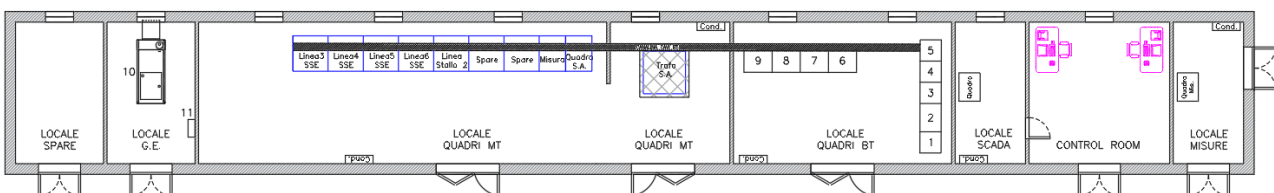


Figura 5: Stazione Elettrica Utente Stallo 2 – Planimetria

All’interno degli edifici tecnici saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell’impianto.

4.4 Caratteristiche apparati

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale: 150 kV
- Tensione massima: 170 kV
- Livello di isolamento:
 - Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): 315 kV
 - Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 μ s) (cresta): 750 kV
- Corrente nominale montante di linea: 1000 A
- Corrente nominale montante trasformatore AT stallo 1: 150 A
- Corrente nominale montante trasformatore AT stallo 2: 250 A
- Massima corrente di cortocircuito: 31,5 kA
- Tempo di estinzione dei guasti: 0,5 s
- Altezza dell'installazione <1000 m

La distanza minima di isolamento in aria per tale installazione prevista dalla norma CEI 99-2 è pari a 1,5 m. L'impianto è stato progettato considerando le seguenti distanze minime:

- Distanza fase-terra: 3,3 m
- Distanza fase-fase: 2,2 m
- Distanza fase-suolo: 4,5 m

La corrente massima di esercizio sarà di circa 400 A, corrispondente al regime di piena potenza del parco eolico, inferiore alle correnti nominali degli apparati e dei conduttori utilizzati.

La corrente di cortocircuito che l'impianto (apparati e cavi) può sopportare per 0,5 s sarà di 31,5 kA. Tale valore di corrente sarà notevolmente superiore alla reale corrente di cortocircuito al punto di connessione del parco sulla linea a 150 kV. Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale: 30 kV
- Tensione massima: 36 kV
- Livello di isolamento:
 - Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): 70 kV
 - Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 μ s) (cresta): 170 kV
- Corrente nominale del trasformatore stallo 1: 720 A
- Corrente nominale del trasformatore stallo 2: 1200 A
- Corrente nominale di cortocircuito: 40 kA
- Tempo di estinzione del guasto: 0,5 s

4.5 Tensioni di esercizio (distanze minime)

Tabella 2: Verifica distanze minime ($V_n = 30 \text{ kV}$, $V_{1,2/50 \mu s} = 170 \text{ kV}$)

	CEI 99-2	Fissata in questo progetto
<i>Distanza minima fase-terra in aria</i>	0,32 m	0,50 m
<i>Distanza minima fase-fase in aria</i>	0,32 m	0,50 m
<i>Altitudine minima fase-suolo</i>	3,20 m	3,60 m

Per il sistema a 30 kV all'interno della sottostazione si utilizzeranno cavi isolati e segregati in apposite canalizzazioni prefabbricate, collaudate e certificate dal Costruttore secondo procedure a norma di legge per il livello di isolamento indicato.

4.6 Carpenterie metalliche

Tutti gli apparati dell'impianto elettrico esterno saranno installati su idonei supporti metallici, aventi altezza minima pari a 2,25 m (CEI 99-2), al fine di evitare il posizionamento di barriere di protezione da elementi in tensione. La base della struttura dei supporti sarà realizzata in acciaio ed in grado di sopportare gli sforzi nelle condizioni peggiori. Le fondazioni necessarie per l'ancoraggio delle strutture saranno dimensionate per assicurare la stabilità ed evitare ribaltamenti.

4.7 Celle a media tensione (30 kV)

Da punto di vista della struttura, queste celle saranno del tipo incapsulato metallico, isolate in SF₆, per installazione all'interno.

Le celle da installare per lo stallo 1 saranno le seguenti:

- N°1 cella del trasformatore di potenza (con interruttore automatico);
- N°2 celle di linea (con interruttore automatico);
- N°1 cella protezione trasformatore servizi ausiliari;
- N° 2 cella per alimentazione futura;
- N°2 cella per banchi di rifasamento;
- N°1 cella per misure di tensione.

Le celle da installare per lo stallo 2 saranno le seguenti:

CODICE	EO.CLB01.PD.H.06
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	12/2022
PAGINA	16 di 38

- N°1 cella del trasformatore di potenza (con interruttore automatico);
- N°4 celle di linea (con interruttore automatico);
- N°1 cella protezione trasformatore servizi ausiliari;
- N° 2 cella per alimentazione futura;
- N°2 cella per banchi di rifasamento;
- N°1 cella per misure di tensione.

4.8 Servizi Ausiliari

Per i Servizi Ausiliari (SS.AA.) di Stazione sono stati previsti diversi sistemi di alimentazione, sia in corrente alternata che in corrente continua, necessari per i sistemi di controllo, comando, protezione e misura.

In particolare, è stata prevista l'alimentazione di tutti i SS.AA. mediante:

- Trasformatore 30/0,4 kV dedicato;
- Linea BT esterna dedicata ed indipendente dalla SE;
- Gruppo elettrogeno ad installazione fissa di Stazione;
- Sistema raddrizzatore/inverter/batterie.

Le diverse sezioni di alimentazione saranno organizzate in I servizi di corrente alternata e continua saranno alloggiati in diversi armadi destinati a realizzare le rispettive distribuzioni.

4.9 Telecontrollo e Telecomunicazioni

La SE e l'area comune saranno dotate di sistema SCADA per la supervisione ed il controllo, locale e remoto, di tutte le apparecchiature di stazione e, eventualmente, anche degli aerogeneratori. Inoltre, è prevista l'installazione di una UPDM, per la disconnessione remota dell'impianto dalla RTN.

4.10 Opere civili

I lavori riguarderanno l'intera area della sottostazione con l'eliminazione del mantello vegetale, scavo, riempimento e compattamento fino ad arrivare alla quota di appianamento prevista.

Saranno realizzate le fondazioni necessarie per le apparecchiature esterne a 150 kV ed i locali di stazione. Per l'istallazione del trasformatore di potenza sarà realizzato un idoneo basamento, formato da una fondazione di appoggio avente anche la funzione anche di vasca per la raccolta dell'olio in caso di fuoriuscite. Saranno costruite le canalizzazioni elettriche necessarie alla posa dei cavi di potenza e di controllo dei diversi elementi dell'impianto.

I dettagli relativi alla recinzione ed alle restanti opere civili previste sono rilevabili dagli allegati.

5 CABINA DI RACCOLTA E MISURA

Considerando la distribuzione degli aerogeneratori e la potenza complessiva in gioco, si è deciso di dividere il parco eolico in due zone elettricamente indipendenti, ognuna con un proprio stallo nella SE Utente e per ognuna delle quali ci sarà una Cabine di Raccolta e Misura dedicata. I sistemi saranno costituiti da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione e il controllo dei diversi aerogeneratori.

