

# REGIONE BASILICATA

PROVINCIA DI MATERA

## COMUNE DI IRSINA

LOCALITÀ SAN MARCO FORGIONE

Oggetto:

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI IRSINA COSTITUITO DA 8 AEROGENERATORI DI POTENZA TOTALE PARI A 36,0 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

Sezione:

**A.16.b – ELABORATI GRAFICI DI IMPIANTO**

Elaborato:

**RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

Nome file stampa:

**EO.IRS01.PD.A.16.b.3.pdf**

Codifica Regionale:

EO.IRS01.PD.A.16.b.3

Scala:

Formato di stampa:

**A4**

Nome elaborato:

**EO.IRS01.PD.A.16.b.3**

Tipologia:

**R**

Proponente:

**E-WAY GREEN S.r.l.**

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 16774521005



**E-WAY GREEN S.R.L.**  
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 - Roma  
C.F./P.Iva 16774521005  
PEC: e-waygreensrl@legalmail.it

Progettista:

**E-WAY GREEN S.r.l.**

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 16774521005



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
EO.IRS01.PD.A.16.b.3	00	04/2023	O. De Rosa	A. Bottone	A. Bottone

E-WAY GREEN S.r.l.

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





**RELAZIONE DI CALCOLO  
PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	2 di 37

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>UBICAZIONE ED ACCESSI .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>CABINA DI RACCOLTA E MISURA.....</b>	<b>11</b>
4.1	Caratteristiche apparati .....	12
4.2	Servizi Ausiliari.....	12
4.3	Control Room – Sistema di Monitoraggio .....	13
<b>5</b>	<b>MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA .....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>AEROGENERATORE .....</b>	<b>14</b>
6.1	Generatore.....	14
6.2	Convertitore di Frequenza AC/AC .....	14
6.3	Trasformatore MT/BT .....	15
6.4	Cavo MT.....	15
6.5	Apparato di Interruzione e Protezione .....	16
6.6	Servizi Ausiliari.....	16
<b>7</b>	<b>LINEE MT DI INTERCONNESSIONE .....</b>	<b>17</b>
7.1	Tipologia Cavi.....	21
7.2	Tipologia Posa .....	22
<b>8</b>	<b>DIMENSIONAMENTO CAVI MT .....</b>	<b>25</b>
8.1	Wtg1-Wtg2 .....	26
8.2	Wtg2-Wtg3 .....	27
8.3	Wtg3-CR.....	28
8.4	Wtg4-Wtg5 .....	29
8.5	Wtg5-Wtg6 .....	30
8.6	Wtg6-Wtg7 .....	31
8.7	Wtg7-Wtg8 .....	32



**RELAZIONE DI CALCOLO  
PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	3 di 37

<b>8.8</b>	<b>Wtg8-CR.....</b>	<b>33</b>
<b>8.9</b>	<b>CR-SE .....</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>RIEPILOGO.....</b>	<b>35</b>
<b>10</b>	<b>SCHEMA UNIFILARE .....</b>	<b>37</b>



**RELAZIONE DI CALCOLO  
PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	4 di 37

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento Progetto Eolico su IGM (1:25000) .....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2 Quadro di Raccolta e Misura, Vista frontale .....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3 Quadro di Raccolta e Misura, Planimetria .....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4: Suddivisione Zonale dell'Impianto Eolico su Ortofoto .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5 Collegamento CR con SE RTN "Oppido" .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6 Schema unifilare di impianto .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7 Cavo unipolare ARE4H5E 18/30 kV .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8: Modalità di Posa (CEI 11-17) .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 9 Sezione cavi direttamente interrati .....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 10 Sezione cavi in canalizzazione metallica con percorso orizzontale .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 11 unifilare con cavi in progetto .....</i>	<i>37</i>



**RELAZIONE DI CALCOLO  
PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	5 di 37

## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Coordinate aereogeneratori</i> .....	10
<i>Tabella 2 Caratteristiche elettriche Generatore</i> .....	14
<i>Tabella 3 Caratteristiche elettriche Convertitore</i> .....	14
<i>Tabella 4 Caratteristiche elettriche Trasformatore MT/BT</i> .....	15
<i>Tabella 5 Caratteristiche elettriche Cavo MT interno</i> .....	15
<i>Tabella 6 Caratteristiche elettriche Interruttore MT</i> .....	16
<i>Tabella 7 Principali contributi all'autoconsumo</i> .....	16
<i>Tabella 8 Elenco tratte elettriche di progetto</i> .....	20
<i>Tabella 9 Caratteristiche elettriche cavo ARE4H1R 18/30 kV</i> .....	21
<i>Tabella 10 Riepilogo tratte in cavo</i> .....	35
<i>Tabella 11 Caratteristiche meccaniche cavi</i> .....	35



**RELAZIONE DI CALCOLO  
PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	6 di 37



**RELAZIONE DI CALCOLO  
PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	7 di 37

## **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 "San Marco Forgione", sito nel Comune di Irsina (MT).

In particolare, il progetto è relativo ad un impianto eolico di potenza totale pari a 36,0 MW e costituito da:

- 8 aerogeneratori di potenza nominale 4,5 MW, diametro di rotore 163 m e altezza al mozzo 113 m (del tipo Vestas V163 o assimilabili);
- una cabina di raccolta e smistamento;
- linee elettriche a 36 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione degli aerogeneratori alla cabina di raccolta e misura;
- linee elettriche a 36 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione della cabina di raccolta e smistamento alla sezione a 36 kV del futuro ampliamento della stazione elettrica 380/150/36 kV RTN situata nel Comune di Oppido Lucano (PZ).

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way Green S.r.l., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina 4, 00186 Roma, P.IVA 16774521005.

## 2 INTRODUZIONE

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

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che la centrale venga collegata in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV denominata "Oppido";

previa realizzazione di:

- una nuova SE di Smistamento della RTN a 150 kV, denominata "Avigliano", da inserire in entra – esce alle linee RTN a 150 kV della RTN "Avigliano – Potenza" e "Avigliano – Avigliano C.S.;
- due nuovi elettrodotti della RTN a 150 kV di collegamento tra la nuova SE suddetta e la SE RTN Vaglio;
- un nuovo elettrodotto a 150 kV tra la SSE Campomaggiore e la CP Tricarico, previsto dal Piano di Sviluppo Terna (Intervento 532-P).

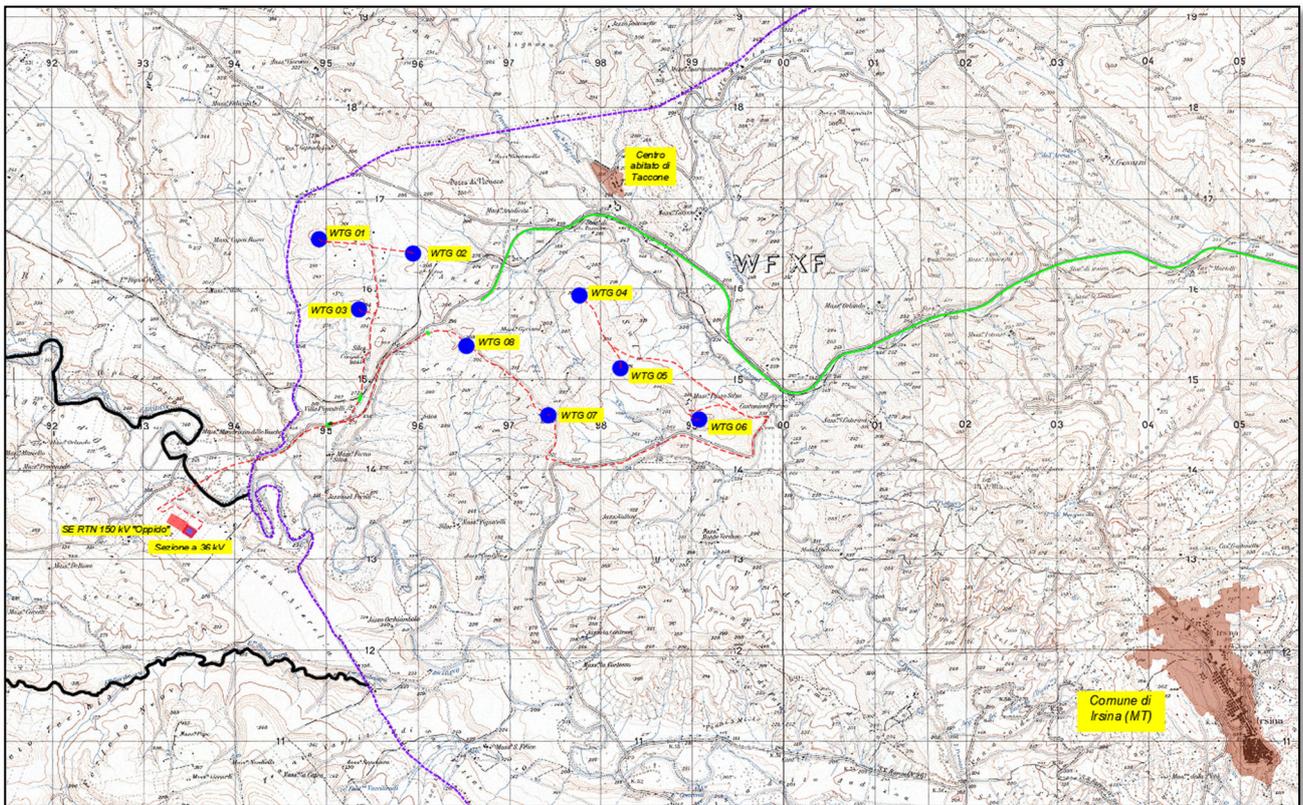
## 3 UBICAZIONE ED ACCESSI

L'alternativa progettuale prevede la realizzazione di un parco eolico costituito da 8 aerogeneratori (successivamente denominati da WTG1 a WTG8) sito in agro nel Comune di Irsina (MT) in località denominata "San Marco Forgione".

