

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI AGRIGENTO
COMUNI DI ARAGONA
E JOPPOLO GIANCAXIO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO NEI
COMUNI DI ARAGONA E JOPPOLO GIANCAXIO COSTITUITO DA 6 AEROGENERATORI DI
POTENZA TOTALE PARI A 43.2 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE H - ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA ELETTRICO

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTO

Nome file stampa:

EO.ARG01.PD.H.10.pdf

Codifica regionale:

RS06REL0012A0

Scala:

-

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

EO.ARG01.PD.H.10

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY GAMMA S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 17171361003



E-WAY GAMMA S.R.L.
Piazza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P. Iva 17171361003

Progettista:

E-WAY GAMMA S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 17171361003



CODICE

REV. n.

DATA REV.

REDAZIONE

VERIFICA

VALIDAZIONE

EO.ARG01.PD.H.10

00

10/2023

A. Rubini

M. Oliviero

A. Bottone

INDICE

1	PREMESSA	4
2	INTRODUZIONE.....	5
3	UBICAZIONE ED ACCESSI.....	6
4	CABINA DI RACCOLTA	8
4.1	Sala quadri MT	10
4.2	Locale Trasformatore S.A. e locale misura.....	11
4.3	Locale Gruppo elettrogeno.....	12
4.4	Control Room e sistemi di comunicazione	12
5	AEROGENERATORE	14
5.1	Generatore.....	14
5.2	Convertitore di Frequenza AC/AC	14
5.3	Trasformatore MT/BT	15
5.4	Cavo MT.....	15
5.5	Apparato di Interruzione e Protezione.....	16
5.6	Servizi Ausiliari.....	16
6	LINEE MT DI INTERCONNESSIONE	17
6.1	Tipologia Cavi.....	21
6.2	Tipologia Posa	22
7	DIMENSIONAMENTO CAVI MT.....	24
7.1	WTG01 – CR	25
7.2	WTG02-CR.....	26
7.3	WTG03-CR.....	27
7.4	WTG04-CR.....	28
7.5	WTG05-WTG04.....	29
7.6	WTG06-WTG05.....	30
7.7	CR-SE 30/150 kV	31

8	RIEPILOGO.....	32
----------	-----------------------	-----------

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento Progetto Eolico su IGM (1:25000)</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 Layout della CR (pianta e sezione)</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3 Quadri MT.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4 Locale trasformatore S.A. e locale misura</i>	<i>11</i>
<i>Figura 5 Schema di principio dell'apparecchiatura di Misura Energia.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6 Locale GE.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 7 Control ROOM.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 9 Tratte elettriche dell'Impianto Eolico su Ortofoto</i>	<i>17</i>
<i>Figura 10 Collegamento CR con SSTN – condominio A</i>	<i>18</i>
<i>Figura 11 Schema unifilare di impianto</i>	<i>19</i>
<i>Figura 12 Cavo unipolare ARE4H5E 18/30 kV.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 13: Modalità di Posa (CEI 11-17).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 14 Sezione cavi direttamente interrati.....</i>	<i>23</i>

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	3 di 32

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Coordinate aereogeneratori</i>	<i>7</i>
<i>Tabella 2 Caratteristiche elettriche del Generatore</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 3 Caratteristiche elettriche del Convertitore</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 4 Caratteristiche elettriche Trasformatore MT/BT</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 5 Caratteristiche elettriche Cavo MT interno</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 6 Caratteristiche elettriche Interruttore MT.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 7 Principali contributi all'autoconsumo</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 8 Elenco tratte elettriche di progetto.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 9 Caratteristiche elettriche cavo ARE4H5E 18/30 kV.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 10 Riepilogo tratte in cavo.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 11 Caratteristiche meccaniche cavi</i>	<i>32</i>

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	4 di 32

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 "Aragona-Joppolo Giancaxio", sito tra i Comuni di Aragona (AG) e Joppolo Giancaxio (AG).