In particolare, il sistema relativo alla Zona 1 sarà costituito da:

- Cavi MT tra Aerogeneratori e quadro MT a 30 kV;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione degli aerogeneratori, collegati fra loro in modalità "entra-esce";
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione della rete a 30 kV del campo Eolico;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore di scorta;
- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore per eventuale connessione di back-up;
- Uno scomparto con sezionatore per eventuale connessione di back-up;
- Uno scomparto con IMS e fusibili a protezione del trasformatore di alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- Due scomparti misura con IMS, fusibili e TV in MT.

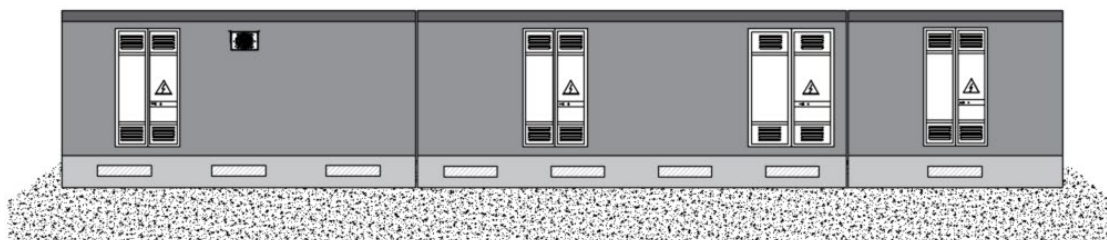


Figura 6: Quadro di Raccolta e Misura: Zona 1, Vista frontale

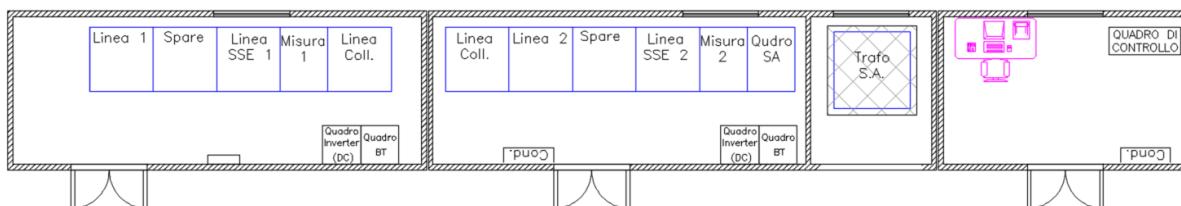


Figura 7: Quadro di Raccolta e Misura: Zona 1, Planimetria

All'interno del prefabbricato saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

Per la zona 2, il sistema sarà costituito da:

- Cavi MT tra Aerogeneratori e quadro MT a 30 kV;
- Quattro scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione degli aereogeneratori, collegati fra loro in modalità "entra-esce";
- Quattro scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione della rete a 30 kV del campo Eolico;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore di scorta;
- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore per eventuale connessione di back-up;
- Uno scomparto con sezionatore per eventuale connessione di back-up;
- Uno scomparto con IMS e fusibili a protezione del trasformatore di alimentazione dei servizi ausiliari di impianto;
- Due scomparti misura con IMS, fusibili e TV in MT.

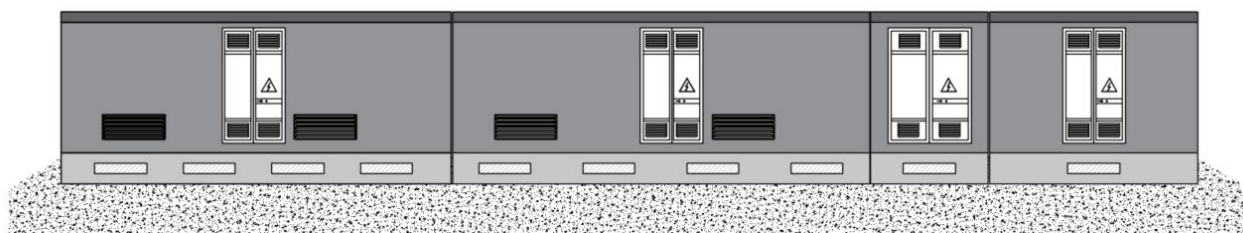


Figura 8: Quadro di Raccolta e Misura: Zona 2, Vista frontale

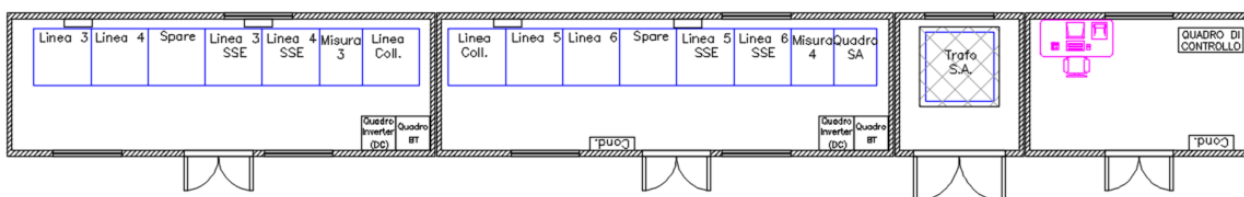


Figura 9: Quadro di Raccolta e Misura: Zona 2, Planimetria

All'interno del prefabbricato saranno installati inoltre gli apparati di misura, comando, controllo e protezione necessari per la corretta funzionalità dell'impianto.

5.1 Caratteristiche apparati

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale: 30 kV
- Tensione massima: 36 kV
- Livello di isolamento:
 - Tensione a frequenza industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): 70 kV
 - Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 μ s) (cresta): 170 kV
- Corrente nominale di cortocircuito: 40 kA
- Tempo di estinzione del guasto: 0,5 s

Per il sistema a 30 kV all'interno si utilizzeranno cavi isolati e segregati in apposite canalizzazioni prefabbricate, collaudate e certificate dal Costruttore secondo procedure a norma di legge per il livello di isolamento indicato.

5.2 Celle a media tensione (30 kV)

Da punto di vista della struttura, queste celle saranno del tipo incapsulato metallico, isolate in SF6, per installazione all'interno.

Per la Zona 1, Le celle da installare saranno le seguenti:

- N°4 celle di linea (con interruttore automatico);
- N°2 celle di collegamento Back-Up;
- N°1 cella protezione trasformatore servizi ausiliari;
- N°2 cella per alimentazione futura;
- N°2 cella per misure di tensione.

Per la Zona 2, Le celle da installare saranno le seguenti:

- N°8 celle di linea (con interruttore automatico);
- N°2 celle di collegamento Back-Up;
- N°1 cella protezione trasformatore servizi ausiliari;
- N°2 cella per alimentazione futura;
- N°2 cella per misure di tensione.

5.3 Servizi Ausiliari

Per i Servizi Ausiliari sono previsti diversi sistemi di alimentazione, sia in corrente alternata che in corrente continua, necessari per i sistemi di controllo, comando, protezione e misura. In particolare, è stata prevista l'alimentazione di tutti i servizi ausiliari mediante:

- Trasformatore 30/0,4 kV dedicato;
- sistema raddrizzatore/inverter/batterie.

I servizi di corrente alternata e continua saranno alloggiati in diversi armadi destinati a realizzare le rispettive distribuzioni.