L'orografia della zona di sviluppo è tipicamente collinare con quote variabili dai 300 ai 350 m.s.l.m.

Le turbine sono localizzate a Nord-Ovest del Comune di Irsina (MT).

L'ubicazione complessiva delle opere si rileva dall'allegato "EO.IRS01.PD.A.16.a.1.2 – COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO VIABILITÀ DI AVVICINAMENTO AL SITO SU IGM" e di cui si riporta un estratto.



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



**RELAZIONE DI CALCOLO  
PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	10 di 37

Le coordinate degli aerogeneratori di progetto sono riportate in Tabella.

ELENCO AEROGENERATORI COMUNI DI IRSINA (MT)								
WTG	COORD. WGS84 - Fuso 33		Coord. ED50 - Fuso 33		COORD. GAUSS BOAGA		Caratteristiche tecniche Aerogeneratore di progetto	
	Est	Nord	Est	Nord	Est	Nord	H.mozzo (m)	Diam. Rotore (m)
<b>WTG01</b>	594865	4516380	594924	4516573	2614863	4516378	113	163
<b>WTG02</b>	595895	4516222	595954	4516415	2615893	4516220	113	163
<b>WTG03</b>	595303	4515604	595362	4515797	2615301	4515602	113	163
<b>WTG04</b>	597716	4515758	597775	4515951	2617714	4515756	113	163
<b>WTG05</b>	598164	4514954	598223	4515147	2618162	4514952	113	163
<b>WTG06</b>	599027	4514390	599086	4514583	2619025	4514388	113	163
<b>WTG07</b>	597375	4514435	597434	4514628	2617373	4514433	113	163
<b>WTG08</b>	596479	4515201	596538	4515394	2616477	4515199	113	163

*Tabella 1: Coordinate aereogeneratori*

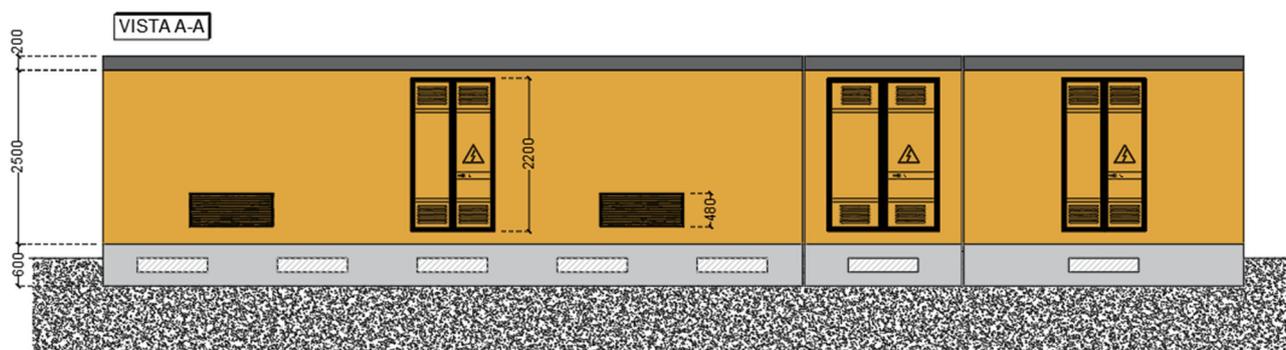
## 4 CABINA DI RACCOLTA E MISURA

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 arrivo nella cabina di raccolta e misura.

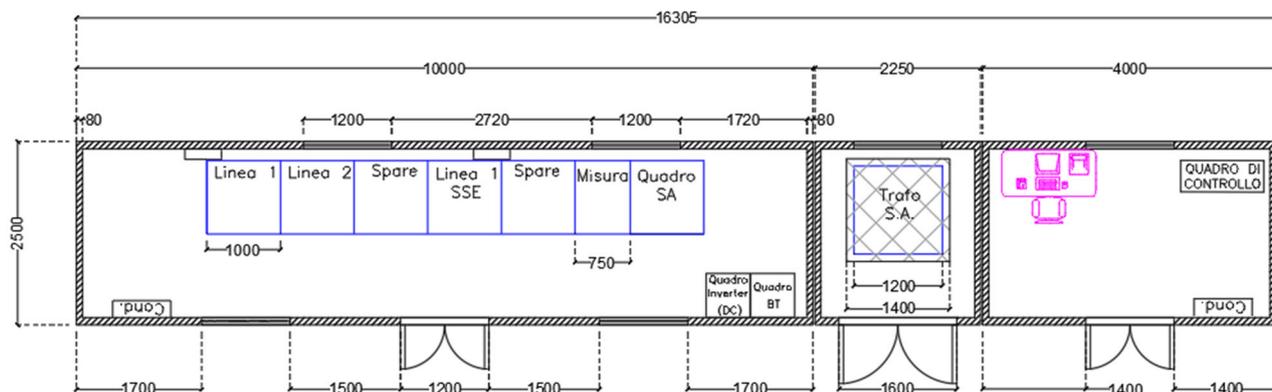
Il sistema sarà costituito da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione e il controllo dei diversi aerogeneratori.

In particolare, il sistema sarà costituito da:

- Cavi MT tra Aerogeneratori e quadro MT a 36 kV;
- Due scomparti con interruttore automatico e sezionatore a protezione della serie di aerogeneratori, collegati fra loro in modalità "entra-esci";
- Uno scomparto con interruttore automatico e sezionatore a protezione della rete a 36 kV dell'intero campo eolico, uscita verso la SE RTN;
- 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;
- Uno scomparto misura con IMS, fusibili e TV in MT.



*Figura 2 Quadro di Raccolta e Misura, Vista frontale*



**Figura 3 Quadro di Raccolta e Misura, Planimetria**

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

#### 4.1 Caratteristiche apparati

Come dati di progetto si adottano i seguenti valori:

- Tensione nominale: 36 kV
- Tensione massima: 40,5 kV
- Tensione tenuta a freq. industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): 70 kV
- Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50  $\mu$ s) (cresta): 170 kV
- Corrente nominale ammissibile c.to: 16 kA
- Tempo di estinzione del guasto: 0,5 s

Per il sistema a 36 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.

#### 4.2 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 36/0,4 kV dedicato;
- sistema raddrizzatore/inverter/batterie.



## RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	13 di 37

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

### 4.3 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.

## 5 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 corrispondenza del collegamento con la SE (RTN);
- Sul lato MT a 36 kV della SE, in corrispondenza della linea di collegamento con la Cabina di Raccolta.

## 6 AEROGENERATORE

Per il presente progetto si prevede l'utilizzo di aerogeneratori di marca Vestas, modello V163-4.5 MW, ciascuno avente potenza nominale pari a 4,5 MW, o modelli equivalenti.

### 6.1 Generatore

L'aerogeneratore monta un generatore a induzione asincrono trifase con rotore a gabbia.

Il corpo del generatore permette la circolazione dell'aria di raffreddamento all'interno dello statore e del rotore.

Lo scambio termico aria-acqua avviene in uno scambiatore di calore esterno.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche elettriche del generatore adoperato:

<i>Potenza Nominale [kW]</i>	4500
<i>Frequenza [Hz]</i>	0-100
<i>Tensione alla Velocità Nominale [V]</i>	3 x 800
<i>Numero di Poli</i>	6
<i>Velocità nominale [rpm]</i>	1450 – 1550
<i>Limite di velocità [rpm]</i>	2400

**Tabella 2 Caratteristiche elettriche Generatore**

### 6.2 Convertitore di Frequenza AC/AC

Il convertitore adotta un sistema di conversione full-scale, che controlla sia il generatore che la qualità dell'energia immessa in rete.

Il convertitore è composto da 3 unità di conversione lato macchina e 3 unità di conversione lato rete, funzionanti in parallelo con un controllore comune.

Il convertitore controlla la conversione dell'alimentazione AC, a frequenza variabile del generatore, in frequenza fissa (50 Hz) con potenza attiva e reattiva desiderata, con valori adatti alla rete elettrica di consegna.

Il convertitore si trova nella navicella e ha una tensione nominale lato rete di 720 V.

La tensione nominale lato generatore è fino a 800 V e dipende dalla velocità del generatore.