In particolare, il progetto è relativo ad un impianto eolico di potenza totale pari a 43.2 MW e costituito da:

- n. 6 aerogeneratori di potenza nominale 7.2 MW, di diametro di rotore 162 m e di altezza al mozzo 119 m, assimilabili al tipo Vestas V162;
- n. 1 cabina di raccolta in media tensione a 30 kV;
- linee elettriche in media tensione a 30 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione degli aerogeneratori alla cabina di raccolta;
- linee elettriche in media tensione a 30 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione della cabina di raccolta e la stazione elettrica di utente;
- una stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV utente;
- una sezione di impianto elettrico comune con altri impianti produttori, costituita da due aree elettriche contenenti apparecchiature alla tensione di 150 kV, necessarie alla condivisione delle opere di connessione alla rete di trasmissione nazionale (RTN);
- una linea elettrica in alta tensione a 150 kV in cavo interrato per l'interconnessione con le opere di rete, costituita da due tratti distinti;
- uno stallo in alta tensione a 150 kV, assegnato dal gestore della all'interno della stazione elettrica della RTN denominata "FAVARA 220/150 kV", costituito dalle apparecchiature elettromeccaniche di competenza utente e di competenza Terna S.p.A..

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-WAY GAMMA S.r.l., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina 4, 00186 Roma, P.IVA 17171361003.

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	5 di 32

2 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la descrizione ed il dimensionamento degli impianti elettrici di utente in media tensione necessari per l'interconnessione dei vari aerogeneratori alla cabina di raccolta e dalla cabina di raccolta alla stazione elettrica di trasformazione di utente.

In generale per la connessione dell'impianto alla RTN lo schema di allacciamento prevede che la centrale venga collegata in antenna a 150 kV con la stazione elettrica di trasformazione (SE) della Rete di Trasmissione Nazionale 220/150 di Favara (cod. pratica: 202001728). Terna ha chiesto agli impianti produttori di condividere lo stallo 150 kV nella SE della RTN 150 kV di Favara.

Le opere di utenza condivise con altri produttori che dovranno essere autorizzate e realizzate sono dettagliate nell'elaborato "EO.ARG01.PD.H.12 - RELAZIONE DELLE OPERE DI CONNESSIONE"

In questo elaborato saranno sviluppate le caratteristiche elettriche dell'impianto di utenza, inteso costituito dagli aerogeneratori, linee in cavo MT per il collegamento delle turbine alla cabina di raccolta, linee in cavo MT per il collegamento della cabina di raccolta alla SSTN SORGENIA.

3 UBICAZIONE ED ACCESSI

Il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico costituito da 6 aerogeneratori (successivamente denominati da WTG 01 a WTG 06) sito nei comuni di Aragona (AG) e Joppolo Giancaxio (AG).

L'ubicazione complessiva delle opere si rileva dall'allegato "EO.ARG01.PD.B.02.1 – INQUADRAMENTO GENERALE SU IGM 1:25.000 E COORDINATE" di cui si riporta un estratto.