5.4 Control Room – Sistema di Monitoraggio

Verrà installato un sistema di monitoraggio e controllo basato su architettura SCADA in conformità alle specifiche della piramide CIM, al fine di garantire una resa ottimale dell'impianto eolico in tutte le situazioni. Il sistema sarà connesso a diversi sistemi e riceverà informazioni:

- di produzione del parco eolico;
- di produzione degli apparati di conversione;
- di produzione e scambio dai sistemi di misura;
- di tipo climatico ambientale dalle stazioni di rilevamento dati meteo;
- di allarme da tutti gli interruttori e sistemi di protezione.

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare dati climatici e dati anemologici sul parco eolico. I parametri rilevati puntualmente dalla stazione di monitoraggio ambientale saranno inviati al sistema di monitoraggio SCADA e contribuiranno alla valutazione della producibilità teorica, parametro determinante per il calcolo delle performance dell'impianto eolico.

I dati monitorati saranno gestiti e archiviati da un sistema di monitoraggio SCADA. Il sistema nel suo complesso avrà ottime capacità di precisione di misura, robusta insensibilità ai disturbi, capacità di auto-diagnosi e auto-tuning.

6 MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA

L'impianto elettrico previsto garantisce la possibilità di effettuare misure dell'energia elettrica assorbita ed immessa nei seguenti punti:

- Nella Cabina di Raccolta in prossimità della turbina AP03, in corrispondenza della linea 1 e 2 di collegamento con la SE – Totalizzatore energia lorda prodotta Zona 1;
- Nella Cabina di Raccolta in prossimità della turbina AP11, in corrispondenza della linea 3 e 4 di collegamento con la SE – Totalizzatore energia lorda prodotta Zona 2;
- Sul lato MT a 30 kV della SE, in corrispondenza delle linee di collegamento con le Cabine di Raccolta - Totalizzatore energia prodotta al netto delle perdite della linea;
- Sulla seziona AT della SE (eventualmente ridondata) – Totalizzatore energia prelevata ed immessa in rete.

7 AEROGENERATORE

Per il presente progetto si prevede l'utilizzo di aerogeneratori di marca Vestas, modello V150, ciascuno avente potenza nominale pari a 6,0 MW, o modelli equivalenti.

7.1 PMSG: Generatore Sincrono a Magneti Permanenti

L'aerogeneratore monta un Generatore Sincrono a Magneti Permanenti connesso alla rete per mezzo di un convertitore AC/AC a quattro quadranti.

Lo chassis del generatore è realizzato in modo da garantire la circolazione di aria di raffreddamento nel rotore e nello statore. Il calore generato dalle perdite è rimosso per mezzo di uno scambiatore acqua/aria.

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche elettriche del generatore adoperato:

Tabella 3: Caratteristiche elettriche Generatore

<i>Potenza Nominale [kW]</i>	6000 kW
<i>Tensione alla Velocità Nominale [V]</i>	3 x 800
<i>Numero di Poli</i>	36
<i>Range di velocità [rpm]</i>	0 – 460
<i>Limite di velocità [rpm]</i>	720

7.2 Convertitore di Frequenza AC/AC

Il convertitore a quattro quadranti è utilizzato in maniera tale da garantire il controllo sia lato rete che lato generatore. Il convertitore si occupa di convertire la frequenza variabile AC del generatore in frequenza fissa AC di rete, con il desiderato livello di potenza attiva e reattiva richiesta.

Di seguito alcune grandezze elettriche caratteristiche del convertitore:

Tabella 4: Caratteristiche elettriche Convertitore AC/AC

<i>Potenza Apparente [kVA]</i>	6550
<i>Tensione nominale di rete [V]</i>	3x720
<i>Tensione nominale del generatore [V]</i>	3 x 800

<i>Corrente nominale di rete [A]</i>	5250
--------------------------------------	------

7.3 Trasformatore MT/BT

Il trasformatore MT/BT è inserito in un locale separato chiuso, sul retro della navicella. È un trasformatore trifase, a doppio avvolgimento e immerso in un liquido poco infiammabile e “eco-design”. È equipaggiato con un circuito esterno di raffreddamento ad acqua.

Si riportano di seguito alcune informazioni chiave:

Tabella 5: Caratteristiche elettriche Trasformatore BT/MT

<i>Potenza Apparente [kVA]</i>	7000
<i>Potenza reattiva a vuoto [kVAr]</i>	~35
<i>Potenza reattiva sotto carico [kVAr]</i>	~700
<i>Tensione nominale lato BT [kV]</i>	0.72
<i>Tensione nominale lato MT [kV]</i>	30
<i>Frequenza [Hz]</i>	50
<i>Gruppo</i>	Dyn11

7.4 Cavo MT

Il cavo MT dal trasformatore arriva direttamente all'interruttore MT allocato internamente alla base della torre. In particolare, possono essere utilizzati due tipologia di cavi:

- Cavo tripolare MT, isolato in gomma, senza alogeni, con un cavo di terra multipolare;
- Cavo quadrupolare MT, isolato in gomma, senza alogeni.

Si riportano di seguito alcuni dati aggiuntivi:

Tabella 6: Caratteristiche elettriche Cavo MT interno

<i>Materiale Isolante</i>	EPR o HEPR
<i>Terminazioni</i>	Connettore T, Tipo C, lato Trasformatore

	Connettore T, Tipo C, lato Interruttore
<i>Massima Tensione</i>	42 kV per una tensione nominale di 30 kV
<i>Sezione Cavo</i>	3x70 + 70 mm ² (PE unico) 3x70 + 3x70/3 mm ² (PE diviso)

7.5 Apparato di Interruzione e Protezione

L'interruttore isolato in SF6 è installato alla base della torre, internamente come parte integrante della turbina. I suoi controlli sono integrati con il sistema di sicurezza dell'aerogeneratore, che monitora le condizioni dell'interruttore e i dispositivi di sicurezza in MT. Per garantire che l'interruttore sia sempre pronto, esso è ridondato di "trip coil", sia per la fase di protezione che per eventuali condizioni di sotto-tensione.

L'interruttore è configurabile in funzione del numero di cavi che si prevede entrino nella turbina. Si riportano di seguito alcuni dati aggiuntivi:

Tabella 7: Caratteristiche elettriche Interruttore MT

<i>Tensione nominale</i>	36 kV
<i>Tensione di Isolamento verso Terra (AC)</i>	70 kV
<i>Tensione di isolamento da Scarica Atmosferica (LI)</i>	170 kV
<i>Frequenza</i>	50 Hz
<i>Corrente di corto-circuito nominale</i>	25 kA
<i>Corrente di corto-circuito di picco</i>	62,5 kA
<i>Massima durata di un corto-circuito</i>	1 s

7.6 Servizi Ausiliari

Il sistema dei servizi ausiliari è alimentato da un diverso trasformatore (720/400 V) posizionato nella navicella. Il primario (720 V) di questo trasformatore è alimentato direttamente dal quadro del

convertitore AC/AC. Tutti i carichi nella turbina (motori, pompe, ventilatori e scambiatori) sono alimentati da questo sistema.

L'alimentazione 400 V è trasferita dalla Navicella al quadro di controllo della Torre, posizionato all'entrata della turbina, e distribuita fra diversi 400 e 230 V carichi, come l'ascensore, luci di sistema, carichi "general purpose", riscaldamento interno della cabina e ventilazione.