<i>Potenza Apparente [kVA]</i>	5300
<i>Tensione nominale di rete [V]</i>	3 x 720
<i>Tensione nominale del generatore [V]</i>	3 x 800

**Tabella 3 Caratteristiche elettriche Convertitore**

### 6.3 Trasformatore MT/BT

Il trasformatore MT/BT è inserito in un locale separato chiuso, sul retro della navicella.

Il trasformatore è a secco trifase, a due avvolgimenti ed autoestinguente.

Gli avvolgimenti sono collegati a triangolo sul lato ad alta tensione e a stella sul lato bassa tensione.

Il trasformatore è progettato secondo gli standard IEC, ma anche conforme a Regolamento europeo sulla progettazione ecocompatibile n. 548/2014 e n. 2019/1783 stabilito dalla Commissione europea.

Si riportano di seguito alcune informazioni chiave:

<i>Potenza Apparente [kVA]</i>	5300
<i>Potenza reattiva a vuoto [kVAr]</i>	~20
<i>Potenza reattiva sotto carico [kVAr]</i>	~550
<i>Tensione nominale lato BT [kV]</i>	0,72
<i>Tensione nominale lato MT [kV]</i>	36
<i>Frequenza [Hz]</i>	50
<i>Gruppo</i>	Dyn5

**Tabella 4 Caratteristiche elettriche Trasformatore MT/BT**

### 6.4 Cavo MT

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

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

Si riportano di seguito alcuni dati aggiuntivi:

<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 36 kV
<i>Sezione Cavo</i>	3x70 + 70 mm <sup>2</sup> (PE singolo) 3x70 + 70/3 mm <sup>2</sup>

**Tabella 5 Caratteristiche elettriche Cavo MT interno**

## 6.5 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:

<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

**Tabella 6 Caratteristiche elettriche Interruttore MT**

## 6.6 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 carichi a 400 e 230 V, 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.

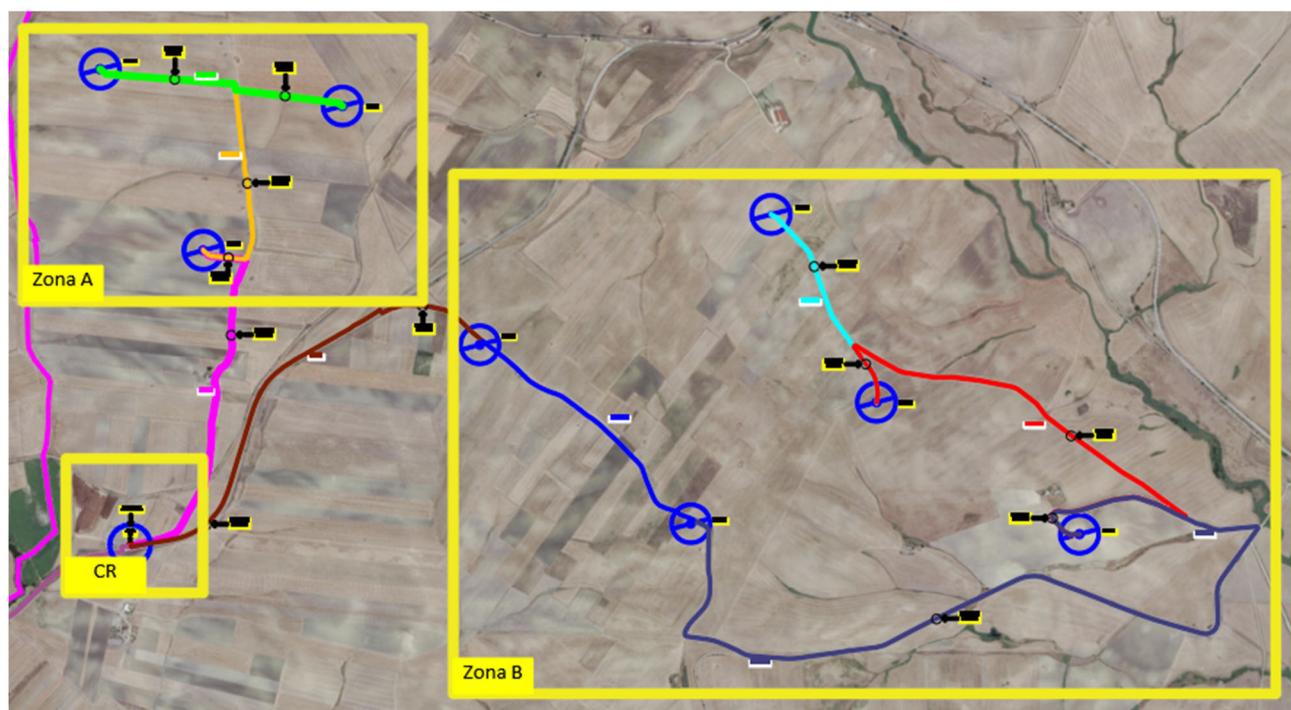
I consumi sono definiti come la potenza che è usata dalla turbina quando questa non sta fornendo energia alla rete. È definito nel sistema di controllo come "Production Generator Zero". I seguenti componenti hanno la più grande influenza in termini di consumi di un aerogeneratore. I valori indicati rappresentano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

<i>Motore Idraulico</i>	2 x 22 kW
<i>Motore per l'Imbardata</i>	Max 23 kW
<i>Ventilatori per Raffreddamento</i>	15 kW
<i>Pompe Idrauliche</i>	10,8 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

**Tabella 7 Principali contributi all'autoconsumo**

## 7 LINEE MT DI INTERCONNESSIONE

Considerando la distribuzione degli aerogeneratori nell'impianto, si riporta di seguito una ortofoto con la rappresentazione delle tratte elettriche in progetto, i collegamenti dei due macro-raggruppamenti (zona A e zona B) con la cabina di raccolta:

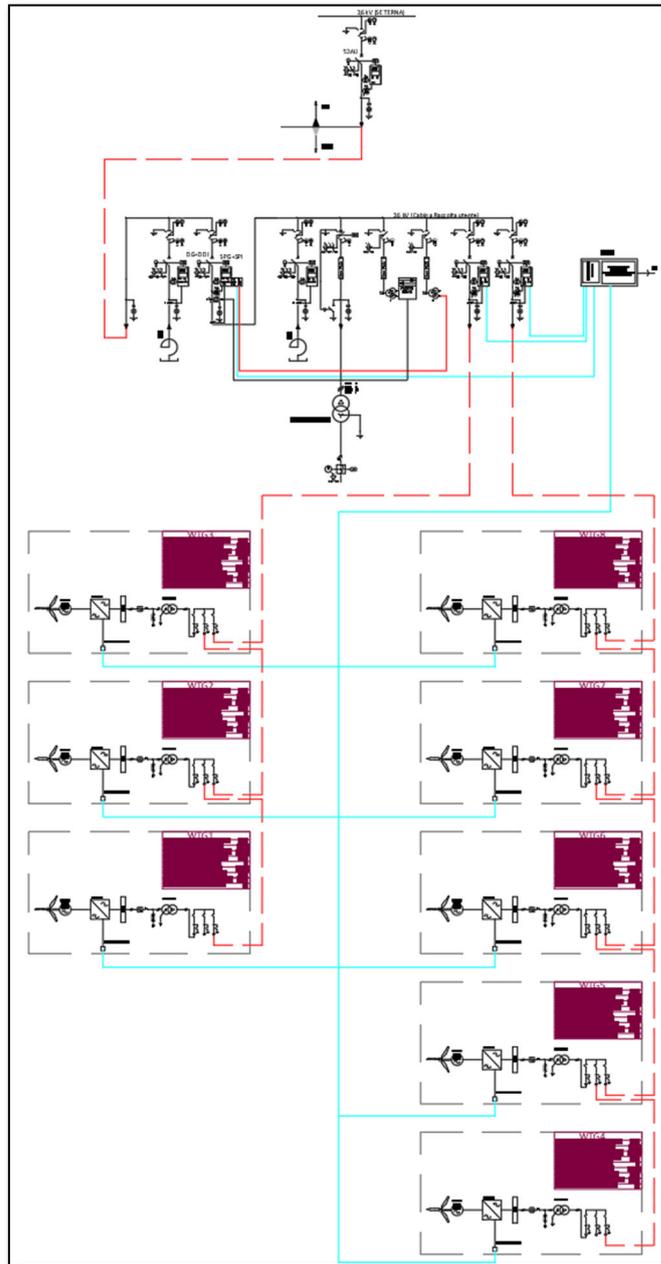


*Figura 4: Suddivisione Zonale dell'Impianto Eolico su Ortofoto*

In ogni zona, gli aerogeneratori sono collegati tra loro in “**entra-esce**” con un cavo interrato in MT.