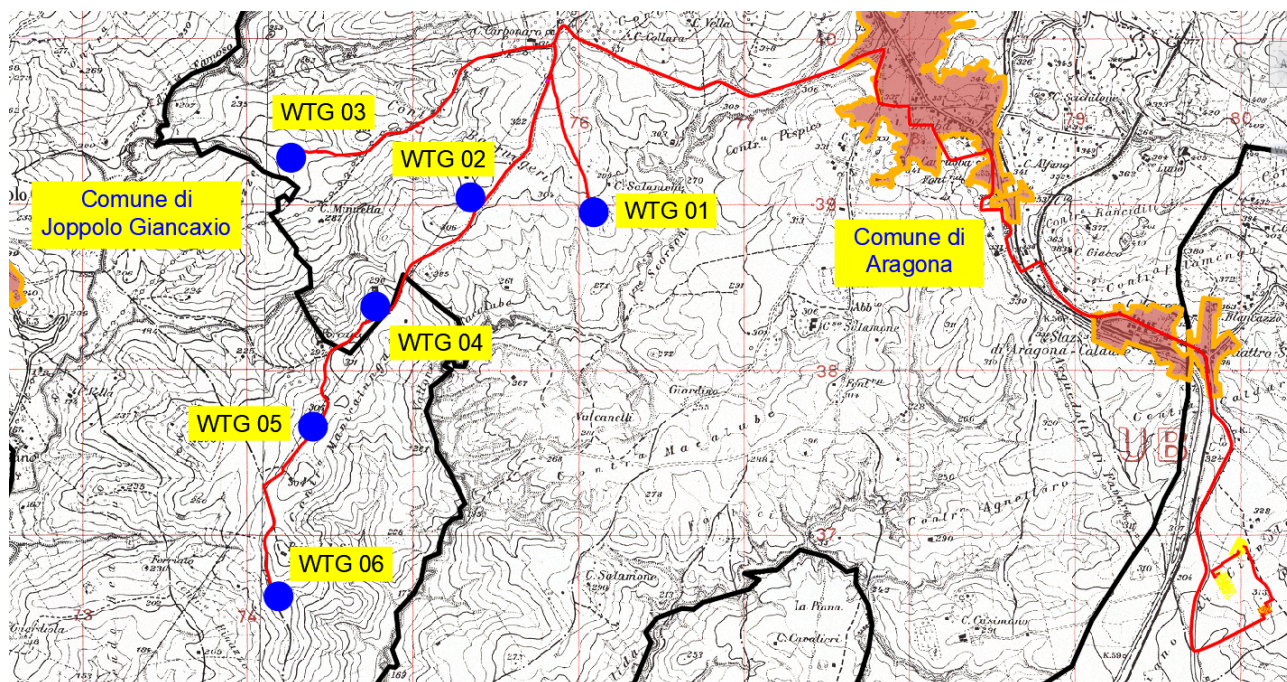


Figura 1: Inquadramento Progetto Eolico su IGM (1:25000)

Le coordinate degli aerogeneratori di progetto sono riportate in Tabella.

ID WTG	LONGITUDINE	LATITUDINE	EST	NORD
WTG01	13.600729°	37.387004°	376129	4138724
WTG02	13.591324°	37.388047°	375298	4138852
WTG03	13.579046°	37.390054°	374214	4139091
WTG04	13.584942°	37.382031°	374723	4138193
WTG05	13.580808°	37.375438°	374346	4137467
WTG06	13.578633°	37.366173°	374138	4136442

Tabella 1: Coordinate aereogeneratori

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	8 di 32

4 CABINA DI RACCOLTA

Considerando la distribuzione degli aerogeneratori e la potenza complessiva in gioco, l'ipotesi di collegamento alla cabina di raccolta è stato sviluppato come di seguito descritto:

- 1) WTG01 in collegamento diretto alla C.R.;
- 2) WTG02 in collegamento diretto alla C.R.;
- 3) WTG03 in collegamento diretto alla C.R.;
- 4) WTG06; WTG05; WTG04 collegate con configurazione in entra – esce tra di loro;
- 5) WTG04 in collegamento diretto alla C.R.

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

In particolare, il sistema potrebbe essere realizzato mediante strutture MONOBLOCCO in C.A.V., ottenute con un unico getto, che realizza il pavimento, le tre pareti laterali e la soletta di copertura, al quale viene fissata una parete laterale di tamponamento.

Ogni struttura prevede un basamento di fondazione realizzato da una struttura prefabbricata monoblocco di tipo "a vasca" in grado di garantire la massima flessibilità per quanto riguarda la distribuzione dei cavi all'interno della cabina elettrica e al tempo stesso assicurare una corretta distribuzione dei carichi sul terreno.

Si fa presente che potrebbe essere considerata una realizzazione differente da quella su riportata per esigenze che saranno valutate nel livello di progettazione esecutiva.