È previsto, inoltre, un trasformatore di controllo 400/230 V che alimenta l'UPS vicino al quadro.

I consumi sono definiti come la potenza che è usata dalla turbina quando questa non sta fornendo energia alla rete. È definito nel sistema di controllo come "Production Generator Zero". I seguenti componenti hanno la più grande influenza in termini di consumi di un aerogeneratore. I valori indicati rappresentano il massimo raggiungibile ma il consumo medio può essere inferiori in funzione delle condizioni di lavoro attuali, clima, ecc...:

Tabella 8: Contributi Principali all'Autoconsumo

<i>Motore Idraulico</i>	2 x 22 kW
<i>Motore per l'Imbardata</i>	Max 23 kW
<i>Ventilatori per Raffreddamento</i>	4 x 2,5 kW
<i>Pompe Idrauliche</i>	4 kW + 7,5 kW
<i>Pompa Olio per Lubrificazione Cuscinetti</i>	7,5 kW
<i>Controllore</i>	3 kW
<i>Perdite a Vuoto del Trasformatore MT/BT</i>	Vedere Tabella Perdite Trasformatore

8 LINEE MT DI INTERCONNESSIONE AEROGENERATORI – SE UTENTE

Considerando la distribuzione degli aerogeneratori nell’impianto, come già anticipato precedentemente, per la scelta progettuale elettrica si è deciso di dividere l’impianto in due Zone, come evidenziato in figura:

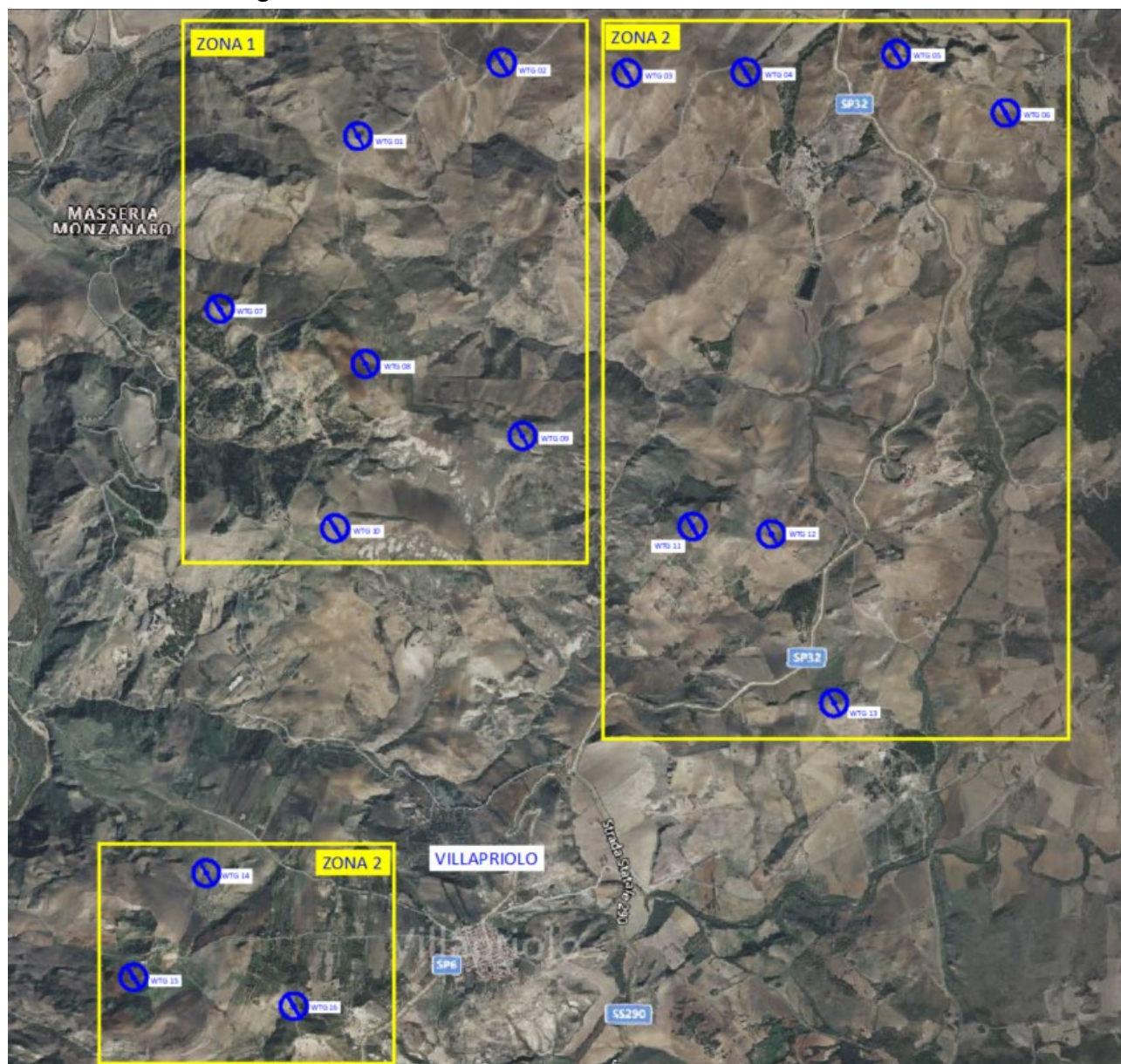


Figura 10: Suddivisione Zonale dell'Impianto Eolico su Ortofoto

I due impianti risultano essere elettricamente “indipendenti” in quanto, a partire da una Cabina di Raccolta e Misura dedicata per zona, inizia un cavidotto interrato in MT di connessione con la SE Utente. In ogni Zona, gli aerogeneratori sono collegati tra loro in “entra-esce” con un cavidotto interrato in MT.

La seguente figura è estrapolata da “EO.CLB01.PD.H.06.2 - Schema delle Connessioni Elettriche delle Opere di Progetto” mostra uno schema semplificato delle connessioni ipotizzate:

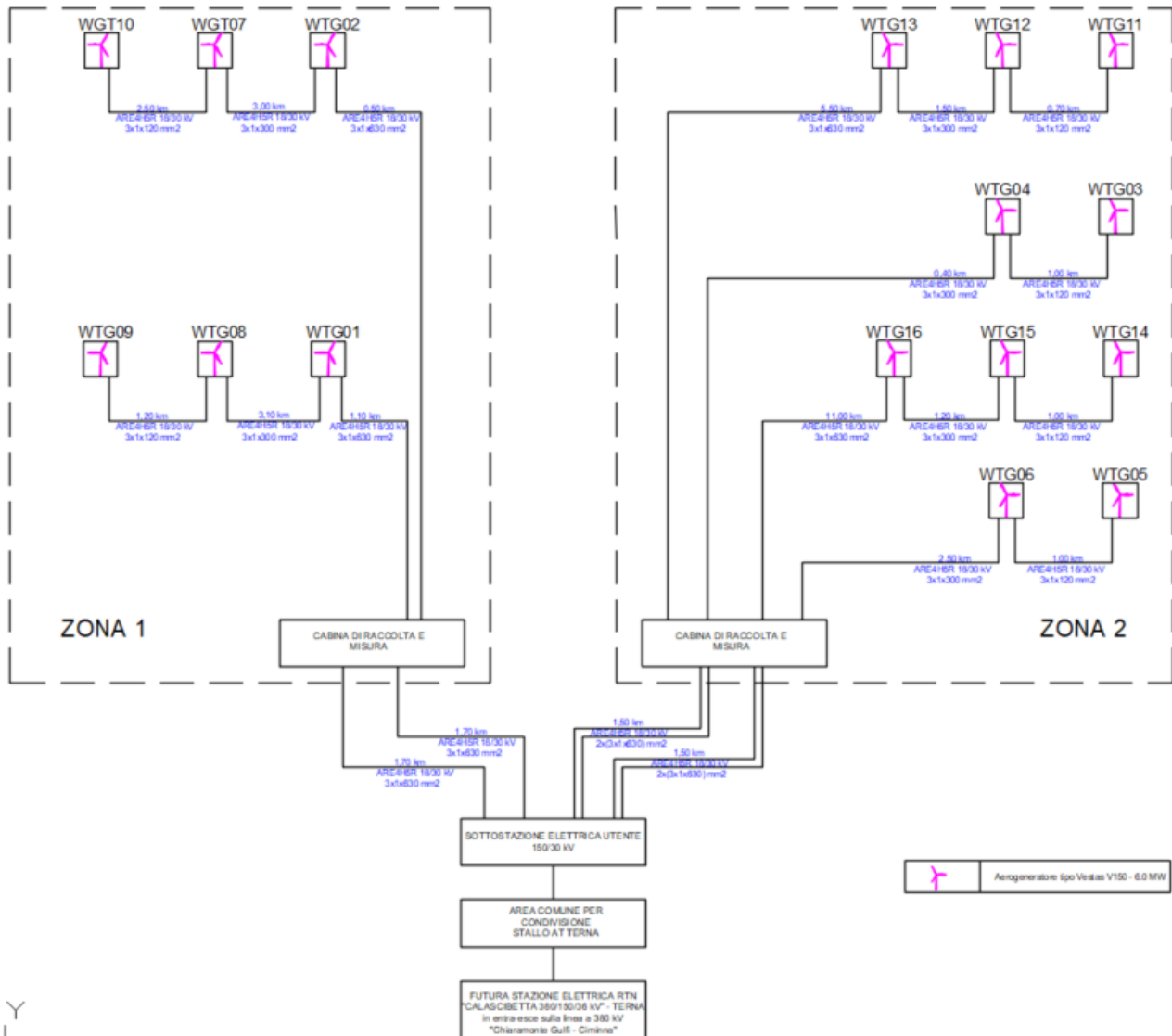


Figura 11: Schema di collegamento degli aerogeneratori

8.1 Tipologia Cavi

Per il collegamento elettrico in MT, si prevede l'utilizzo di cavi unipolari di tipo ARE4H5E-18/30 kV, aventi le seguenti caratteristiche:

- Anima realizzata con conduttore a corda rotonda compatta di alluminio;
- Semiconduttore interno a mescola estrusa;
- Isolante in mescola di polietilene reticolato per temperature a 85°C XLPE;

- Semiconduttore esterno a mescola estrusa;
- Rivestimento protettivo realizzato con nastro semiconduttore igroespandente;
- Schermo a nastro in alluminio avvolto a cilindro longitudinale ($R_{max} = 3 \Omega/km$);
- Guaina in polietilene, colore rosso.

Il cavo rispetta le prescrizioni delle norme HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta la IEC 60502-2.

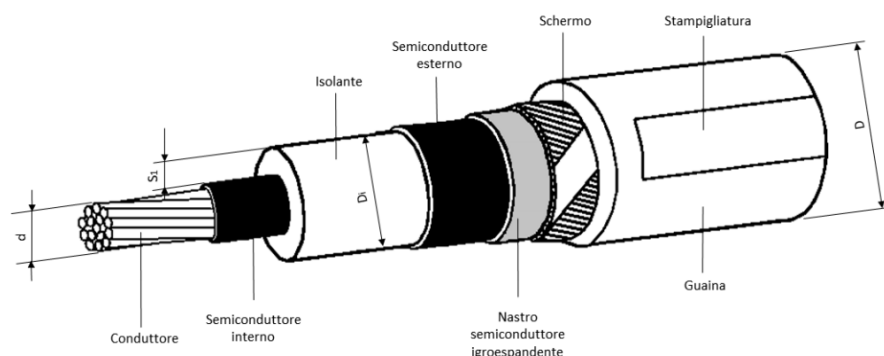
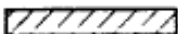


Figura 12: Immagine indicativa del tipo di Cavo

8.2 Tipologia Posa

Il cavidotto MT che interessa il collegamento tra il parco eolico, la cabina di raccolta e la sottostazione elettrica seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17. Sarà costituito da cavi unipolari direttamente interrati (modalità di posa tipo M), ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato (modalità di posa N). La posa verrà eseguita ad una profondità tra 1,2 – 1,5 m.

M. 1 



M. 2



M - Cavi direttamente interrati, con protezione meccanica supplementare: lastra piana (M. 1) oppure apposito tegolo (M. 2)



N - Cavi in tubo interrato

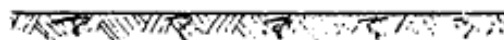


Figura 13: Modalità di Posa (CEI 11-17)

Il tracciato del cavidotto, che segue la viabilità prima definita, è realizzato nel seguente modo:

- Scavo a sezione ristretta obbligata (trincea) con dimensioni variabili;
- Letto di sabbia di circa 10 cm, per la posa delle linee MT avvolte ad elica;
- Rinfiando e copertura dei cavi MT con sabbia per almeno 10 cm;
- Corda nuda in rame (o in alluminio) per la protezione di terra (avente, come previsto da norma CEI EN 61936-1, una sezione maggiore o uguale di 16 mm² per il rame e 35 mm² nel caso di alluminio), e tubazioni PVC per il contenimento dei cavi di segnale e della fibra ottica, posati direttamente sulla sabbia, all'interno dello scavo;
- Riempimento per almeno 20 cm con sabbia;
- Inserimento per tutta la lunghezza dello scavo, e in corrispondenza dei cavi, delle tegole protettive in plastica rossa per la protezione e individuazione del cavo stesso;
- Nastro in PVC di segnalazione;
- Rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte.