La seguente figura è estrapolata da “EO.IRS01.PD.A.16.b.4 - SCHEMA DI COLLEGAMENTO ALLA RETE ELETTRICA” e mostra uno schema unifilare della connessione ipotizzata:



**Figura 6 Schema unifilare di impianto**

PARCO EOLICO NEL COMUNE DI IRSINA (MT) - DESCRIZIONE DEI TRATTI DI PROGETTO

Denom. Tratta	Lunghezza tratte [m]	Tratta elettrica con sfrido del 10% [m]	Scavo cavidotto [m]					
			N° Terne	Strada Asfaltata	Strada Sterrata	Terreno	Canal. sulla spalla del ponte	T.O.C.
1-a	602		1	0	0	602	0	0
a-2	462		2	0	0	432	0	0
<b>wtg1-wtg2</b>		<b>1170</b>	<b>1</b>					
a-2	462		2	0	0	432	0	0
a-b	730		1	0	0	730	0	0
b-3	200		2	0	0	200	0	0
<b>wtg2-wtg3</b>		<b>1531</b>	<b>1</b>					
b-3	200		2	0	0	200	0	0
b-cr	1450		1	0	0	1380	0	70
<b>wtg3-CR</b>		<b>1815</b>	<b>1</b>					
4-c	681		1	0	0	681	0	0
c-5	285		2	0	0	285	0	0
<b>wtg4-wtg5</b>		<b>1063</b>	<b>1</b>					
c-5	285		2	0	0	285	0	0
c-d	1670		1	0	0	1670	0	0
d-6	783		2	0	0	783	0	0
<b>wtg5-wtg6</b>		<b>3012</b>	<b>1</b>					
d-6	783		2	0	0	783	0	0
d-e	300		1	0	0	300	0	0
e-f	2618		1	0	2618	0	0	0
f-g	825		1	0	0	825	0	0
g-7	28		2	0	0	28	0	0
<b>wtg6-wtg7</b>		<b>5009</b>	<b>1</b>					
g-7	28		2	0	0	28	0	0
g-h	1212		1	0	0	1212	0	0
h-8	20		2	0	0	20	0	0
<b>wtg7-wtg8</b>		<b>1386</b>	<b>1</b>					
h-8	20		2	0	0	20	0	0
h-h2-cr	2081		1	0	0	2066	0	15
<b>wtg8-CR</b>		<b>2311</b>	<b>1</b>					
cr-i	975		2	0	0	957	0	18
i-l	25		2	0	0	0	25	0
l-m	648		2	0	0	648	0	0
m-n	42		2	0	0	0	42	0
n-o	422		2	0	0	422	0	0
o-p	600		2	600	0	0	0	0
p-SE	271		2	0	0	271	0	0
<b>CR-SE</b>		<b>3281</b>	<b>2</b>					

Tabella 8 Elenco tratte elettriche di progetto

## 7.1 Tipologia Cavi

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



Figura 7 Cavo unipolare ARE4H5E 18/30 kV

### Norma di riferimento

HD 620/IEC 60502-2

### Descrizione del cavo

#### Anima

Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio

#### Semiconduttivo interno

Mescola estrusa

#### Isolante

Mescola di polietilene reticolato (qualità DIX 8)

#### Semiconduttivo esterno

Mescola estrusa

#### Rivestimento protettivo

Nastro semiconduttore igroespandente

#### Schermatura

Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale  
( $R_{max} 3\Omega/Km$ )

#### Guaina

Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)

aventi le seguenti caratteristiche:

Tensione nominale [ $U_0$ ]	18 kV
Tensione nominale [ $U$ ]	30 kV
Tensione di prova	63 kV
Tensione massima $U_m$	36 kV
Temperatura massima di esercizio	+90°C
Temperatura massima di corto circuito	+250°C
Temperatura minima di esercizio (senza shock meccanico)	-15°C
Temperatura minima di installazione e maneggio	0°C

Tabella 9 Caratteristiche elettriche cavo ARE4H1R 18/30 kV

## 7.2 Tipologia Posa

Il cavo MT che interessa il collegamento tra il parco eolico, la cabina di raccolta e stazione 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) o in canalizzazione metallica a parete (modalità di posa E).

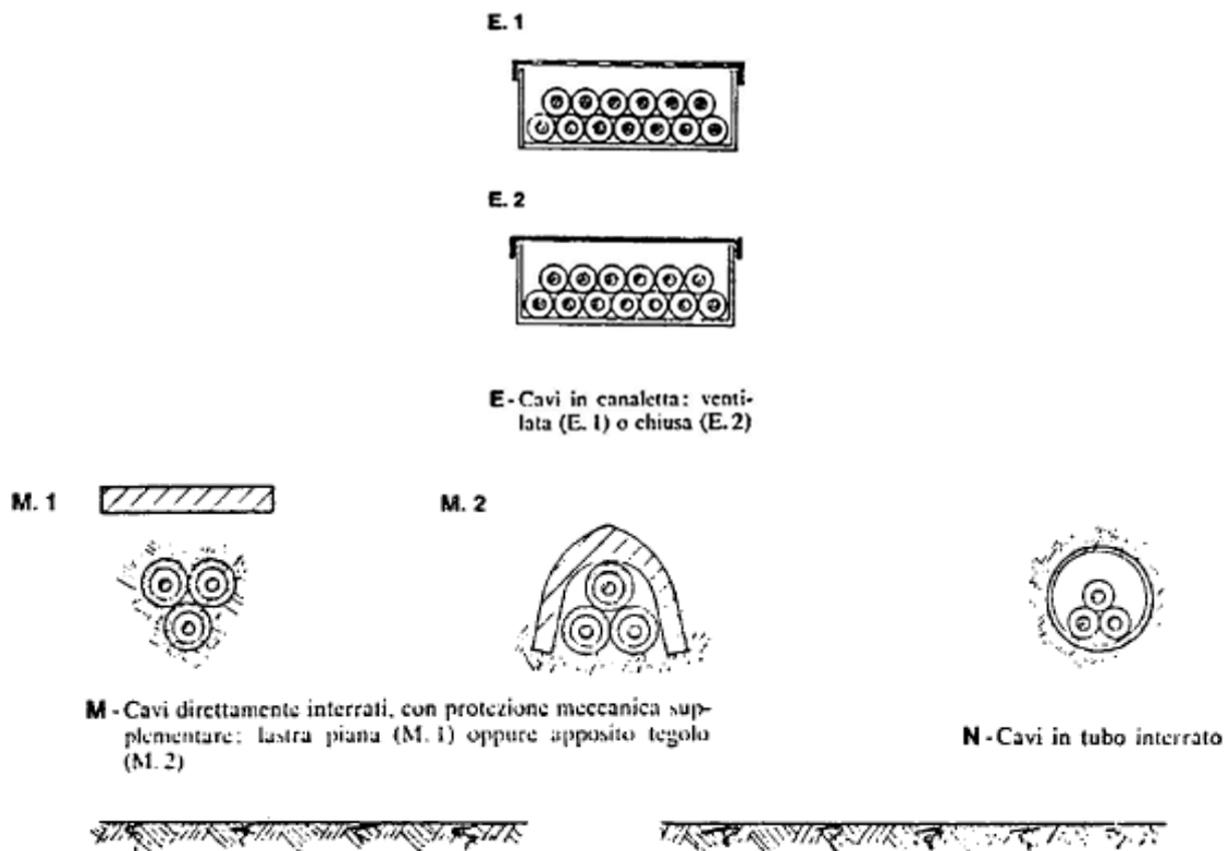


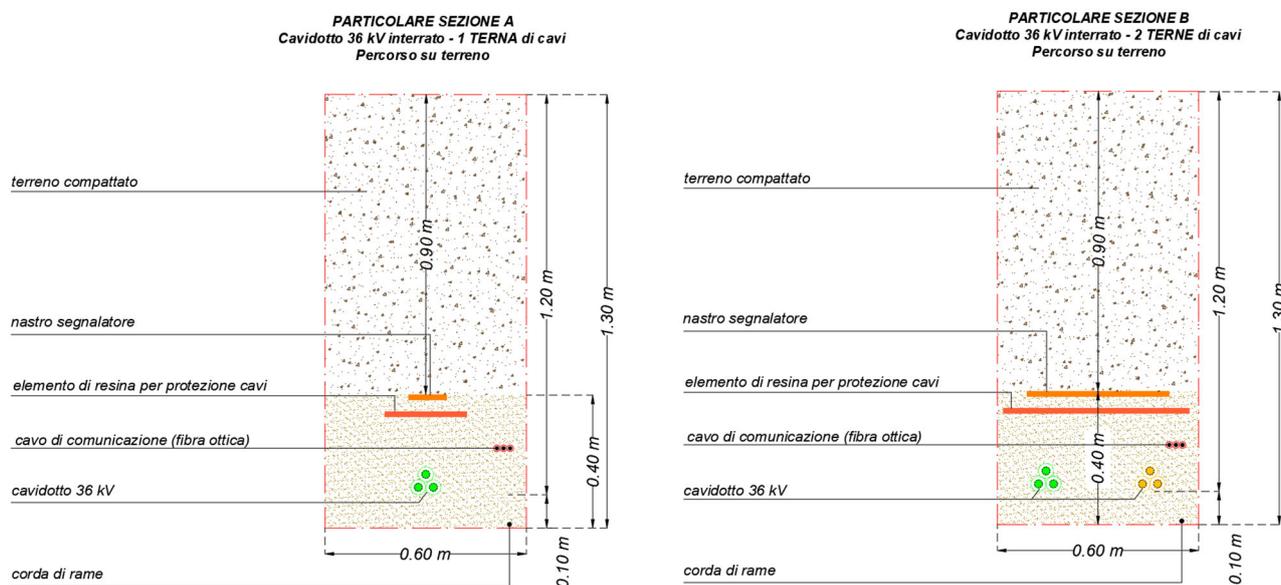
Figura 8: Modalità di Posa (CEI 11-17)

La posa verrà eseguita ad una profondità tra 1,2 – 1,5 m.