Per i dettagli geometrici si fa riferimento all'elaborato del progetto definitivo: "EO.ARG01.PD.H.08 – PIANTE E PROSPETTI DELLA CABINA DI RACCOLTA IMPIANTO EOLICO"

Il progetto prevede l'esigenza di avere 4 strutture affiancate, con le seguenti caratteristiche:

- 1) Sala quadri MT;
- 2) Locale Trasformatore S.A. e locale misura;
- 3) Locale Gruppo elettrogeno;
- 4) Control Room e sistemi di comunicazione con TSO

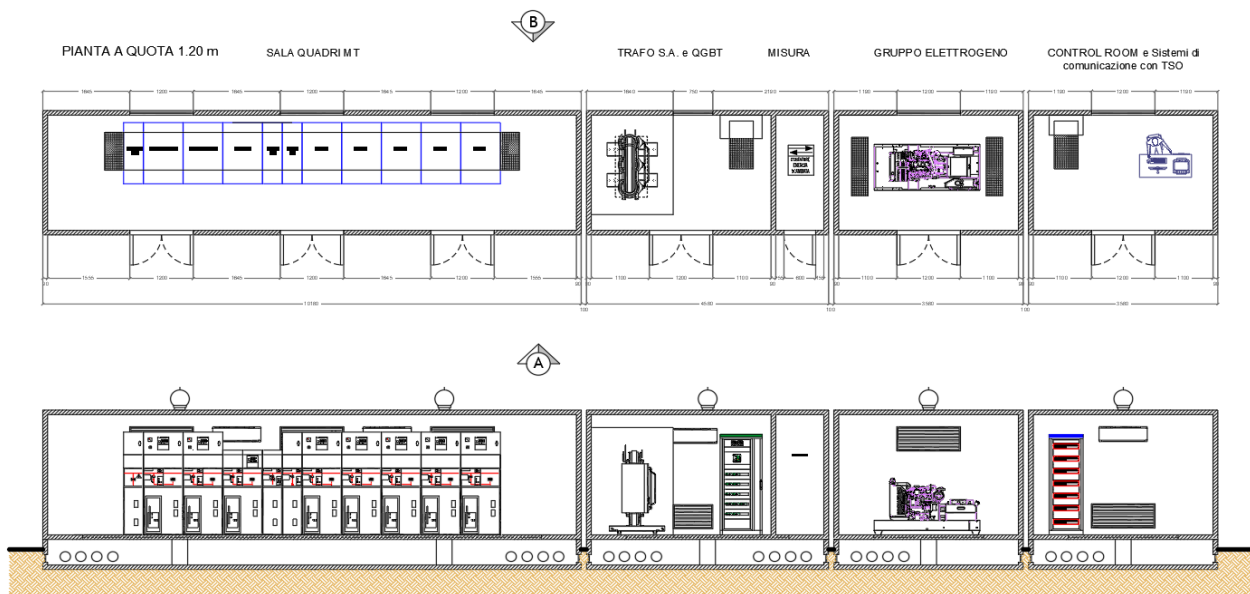


Figura 2 Layout della CR (pianta e sezione)

4.1 Sala quadri MT

Il locale conterrà il quadro MT, così composto:



Figura 3 Quadri MT

1. Unità arrivo linea o partenza con sezionatore di messa a terra;
2. N° 2 interruttore con sezionatore di isolamento, TA, TV e uscita cavi per partenza verso SSTN;
3. Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA e uscita cavi, per reattore shunt per rispetto del vincolo sulla potenza reattiva scambiata con la SE RTN;
4. Unità risalita sbarre destra o sinistra con TA e TV, per misuratore energia scambiata;
5. Unità protezione trasformatore con IMS combinato con fusibili, per l'alimentazione BT dei servizi ausiliari;
6. Unità misure, con TV fase-terra per la misura sulla barra MT della tensione omopolare;
7. N°4 Unità interruttore con sezionatore di isolamento, TA, TV e uscita cavi, per la protezione di linea di ogni collegamento con gli aerogeneratori.