Si riportano di seguito alcune sezioni generiche del cavidotto:

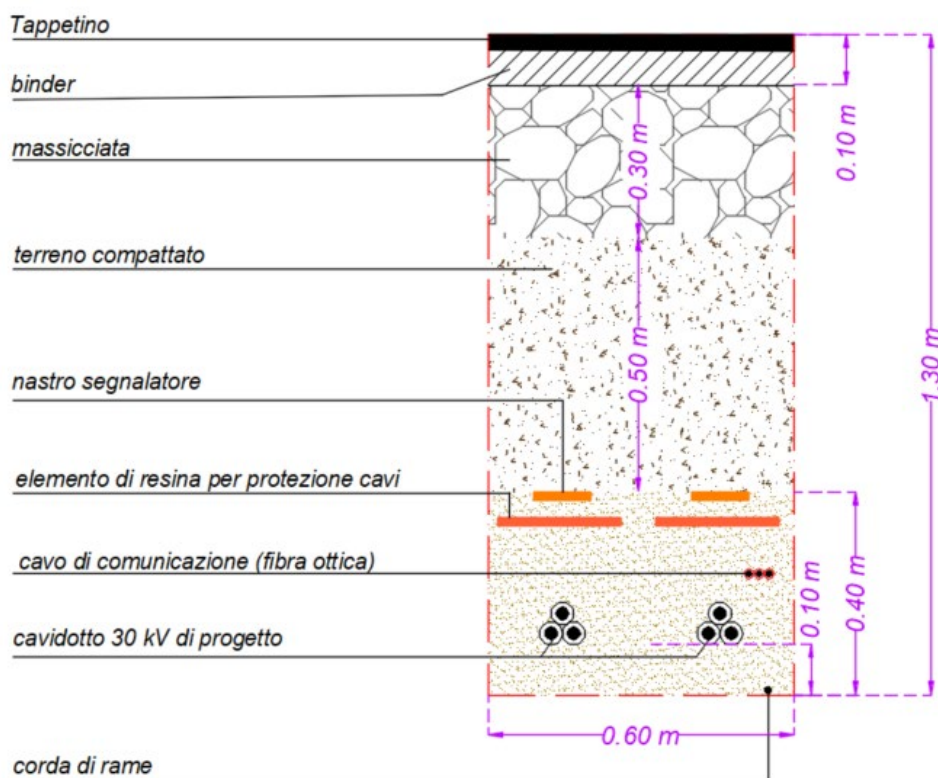


Figura 14: Sezione Cavidotto Doppia Terna su Asfalto

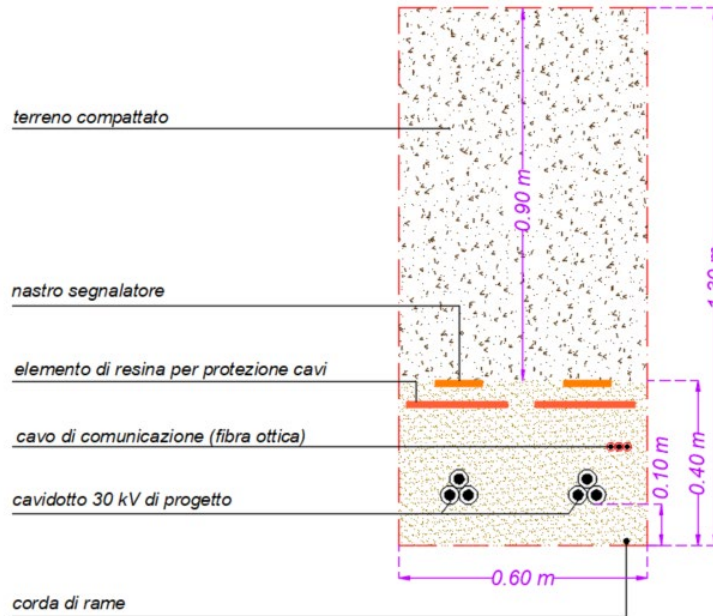


Figura 15: Sezione Cavidotto Doppia Terna su Terreno

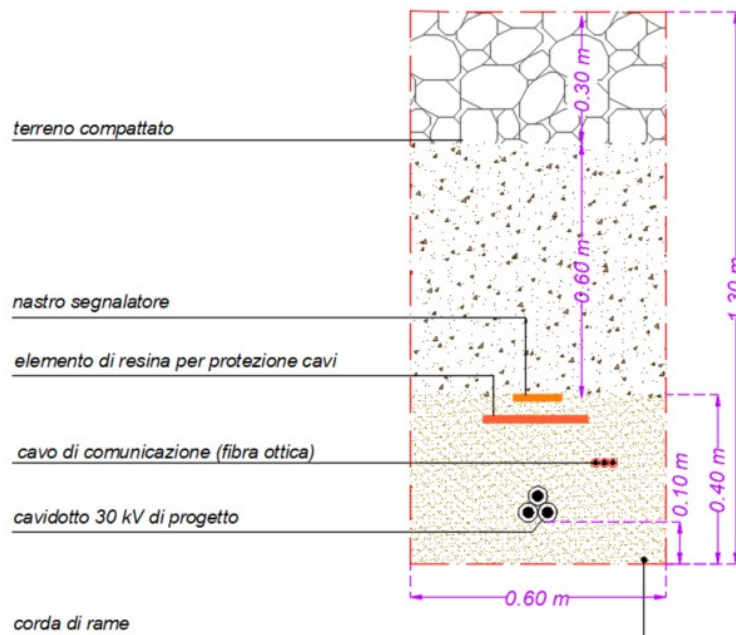


Figura 16: Sezione Cavidotto Singola Terna su Misto stabilizzato

Si rimanda alla Tavola "EO.CLB01.PD.E.01 – Layout di progetto su CTR in fase di cantiere" per ulteriori dettagli.

9 DIMENSIONAMENTO CAVI MT

Per il dimensionamento dei cavi in MT è stato adoperato il criterio termico (come indicato dalla CEI UNEL 35027), utilizzando il criterio elettrico come ulteriore verifica delle sezioni scelte. Per il criterio termico è necessario individuare innanzitutto la corrente d'impiego I_b per la singola tratta, in modo da garantire che la portata del cavo I_0 (opportunamente corretta) sia sempre maggiore della corrente d'impiego prevista.

$$I_z = K_{TT} \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_r \cdot I_0 > I_b$$

Dove:

- K_{TT} è il coefficiente di correzione per posa interrata e temperature ambientali diverse dai 20 °C;
- K_n è il coefficiente di correzione per numero di conduttori caricati nello scavo maggiore di 1;
- K_p è il coefficiente di correzione per valori di profondità di posa diversa da 0,8 m;
- K_r è il coefficiente di correzione per valori di resistività termica diversi da 1,0 K m/W.

Per il criterio elettrico è necessario verificare che la massima caduta di tensione sul cavidotto, nelle condizioni di funzionamento ordinario e particolari previsti (per es. avviamento motori), sia entro valori accettabili in relazione al servizio. Indicazioni circa i valori ammissibili per la caduta di tensione possono essere ricavati dalle norme relative agli apparecchi utilizzatori connessi e dalle norme relative agli impianti, ove applicabili. Nel caso specifico si assume:

$$\Delta V = K_L \cdot (RI \cos\varphi + XI \sin\varphi) \leq 4\%$$

Dove:

- K_L , coefficiente di linea: 2 per linea monofase e $\sqrt{3}$ per linea trifase;
- R , resistenza del cavo;
- X , reattanza del cavo;
- I , corrente di impiego (I_b);
- $\cos\varphi$ ($\sin\varphi$), fattore di potenza.

Data la suddivisione precedentemente fatta, si considerano le zone come due impianti separati; i dimensionamenti che seguono, quindi, sono indipendenti l'uno dall'altro.

9.1 Zona 1

Si riportano i dati di progetto per il dimensionamento delle varie tratte del cavidotto interno ed esterno, dove ogni tratta è codificata nel formato XX-YY, dove:

- XX è il numero della turbina di partenza;
- YY o è il numero della turbina di arrivo o è l'identificativo della Cabina di Raccolta (CR).