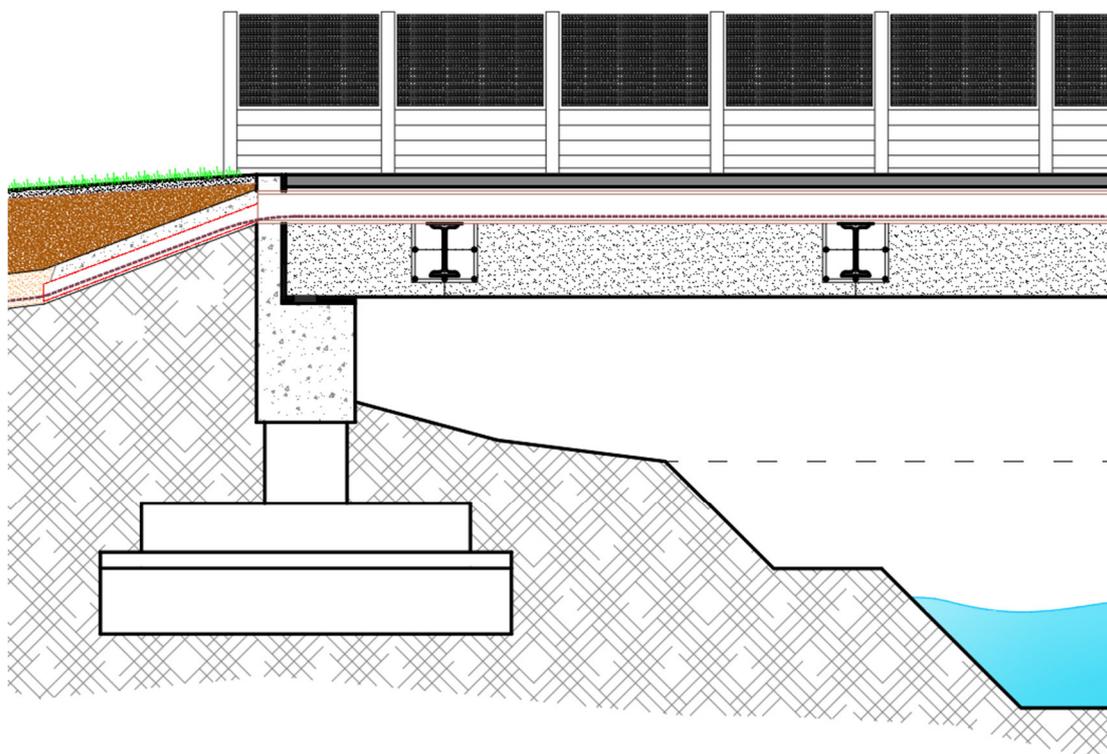
Il tracciato del cavo, che segue la viabilità prima definita, è realizzato nel seguente modo:

- 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 mm<sup>2</sup> per il rame e 35 mm<sup>2</sup> 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 9 Sezione cavi direttamente interrati**



*Figura 10 Sezione cavi in canalizzazione metallica con percorso orizzontale*

## 8 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 a temperatura ambientale diversa da 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 valore di resistività termica diverso da 100°C cm/W.

Per il criterio elettrico è necessario verificare che la massima caduta di tensione sul cavo, 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.

Si riportano, di seguito, i dati di progetto per il dimensionamento delle varie tratte di cavo, **interne** al parco (collegamento dei vari aerogeneratori con la cabina di raccolta) ed **esterne** (collegamento della cabina di raccolta con la SE RTN); ogni tratta è codificata nel formato **XX-YY**, dove:

- XX è indicata la partenza;
- YY è indicato l'arrivo.



## 8.2 Wtg2-Wtg3

Tratta di cavo, congiungente l'aerogeneratore 2 con l'aerogeneratore 3:

<b>Wtg2-Wtg3</b>																	
<b>Sistema trifase</b>																	
	<table border="1"> <tr> <th></th> <th>F-F</th> <th>F-N</th> </tr> <tr> <td>Tensione (kV)</td> <td align="center">36,00</td> <td align="center">20,78</td> </tr> <tr> <td>Potenza apparente (kVA)</td> <td align="center">9600,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potenza attiva (kW)</td> <td align="center">9024,000</td> <td></td> </tr> </table>		F-F	F-N	Tensione (kV)	36,00	20,78	Potenza apparente (kVA)	9600,00		Potenza attiva (kW)	9024,000					
	F-F	F-N															
Tensione (kV)	36,00	20,78															
Potenza apparente (kVA)	9600,00																
Potenza attiva (kW)	9024,000																
	$\cos \varphi = 0,94$ $\sin \varphi = 0,34$																
<b>Corrente impiego</b>	<b>I<sub>b</sub> (A) = 153,96</b>																
	Lunghezza tratto (km) = 1,54																
	cdt desiderata (%) = 4,00%																
<b>OK</b>	n.ro terne stesso strato = 2																
	dist. fra terne = 25 cm																
	n.ro cavi X fase = 1																
	Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo) = 120 - Al																
<b>interrato a trifoglio</b>	<b>Portata cavo I<sub>z</sub> (A) = 252,00</b>																
	<table border="1"> <tr> <th colspan="4">@60°C</th> </tr> <tr> <th>R</th> <th>X</th> <th>C</th> <th>θ<sub>est</sub></th> </tr> <tr> <td>(Ω/km)</td> <td>(Ω/km)</td> <td>(μF/km)</td> <td>(m)</td> </tr> <tr> <td align="center">0,299</td> <td align="center">0,130</td> <td align="center">0,190</td> <td align="center">0,0380</td> </tr> </table>	@60°C				R	X	C	θ <sub>est</sub>	(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)	0,299	0,130	0,190	0,0380
@60°C																	
R	X	C	θ <sub>est</sub>														
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)														
0,299	0,130	0,190	0,0380														
<b>STD</b>																	
20°	temp.posa interr.(Ktt) = 25	0,96															
100° cm/W	resist.terreno (Kr) terreno compatto umid.norm.	1,00															
80 cm	prof.posa interr. (Kp) = 125	0,96															
1	n.ro terne orizz. (Kn) = 2 terne a 25 cm	0,86															
1	coeff.utente (Kut) <i>coeff.sicurezza</i> = 0,95	0,75															
	<b>K<sub>tot</sub> = 0,75</b>																
<b>effettiva (con correzione)</b>	<b>Portata cavo I<sub>z</sub> (A) = 189,74</b>																
		<table border="1"> <tr> <th>Tipo cavo</th> <th>Al - Gomma T=250°C</th> </tr> <tr> <td>Sezione (mmq)</td> <td align="center">120</td> </tr> <tr> <td>tempo (s)</td> <td align="center">5</td> </tr> <tr> <td>I<sub>cc,max</sub> (kA) =</td> <td align="center">4,94</td> </tr> </table>	Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C	Sezione (mmq)	120	tempo (s)	5	I <sub>cc,max</sub> (kA) =	4,94							
Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C																
Sezione (mmq)	120																
tempo (s)	5																
I <sub>cc,max</sub> (kA) =	4,94																
cdt (kV)	0,1335																
cdt (%)	0,37%																
perdite potenza (kW)	32,7125																
perdite potenza (%)	0,36%																
utilizzo del cavo [I <sub>b</sub> /I <sub>z</sub> ] (%)	81%																

### 8.3 Wtg3-CR

Tratta di cavo, congiungente l'aerogeneratore 3 con la cabina di raccolta:

<b>Wtg3-CR</b>													
<b>Sistema trifase</b>													
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>F-F</td> <td>F-N</td> </tr> <tr> <td>Tensione (kV)</td> <td>36,00</td> <td>20,78</td> </tr> <tr> <td>Potenza apparente (kVA)</td> <td>14400,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potenza attiva (kW)</td> <td>13536,000</td> <td></td> </tr> </table>		F-F	F-N	Tensione (kV)	36,00	20,78	Potenza apparente (kVA)	14400,00		Potenza attiva (kW)	13536,000	
	F-F	F-N											
Tensione (kV)	36,00	20,78											
Potenza apparente (kVA)	14400,00												
Potenza attiva (kW)	13536,000												
	$\cos \varphi = 0,94$ $\sin \varphi = 0,34$												
<b>Corrente impiego</b>	<b>Ib (A) = 230,94</b>												
	Lunghezza tratto (km) = 1,82												
	cdt desiderata (%) = 4,00%												
<b>OK</b>	n.ro terne stesso strato = 2												
	dist. fra terne = 25 cm												
	n.ro cavi X fase = 1												
	Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo) = 240 - Al												
<b>interrato a trifoglio</b>	<b>Portata cavo Iz (A) = 367,00</b>												
<b>STD</b>													
20°	temp.posa interr.(Ktt) = 25												
100° cm/W	resist.terreno (Kr) terreno compatto umid.norm. = 1,00												
80 cm	prof.posa interr. (Kp) = 125												
1	n.ro terne orizz. (Kn) 2 terne a 25 cm = 0,86												
1	coeff.utente (Kut) coeff.sicurezza = 0,95												
	<b>Ktot = 0,75</b>												
<b>effettiva (con correzione)</b>	<b>Portata cavo Iz (A) = 276,33</b>												
cdt (kV)	0,1297												
cdt (%)	0,36%												
perdite potenza (kW)	43,5552												
perdite potenza (%)	0,32%												
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	84%												