Tabella 9: Dati di Progetti per Dimensionamento Elettrico – Zona 1

Aerogeneratori interessati	WTG10 – WTG07 – WTG02				WTG09 – WTG08 – WTG01			
Tratta	10-07	07-02	02-CR	Linea 1	09-08	08-01	01-CR	Linea 2
Potenza [kW]	6000, 0	12000 ,0	18000 ,0	18000 ,0	6000, 0	12000 ,0	18000 ,0	18000 ,0
Corrente I_b [A]	121,5 5	243,0 9	364,6 4	364,6 4	121,5 5	243,0 9	364,6 4	364,6 4
Lunghezza [km]	2,50	3,00	0,50	1,70	1,20	3,10	1,10	1,70
Tensione di esercizio [kV]	30,00							
ΔV max impianto	4,00 %				4,00 %			
cos φ	0,95							
Tipo di posa	Interrato							
Tipo di linea	Trifase							
Temp. Ambiente [°C]	25							
Temp. Posa [°C]	35							
K_{TT}	0,89							
Profondità Posa [m]	1,20							
K_p	0,98							

N° Terne nello Scavo	1	1	1	1	1	1	1	1
K_n	1,00							
Distanza Terne [mm]	250							
ρ [K m/W]	1,5							
K_r	0,85							

Si tenga conto che il dimensionamento è riferito alla posa M, in quanto prevalente rispetto la posa N, mentre i fattori di correzione sono stati desunti a partire dalla CEI UNEL 35027.

Dalla Tabella 9 è possibile evidenziare una distinzione delle Linee di uscita dalla Cabina di Raccolta (Linea1 e Linea2). La motivazione risiede nella ricerca di un compromesso tra la distribuzione degli aerogeneratori nella zona (e quindi motivazioni tecniche) e l'affidabilità dell'impianto; in particolare, si è deciso che:

- 3 è il numero massimo di "entra-esce" consentito fra gli aerogeneratori;
- Ogni 3 turbine in ingresso alla cabina di Raccolta, si è progettata una linea dedicata.

Quanto indicato, è evidenziato in Figura 11.

Si riportano di seguito le scelte progettuali delle sezioni dei cavi ARE4H5E – 18/30 kV:

Tabella 10: Dimensionamento Cavi – Zona 1

Tratta	10-07	07-02	02-CR	Linea1	09-08	08-01	01-CR	Linea2
Sezione Cavo [mm²]	120	300	630	630	120	300	630	630
Cavi in Parallelo	1	1	1	1	1	1	1	1
Portata Cavo I₀ [A]¹	291,00	480,00	709,00	709,00	291,00	480,00	709,00	709,00
Portata effettiva I_z [A]	215,74	355,86	525,63	525,63	215,74	355,86	525,63	525,63

¹ Trifoglio, direttamente interrato, a $\rho = 1 \text{ K m/W}$

Si riportano nella tabella successiva le caratteristiche meccaniche ed elettriche in funzione delle sezioni scelte:

Tabella 11: Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta – Zona 1

Sezione [mm ²]	Diametro Conduttore d [mm]	Diametro sull'isolante Di [mm]	Diametro esterno nominale D [mm]	Massa indicativa del cavo [kg/km]	Raggio di Curvature [mm]	Resistenza a trifoglio @ 90 °C [Ω/km]	Reattanza a trifoglio @ 50 Hz [Ω/km]
120	12,9	27,4	38	1040	470	0,3330	0,130
300	20,8	34,7	44	1749	590	0,1360	0,110
630	30,5	45,6	56	3130	760	0,0739	0,099

Di seguito una tabella riepilogativa con le perdite ricavate a partire dalle caratteristiche del cavo e dalla configurazione d'impianto:

Tabella 12: Perdite Impianto – Zona 1

Impianto	1				2			
	10-07	07-02	02-CR	Linea1	09-08	08-01	01-CR	Linea2
Caduta di Tensione	154,88V (0,52 %)	174,26 V (0,58 %)	27,54 V (0,09 %)	93,64 V (0,31 %)	74,34 V (0,25 %)	180,07 V (0,60 %)	60,59 V (0,20 %)	93,64 V (0,31 %)
Potenza Dissipata	29,59 kW (0,49 %)	58,01 kW (0,48 %)	11,82 kW (0,07 %)	40,19 kW (0,22 %)	14,20 kW (0,24 %)	59,94 kW (0,50 %)	26,0 kW (0,14 %)	40,19 kW (0,22 %)

Come si può evincere dalla tabella:

- la c.d.t. totale dell'impianto 1 stimata è pari a:

$$\Delta V = 450,32 (1,50 \%) < 1200 \text{ V } (4 \%)$$

- la c.d.t. totale dell'impianto 2 stimata è pari a:

$$\Delta V = 408,64 (1,36 \%) < 1200 \text{ V } (4 \%)$$

Per quanto riguarda la potenza dissipata, per entrambi gli impianti il valore è nell'intorno del 4 %.

9.2 Zona 2

Si riportano i dati di progetto per il dimensionamento delle varie tratte del cavidotto interno ed esterno, dove ogni tratta è codificata nel formato XX-YY, dove:

- XX è il numero della turbina di partenza;
- YY o è il numero della turbina di arrivo o è l'identificativo della Cabina di Raccolta (CR).

Tabella 13: Dati di Progetti per Dimensionamento Elettrico – Zona 2

Aerogeneratori interessati	WTG03 – WTG04 – WTG11 – WTG12 – WTG13						WTG05 – WTG06 – WTG14 – WTG15 – WTG16					
	03-04	04-CR	11-12	12-13	13-CR	Linea 1	05-06	06-CR	14-15	15-16	16-CR	Linea 2
Potenza [kW]	6000,00	1200,00	6000,00	1200,00	1800,00	3000,00	6000,00	1200,00	6000,00	1200,00	1800,00	3000,00
Corrente I_b [A]	121,55	243,09	121,55	243,09	364,64	607,74	121,55	243,09	121,55	243,09	364,64	607,74
Lunghezza [km]	1,00	0,10	0,70	1,50	5,50	1,50	1,00	2,50	1,00	1,20	11,00	1,50
Tensione di	30 kV											

esercizio [kV]													
ΔV max impianto	4,00 %						4,00 %						
cos φ	0,95												
Tipo di posa	Interrato												
Tipo di linea	Trifase												
Temp. Ambiente [°C]	25												
Temp. Posa [°C]	354												
K_{TT}	0,89												
Profondità Posa [m]	1,20												
K_p	0,98												
N° Terne nello Scavo	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	
K_n	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	
Distanza Terne [m]	250												
ρ [K m/W]	1,5												
K_r	0,85												

Anche qui il dimensionamento è riferito alla posa M, in quanto prevalente rispetto la posa N, mentre i fattori di correzione sono stati desunti a partire dalla CEI UNEL 35027.

Dalla Tabella 13 è possibile evidenziare una distinzione delle Linee di uscita dalla Cabina di Raccolta (Linea1 e Linea2). La motivazione risiede nella ricerca di un compromesso tra la distribuzione degli aerogeneratori nella zona (e quindi motivazioni tecniche) e l'affidabilità dell'impianto; in particolare, si è deciso che:

- 3 è il numero massimo di “entra-esce” consentito fra gli aerogeneratori;
- Ogni 3 turbine in ingresso alla cabina di Raccolta, si è progettata una linea dedicata.