@60°C			
R	X	C	θest
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)
0,150	0,110	0,240	0,0450

Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C
Sezione (mmq)	240
tempo (s)	5
Icc,max (kA)	9,87

#### 8.4 Wtg4-Wtg5

Tratta di cavo, congiungente l'aerogeneratore 4 con l'aerogeneratore 5:

<b>Wtg4-Wtg5</b>			
<b>Sistema trifase</b>			
	<b>F-F      F-N</b>		
Tensione (kV)	36,00      20,78		
Potenza apparente (kVA)	4800,00		
Potenza attiva (kW)	4512,000		
$\cos \varphi = 0,94$ $\sin \varphi = 0,34$			
<b>Corrente impiego</b>	<b>Ib (A) = 76,98</b>		
Lunghezza tratto (km) = 1,06			
cdt desiderata (%) = 4,00%			
<b>OK</b>	n.ro terne stesso strato	2	
	dist. fra terne	25 cm	
	n.ro cavi X fase	1	
	Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo)	50 - Al	
<b>interrato a trifoglio</b>	<b>Portata cavo Iz (A) = 152,00</b>		
<b>STD</b>			
20°	temp.posa interr.(Ktt)	25	0,96
100° cm/W	resist.terreno (Kr)	terreno compatto umid.norm.	1,00
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	125	0,96
1	n.ro terne orizz. (Kn)	2 terne a 25 cm	0,86
1	coeff.utente (Kut)	coeff.sicurezza	0,95
	<b>Ktot = 0,75</b>		
<b>effettiva (con correzione)</b>	<b>Portata cavo Iz (A) = 114,45</b>		
cdt (kV)	0,1069		
cdt (%)	0,30%		
perdite potenza (kW)	14,1360		
perdite potenza (%)	0,31%		
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	67%		
<b>@60°C</b>			
R	X	C	Øest
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)
0,750	0,150	0,140	0,0330
<b>Tipo cavo</b>		Al - Gomma T=250°C	
<b>Sezione (mmq)</b>		50	
<b>tempo (s)</b>		5	
<b>Icc,max (kA)</b>		2,06	

## 8.5 Wtg5-Wtg6

Tratta di cavo, congiungente l'aerogeneratore 5 con l'aerogeneratore 6:

<b>Wtg5-Wtg6</b>																		
<i>Sistema trifase</i>																		
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td align="center">F-F</td> <td align="center">F-N</td> </tr> <tr> <td>Tensione (kV)</td> <td align="center">36,00</td> <td align="center">20,78</td> </tr> <tr> <td>Potenza apparente (kVA)</td> <td align="center">9600,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potenza attiva (kW)</td> <td align="center">9024,000</td> <td></td> </tr> </table>		F-F	F-N	Tensione (kV)	36,00	20,78	Potenza apparente (kVA)	9600,00		Potenza attiva (kW)	9024,000						
	F-F	F-N																
Tensione (kV)	36,00	20,78																
Potenza apparente (kVA)	9600,00																	
Potenza attiva (kW)	9024,000																	
	$\cos \varphi = 0,94$ $\sin \varphi = 0,34$																	
<i>Corrente impiego</i>	<b>Ib (A) = 153,96</b>																	
	Lunghezza tratto (km) = 3,01																	
	cdt desiderata (%) = 4,00%																	
<b>OK</b>	n.ro terne stesso strato = 2																	
	dist. fra terne = 25 cm																	
	n.ro cavi X fase = 1																	
	Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo) = 120 - Al																	
<i>interrato a trifoglio</i>	<b>Portata cavo I<sub>z</sub> (A) = 252,00</b>																	
<i>STD</i>																		
20°	temp.posa interr.(Ktt) = 25	0,96																
100° cm/W	resist.terreno (Kr) terreno compatto umid.norm.	1,00																
80 cm	prof.posa interr. (Kp) = 125	0,96																
1	n.ro terne orizz. (Kn) = 2 terne a 25 cm	0,86																
1	coeff.utente (Kut) coeff.sicurezza	0,95																
	<b>Ktot = 0,75</b>																	
<i>effettiva (con correzione)</i>	<b>Portata cavo I<sub>z</sub> (A) = 189,74</b>																	
cdt (kV)	0,2610																	
cdt (%)	0,72%																	
perdite potenza (kW)	63,9381																	
perdite potenza (%)	0,71%																	
utilizzo del cavo [I <sub>b</sub> /I <sub>z</sub> ] (%)	81%																	
		<table border="1"> <tr> <td colspan="4">@60°C</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>X</td> <td>C</td> <td>θest</td> </tr> <tr> <td>(Ω/km)</td> <td>(Ω/km)</td> <td>(μF/km)</td> <td>(m)</td> </tr> <tr> <td>0,299</td> <td>0,130</td> <td>0,190</td> <td>0,0380</td> </tr> </table>	@60°C				R	X	C	θest	(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)	0,299	0,130	0,190	0,0380
@60°C																		
R	X	C	θest															
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)															
0,299	0,130	0,190	0,0380															
		<table border="1"> <tr> <td>Tipo cavo</td> <td>Al - Gomma T=250°C</td> </tr> <tr> <td>Sezione (mmq)</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>tempo (s)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>I<sub>cc,max</sub> (kA)</td> <td>4,94</td> </tr> </table>	Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C	Sezione (mmq)	120	tempo (s)	5	I <sub>cc,max</sub> (kA)	4,94								
Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C																	
Sezione (mmq)	120																	
tempo (s)	5																	
I <sub>cc,max</sub> (kA)	4,94																	

## 8.6 Wtg6-Wtg7

Tratta di cavo, congiungente l'aerogeneratore 6 con l'aerogeneratore 7:

<b>Wtg6-Wtg7</b>																	
<b>Sistema trifase</b>																	
	<table border="1"> <tr> <th></th> <th>F-F</th> <th>F-N</th> </tr> <tr> <td>Tensione (kV)</td> <td align="center">36,00</td> <td align="center">20,78</td> </tr> <tr> <td>Potenza apparente (kVA)</td> <td align="center">14400,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potenza attiva (kW)</td> <td align="center">13536,000</td> <td></td> </tr> </table>		F-F	F-N	Tensione (kV)	36,00	20,78	Potenza apparente (kVA)	14400,00		Potenza attiva (kW)	13536,000					
	F-F	F-N															
Tensione (kV)	36,00	20,78															
Potenza apparente (kVA)	14400,00																
Potenza attiva (kW)	13536,000																
	$\cos \varphi = 0,94$ $\sin \varphi = 0,34$																
<b>Corrente impiego</b>	<b>Ib (A) = 230,94</b>																
	Lunghezza tratto (km) = 5,00																
	cdt desiderata (%) = 4,00%																
<b>OK</b>	<table border="1"> <tr> <td>n.ro terne stesso strato</td> <td align="center">2</td> </tr> <tr> <td>dist. fra terne</td> <td align="center">25 cm</td> </tr> <tr> <td>n.ro cavi X fase</td> <td align="center">1</td> </tr> <tr> <td>Sezione (mm<sup>2</sup>-tipo)</td> <td align="center">240 - Al</td> </tr> </table>	n.ro terne stesso strato	2	dist. fra terne	25 cm	n.ro cavi X fase	1	Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo)	240 - Al								
n.ro terne stesso strato	2																
dist. fra terne	25 cm																
n.ro cavi X fase	1																
Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo)	240 - Al																
<b>interrato a trifoglio</b>	<b>Portata cavo Iz (A) = 367,00</b>																
<b>STD</b>																	
20°	temp.posa interr.(Ktt) = 25 → 0,96																
100° cm/W	resist.terreno (Kr) terreno compatto umid.norm. → 1,00																
80 cm	prof.posa interr. (Kp) = 125 → 0,96																
1	n.ro terne orizz. (Kn) = 2 terne a 25 cm → 0,86																
1	coeff.utente (Kut) coeff.sicurezza → 0,95																
	<b>Ktot = 0,75</b>																
<b>effettiva (con correzione)</b>	<b>Portata cavo Iz (A) = 276,33</b>																
cdt (kV)	0,3563																
cdt (%)	0,99%																
perdite potenza (kW)	119,6571																
perdite potenza (%)	0,88%																
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	84%																
	<table border="1"> <tr> <th colspan="4">@60°C</th> </tr> <tr> <th>R</th> <th>X</th> <th>C</th> <th>Θest</th> </tr> <tr> <td>(Ω/km)</td> <td>(Ω/km)</td> <td>(μF/km)</td> <td>(m)</td> </tr> <tr> <td align="center">0,150</td> <td align="center">0,110</td> <td align="center">0,240</td> <td align="center">0,0450</td> </tr> </table>	@60°C				R	X	C	Θest	(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)	0,150	0,110	0,240	0,0450
@60°C																	
R	X	C	Θest														
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)														
0,150	0,110	0,240	0,0450														
	<table border="1"> <tr> <th>Tipo cavo</th> <td>Al - Gomma T=250°C</td> </tr> <tr> <th>Sezione (mmq)</th> <td align="center">240</td> </tr> <tr> <th>tempo (s)</th> <td align="center">5</td> </tr> <tr> <th>Icc,max (kA)</th> <td align="center">9,87</td> </tr> </table>	Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C	Sezione (mmq)	240	tempo (s)	5	Icc,max (kA)	9,87								
Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C																
Sezione (mmq)	240																
tempo (s)	5																
Icc,max (kA)	9,87																

## 8.7 Wtg7-Wtg8

Tratta di cavo, congiungente l'aerogeneratore 7 con l'aerogeneratore 8:

<b>Wtg7-Wtg8</b>																	
Sistema trifase																	
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>F-F</td> <td>F-N</td> </tr> <tr> <td>Tensione (kV)</td> <td>36,00</td> <td>20,78</td> </tr> <tr> <td>Potenza apparente (kVA)</td> <td>19200,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potenza attiva (kW)</td> <td>18048,000</td> <td></td> </tr> </table>		F-F	F-N	Tensione (kV)	36,00	20,78	Potenza apparente (kVA)	19200,00		Potenza attiva (kW)	18048,000					
	F-F	F-N															
Tensione (kV)	36,00	20,78															
Potenza apparente (kVA)	19200,00																
Potenza attiva (kW)	18048,000																
	$\cos \varphi = 0,94$ $\sin \varphi = 0,34$																
Corrente impiego	Ib (A) = 307,92																
	Lunghezza tratto (km) = 1,40																
	cdt desiderata (%) = 4,00%																
OK	n.ro terne stesso strato = 2																
	dist. fra terne = 25 cm																
	n.ro cavi X fase = 1																
	Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo) = 400 - Al																
interrato a trifoglio	Portata cavo I <sub>z</sub> (A) = 470,00																
STD																	
20°	temp.posa interr.(Ktt) = 25																
100° cm/W	resist.terreno (Kr) terreno compatto umid.norm. = 1,00																
80 cm	prof.posa interr. (Kp) = 125																
1	n.ro terne orizz. (Kn) = 2 terne a 25 cm																
1	coeff.utente (Kut) coeff.sicurezza = 0,95																
	Ktot = 0,75																
effettiva (con correzione)	Portata cavo I <sub>z</sub> (A) = 353,89																
cdt (kV)	0,0951																
cdt (%)	0,26%																
perdite potenza (kW)	38,0814																
perdite potenza (%)	0,21%																
utilizzo del cavo [I <sub>b</sub> /I <sub>z</sub> ] (%)	87%																
<table border="1"> <tr> <td>Tipo cavo</td> <td>Al - Gomma T=250°C</td> </tr> <tr> <td>Sezione (mmq)</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>tempo (s)</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>I<sub>cc,max</sub> (kA) =</td> <td>16,46</td> </tr> </table>		Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C	Sezione (mmq)	400	tempo (s)	5	I <sub>cc,max</sub> (kA) =	16,46								
Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C																
Sezione (mmq)	400																
tempo (s)	5																
I <sub>cc,max</sub> (kA) =	16,46																
<table border="1"> <tr> <td colspan="4">@60°C</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>X</td> <td>C</td> <td>θ<sub>est</sub></td> </tr> <tr> <td>(Ω/km)</td> <td>(Ω/km)</td> <td>(μF/km)</td> <td>(m)</td> </tr> <tr> <td>0,096</td> <td>0,110</td> <td>0,290</td> <td>0,0510</td> </tr> </table>		@60°C				R	X	C	θ <sub>est</sub>	(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)	0,096	0,110	0,290	0,0510
@60°C																	
R	X	C	θ <sub>est</sub>														
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)														
0,096	0,110	0,290	0,0510														

### 8.8 Wtg8-CR

Tratta di cavo, congiungente l'aerogeneratore 8 con la cabina di raccolta:

<b>Wtg8-CR</b>													
<b>Sistema trifase</b>													
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td align="center">F-F</td> <td align="center">F-N</td> </tr> <tr> <td>Tensione (kV)</td> <td align="center">36,00</td> <td align="center">20,78</td> </tr> <tr> <td>Potenza apparente (kVA)</td> <td align="center">24000,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potenza attiva (kW)</td> <td align="center">22560,000</td> <td></td> </tr> </table>		F-F	F-N	Tensione (kV)	36,00	20,78	Potenza apparente (kVA)	24000,00		Potenza attiva (kW)	22560,000	
	F-F	F-N											
Tensione (kV)	36,00	20,78											
Potenza apparente (kVA)	24000,00												
Potenza attiva (kW)	22560,000												
	$\cos \varphi = 0,94$ $\sin \varphi = 0,34$												
<b>Corrente impiego</b>	<b>Ib (A) = 384,90</b>												
	Lunghezza tratto (km) = 2,30												
	cdt desiderata (%) = 4,00%												
<b>OK</b>	<table border="1"> <tr> <td>n.ro terne stesso strato</td> <td align="center">2</td> </tr> <tr> <td>dist. fra terne</td> <td align="center">25 cm</td> </tr> <tr> <td>n.ro cavi X fase</td> <td align="center">1</td> </tr> <tr> <td>Sezione (mm<sup>2</sup>-tipo)</td> <td align="center">630 - Al</td> </tr> </table>	n.ro terne stesso strato	2	dist. fra terne	25 cm	n.ro cavi X fase	1	Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo)	630 - Al				
n.ro terne stesso strato	2												
dist. fra terne	25 cm												
n.ro cavi X fase	1												
Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo)	630 - Al												
<b>interrato a trifoglio</b>	<b>Portata cavo I<sub>z</sub> (A) = 710,00</b>												
<b>STD</b>													
20°	temp.posa interr.(Ktt) = 25												
100° cm/W	resist.terreno (Kr) terreno compatto umid.norm. = 1,00												
80 cm	prof.posa interr. (Kp) = 125												
1	n.ro terne orizz. (Kn) = 2 terne a 25 cm												
1	coeff.utente (Kut) = coeff.sicurezza = 0,95												
	<b>Ktot = 0,75</b>												
<b>effettiva (con correzione)</b>	<b>Portata cavo I<sub>z</sub> (A) = 534,59</b>												
cdt (kV)	0,1416												
cdt (%)	0,39%												
perdite potenza (kW)	63,7137												
perdite potenza (%)	0,28%												
utilizzo del cavo [I <sub>b</sub> /I <sub>z</sub> ] (%)	72%												

@60°C			
R	X	C	Θ <sub>est</sub>
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)
0,062	0,099	0,360	0,0580

Tipo cavo	Al - Gomma T=250°C
Sezione (mmq)	630
tempo (s)	5
I <sub>cc,max</sub> (kA)	25,92

### 8.9 CR-SE

Tratta di cavo, congiungente la cabina di raccolta con la sezione a 36 kV della SE RTN "OPPIDO":

<b>CR-SE</b>																	
<i>Sistema trifase</i>																	
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td align="center">F-F</td> <td align="center">F-N</td> </tr> <tr> <td>Tensione (kV)</td> <td align="center">36,00</td> <td align="center">20,78</td> </tr> <tr> <td>Potenza apparente (kVA)</td> <td align="center">38400,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Potenza attiva (kW)</td> <td align="center">36096,000</td> <td></td> </tr> </table>		F-F	F-N	Tensione (kV)	36,00	20,78	Potenza apparente (kVA)	38400,00		Potenza attiva (kW)	36096,000					
	F-F	F-N															
Tensione (kV)	36,00	20,78															
Potenza apparente (kVA)	38400,00																
Potenza attiva (kW)	36096,000																
	$\cos \varphi = 0,94$ $\sin \varphi = 0,34$																
<i>Corrente impiego</i>	<b>Ib (A) = 615,84</b>																
	Lunghezza tratto (km) = 3,30																
	cdt desiderata (%) = 4,00%																
<b>OK</b>	n.ro terne stesso strato = 2																
	dist. fra terne = 25 cm																
	n.ro cavi X fase = 2																
	Sezione (mm <sup>2</sup> -tipo) = 500 - Al																
<i>interrato a trifoglio</i>	<b>Portata cavo Iz (A) = 1100,00</b>																
<i>STD</i>																	
20°	temp.posa interr. (Ktt) = 25																
100° cm/W	resist.terreno (Kr) terreno compatto umid.norm. = 1,00																
80 cm	prof.posa interr. (Kp) = 125																
1	n.ro terne orizz. (Kn) = 2 terne a 25 cm																
1	coeff.utente (Kut) = coeff.sicurezza = 0,95																
	<b>Ktot = 0,75</b>																
<i>effettiva (con correzione)</i>	<b>Portata cavo Iz (A) = 828,24</b>																
cdt (kV)	0,1871																
cdt (%)	0,52%																
perdite potenza (kW)	144,1524																
perdite potenza (%)	0,40%																
utilizzo del cavo [Ib/Iz] (%)	74%																
	<table border="1"> <tr> <td colspan="4">@60°C</td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>X</td> <td>C</td> <td>ϑest</td> </tr> <tr> <td>(Ω/km)</td> <td>(Ω/km)</td> <td>(μF/km)</td> <td>(m)</td> </tr> <tr> <td align="center">0,077</td> <td align="center">0,100</td> <td align="center">0,320</td> <td align="center">0,0540</td> </tr> </table>	@60°C				R	X	C	ϑest	(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)	0,077	0,100	0,320	0,0540
@60°C																	
R	X	C	ϑest														
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(m)														
0,077	0,100	0,320	0,0540														
	<table border="1"> <tr> <td>Tipo cavo</td> <td>Al - Gomma T<sub>2</sub> 250°C</td> </tr> <tr> <td>Sezione (mmq)</td> <td align="center">500</td> </tr> <tr> <td>tempo (s)</td> <td align="center">5</td> </tr> <tr> <td>Icc,max (kA)</td> <td align="center">20,57</td> </tr> </table>	Tipo cavo	Al - Gomma T <sub>2</sub> 250°C	Sezione (mmq)	500	tempo (s)	5	Icc,max (kA)	20,57								
Tipo cavo	Al - Gomma T <sub>2</sub> 250°C																
Sezione (mmq)	500																
tempo (s)	5																
Icc,max (kA)	20,57																