Quanto indicato, è evidenziato in Figura 11

Si riportano di seguito le scelte progettuali delle sezioni dei cavi ARE4H5E – 18/30 kV:

Tabella 14: Dimensionamento Cavi – Zona 2

Tratta	03-04	04-CR	11-12	12-13	13-CR	Linea1	05-06	06-CR	14-15	15-16	16-CR	Linea2
Sez. Cavo [mm²]	120	300	120	300	630	630	120	300	120	300	630	630
Cavi in Parallelo	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
I₀ [A]	291,0	480,0	291,0	480,0	709,0	709,0	291,0	480,0	291,0	480,0	709,0	709,0
I_z [A]	215,7	355,9	215,7	355,9	525,6	904,1	215,7	355,9	215,7	355,9	525,6	904,1

In funzione del cavo scelto, si riporta nella tabella successiva le caratteristiche meccaniche ed elettriche:

Tabella 15: Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta – Zona 2

Sezione [mm ²]	Diametro Conduttore d [mm]	Diametro sull'isolante Di [mm]	Diametro esterno nominale D [mm]	Massa indicativa del cavo [kg/km]	Raggio di Curvature [mm]	Resistenza a trifoglio @ 90 °C [Ω/km]	Reattanza a trifoglio @ 50 Hz [Ω/km]
120	12,9	27,4	36	1040	470	0,3330	0,130
300	20,8	34,7	44	1749	590	0,1360	0,110

630	30,5	45,6	56	3130	760	0,0739	0,099
-----	------	------	----	------	-----	--------	-------

Di seguito una tabella riepilogativa con le perdite ricavate a partire dalle caratteristiche del cavo e dalla configurazione d'impianto:

Tabella 16: Perdite Impianto – Zona 2

Impianto	1						2					
	03-04	04-CR	11-12	12-13	13-CR	Linea1	05-06	06-CR	14-15	15-16	16-CR	Linea2
Caduta di Tensione [V] [%]	61,95 (0,21)	5,81 (0,02)	43,37 (0,14)	87,13 (0,29)	302,95 (1,01)	23,31 (0,08)	61,95 (0,21)	145,22 (0,48)	61,95 (0,21)	69,70 (0,23)	605,89 (2,02)	23,31 (0,08)
Potenza Dissipata [W] [%]	14,76 (0,25)	2,41 (0,02)	10,33 (0,17)	36,17 (0,30)	162,13 (0,90)	30,71 (0,10)	14,76 (0,25)	60,28 (0,50)	14,76 (0,25)	28,93 (0,24)	324,26 (1,80)	30,71 (0,10)

Come si può evincere dalla tabella:

- la c.d.t. totale dell'impianto 1 stimata è pari a:

$$\Delta V = 524,52 (1,75 \%) < 1200 \text{ V } (4 \%)$$

- la c.d.t. totale dell'impianto 2 stimata è pari a:

$$\Delta V = 968,04 (3,23 \%) < 1200 \text{ V } (4 \%)$$

Per quanto riguarda la potenza dissipata, per entrambi gli impianti il valore è nell'intorno del 4 %.

10 SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE IMPIANTO EOLICO

Si riporta di seguito un estratto dello schema unifilare dell'impianto eolico in esame. Per maggiori dettagli, si rimanda alla tavola "EO.CLB01.PD.H.05.1- Schema Elettrico Unifilare".

PARCO EOLICO

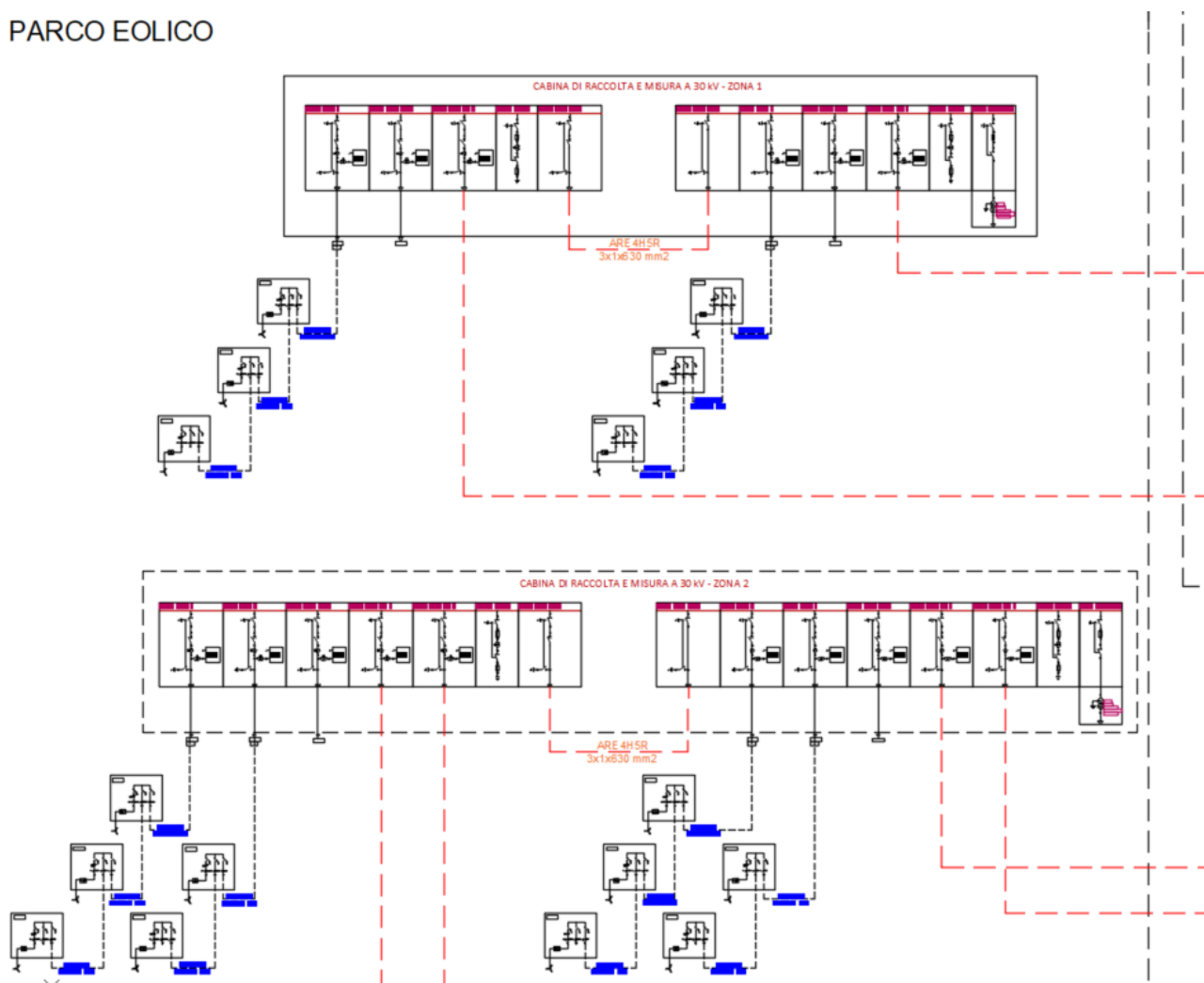


Figura 17: Estratto Schema Elettrico Unifilare