## 9 RIEPILOGO

Di seguito, la tabella riassuntiva delle tratte considerate:

Impianto "eolico IRSINA" pot.nom. 36 MW									
Denominazione tratta	Wgt1-Wtg2	Wgt2-Wtg3	Wgt3-CR	Wgt4-Wtg5	Wgt5-Wtg6	Wgt6-Wtg7	Wgt7-Wtg8	Wgt8-CR	CR-SE
Potenza attiva [kW]	4500,00	9000,00	13500,00	4500,00	9000,00	13500,00	18000,00	22500,00	36000,00
Lunghezza Linea [km]	1,17	1,54	1,82	1,06	3,01	5,00	1,40	2,30	3,30
N.ro di cavi x fase	1	1	1	1	1	1	1	1	2
N.ro di terne sullo stesso strato	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tipo cavo	ARE4H5E 18/30								
Tipo di posa prevalente	Cavi direttamente interrati (CEI 11-17 - tipo M)								
Disposizione delle terne	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio
Profondità di posa [m]	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Tipo di linea	Trifase								
Tensione di linea [kV]	36								
Corrente di impiego [A]	76,98	153,96	230,94	76,98	153,96	230,94	307,92	384,9	615,84
Sezione Cavo [mm <sup>2</sup> ]	50	120	240	50	120	240	400	630	500
Anima conduttore	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al
cdt [kV]	0,12	0,13	0,13	0,11	0,26	0,36	0,10	0,14	0,19
cdt [%]	0,33%	0,37%	0,36%	0,30%	0,72%	0,99%	0,26%	0,39%	0,52%
CDT max (da SE)	1,58%	1,25%	0,88%	3,18%	2,88%	2,16%	1,17%	0,91%	0,52%
Potenza dissipata [kW]	15,6	32,71	43,56	14,14	63,94	119,66	38,08	63,71	144,15
Potenza dissipata [%]	0,35%	0,36%	0,32%	0,31%	0,71%	0,88%	0,21%	0,28%	0,40%
Potenza impianto [MW]	36,00								
Potenza dissipata impianto [MW]	0,54								
Potenza dissipata impianto [%]	1,49%								

Tabella 10 Riepilogo tratte in cavo

In funzione del cavo scelto, si riportano nella tabella successiva le caratteristiche meccaniche:

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro Conduttore $\Theta$ [mm]	Diametro sull'isolante $\Theta_i$ [mm]	Diametro esterno nominale $\Theta_{ext}$ [mm]	Massa indicativa del cavo [kg/km]	Raggio min. di curvatura [mm]
50	8,2	25,5	34	830	450
120	12,9	27,4	36	1040	470
240	18,2	31,5	41	1480	550
400	23,8	37,9	48	2130	650
500	26,7	41	51	2550	690
630	30,5	45,6	56	3130	760

Tabella 11 Caratteristiche meccaniche cavi



**RELAZIONE DI CALCOLO  
PRELIMINARE LINEE ELETTRICHE**

CODICE	EO.IRS01.PD.A.16.b.3
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/2023
PAGINA	36 di 37

Come si evince dalla tabella:

- la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo “zona A” è pari a:

$$\text{cdt [\%]} = 1,58 (< 4)$$

- la c.d.t. totale (dalla SE RTN) del ramo “zona B” è pari a:

$$\text{cdt [\%]} = 3,18 (< 4)$$

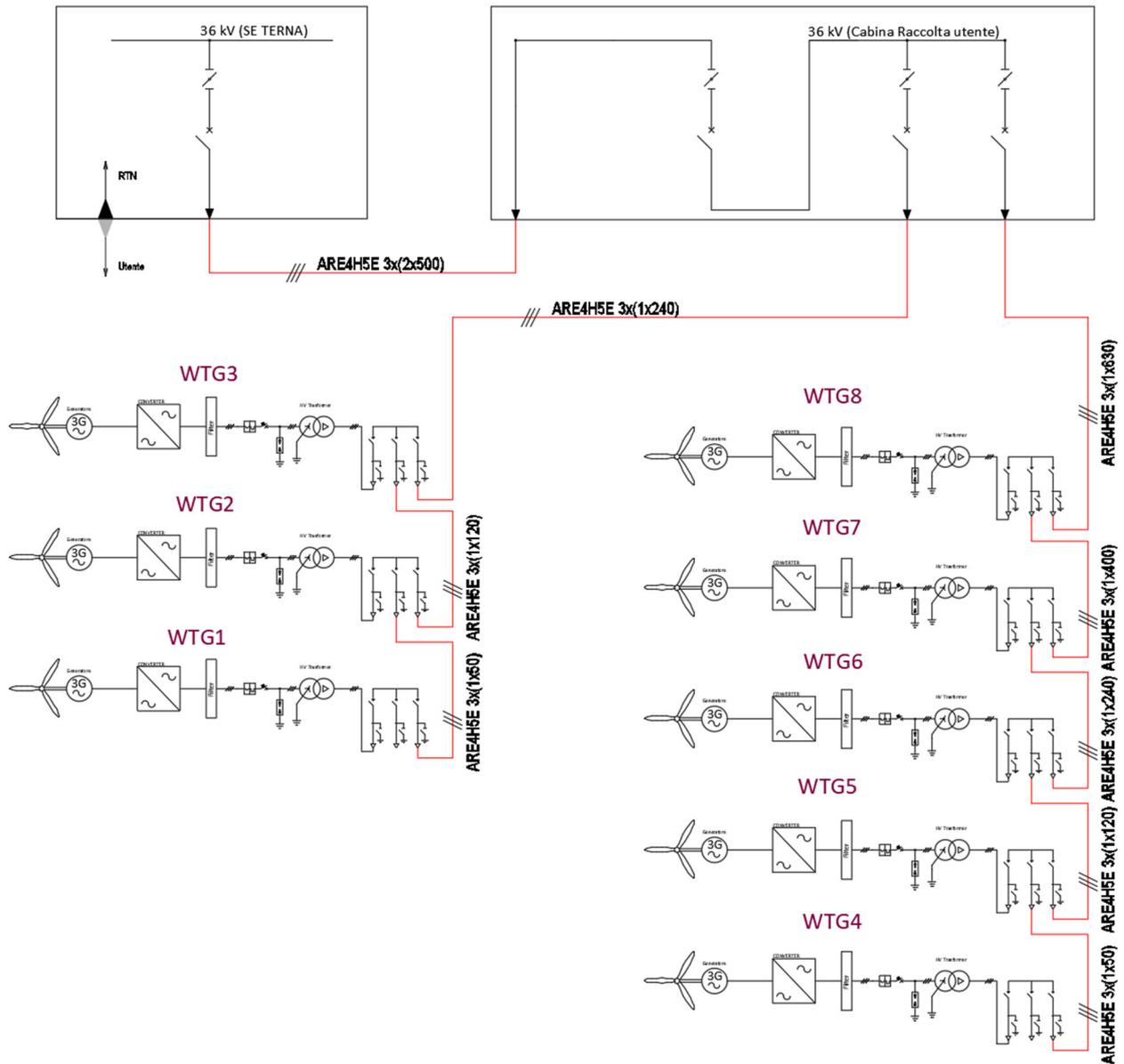
La potenza dissipata, a regime (potenza nominale di produzione), è pari a:

$$\text{Potenza dissipata [MW]} = 0,54$$

$$\text{Potenza dissipata [\%]} = 1,49$$

## 10 SCHEMA UNIFILARE

Nella figura seguente, sono state rappresentate le varie tratte, con evidenziato il tipo e la formazione dei cavi in progetto:



*Figura 11 unifilare con cavi in progetto*