Caratteristiche elettriche delle apparecchiature:

- | | |
|---|--------|
| 8. Tensione nominale: | 30 kV |
| 9. Tensione massima: | 36 kV |
| 10. Tensione tenuta a freq. industriale (1 minuto 50 Hz) (valore efficace): | 70 kV |
| 11. Tensione a impulso atmosferico (onda 1,2 / 50 µs) (cresta): | 170 kV |
| 12. Corrente nominale ammissibile c.to: | 20 kA |
| 13. Tempo di estinzione del guasto: | 1 s |

4.2 Locale Trasformatore S.A. e locale misura

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 un trasformatore 30/0,4 kV dedicato (potenza nominale 50 kVA).

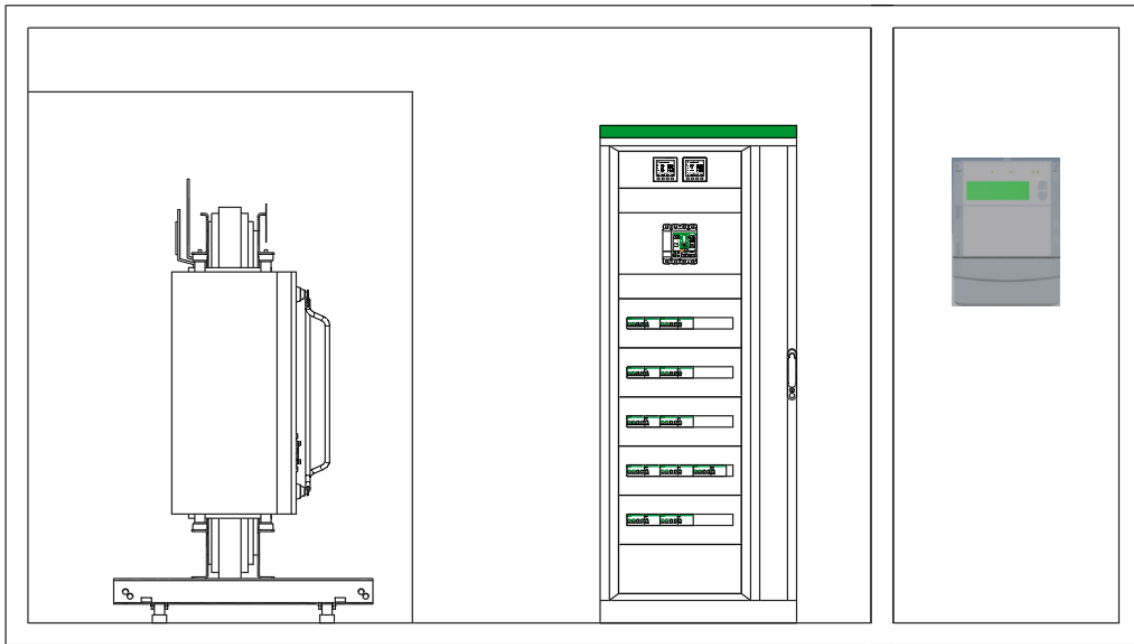


Figura 4 Locale trasformatore S.A. e locale misura

All'interno del locale trasformatore sarà presente anche il quadro generale BT.

Nella stessa struttura, affiancato al locale trasformatore, è previsto il locale misura (qualora richiesta) con i relativi apparati:

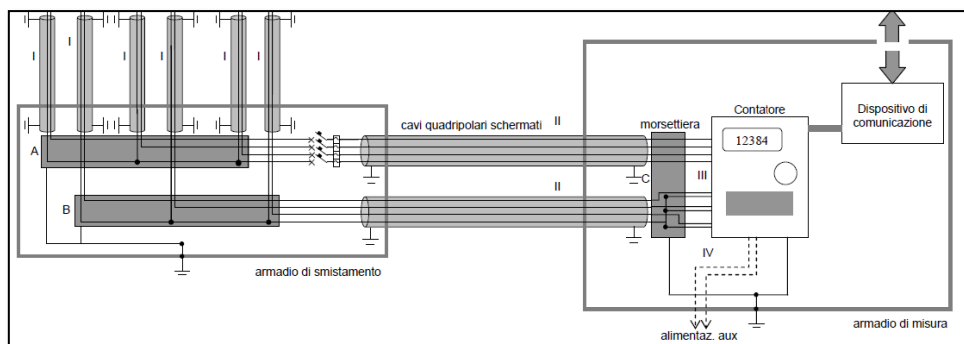


Figura 5 Schema di principio dell'apparecchiatura di Misura Energia

4.3 Locale Gruppo elettrogeno

Nel locale è prevista l'installazione di un gruppo elettrogeno diesel, per funzionamento in emergenza, con potenza nominale di **25 kVA**, con serbatoio incorporato, con una tensione di uscita trifase 230/400 V, con QUADRO DI CONTROLLO AUTOMATICO ACP.

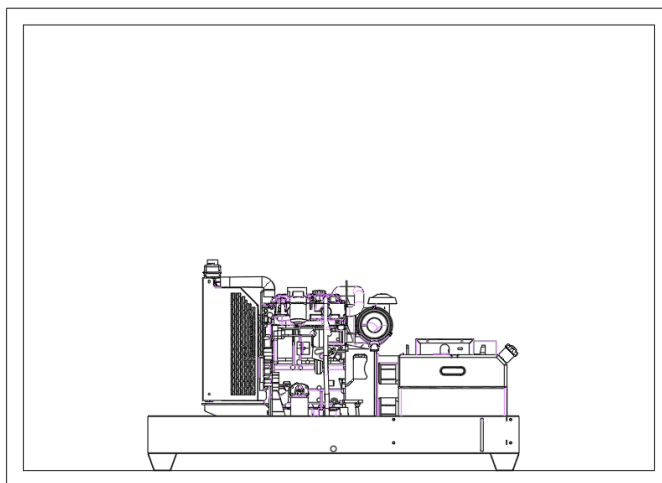


Figura 6 Locale GE

4.4 Control Room e sistemi di comunicazione

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:

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

Il sistema di monitoraggio ambientale avrà il compito di misurare dati climatici e dati anemometrici 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.

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	13 di 32

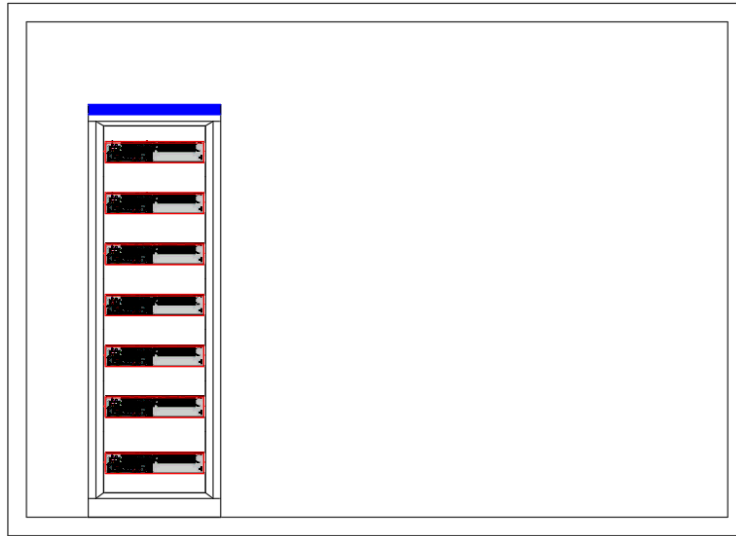


Figura 7 Control ROOM

5 AEROGENERATORE

Per il presente progetto si prevede l'utilizzo di aerogeneratori di marca Vestas, modello V162, ciascuno avente potenza nominale pari a 7.2 MW, o modelli equivalenti.

5.1 Generatore

L'aerogeneratore monta un generatore sincrono trifase a magneti permanenti.

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>	7200
<i>Frequenza [Hz]</i>	0-126
<i>Tensione alla Velocità Nominale [V]</i>	3 x 800
<i>Numero di Poli</i>	36
<i>Range di velocità operativa [rpm]</i>	0 – 420
<i>Limite di velocità [rpm]</i>	660

Tabella 2 Caratteristiche elettriche del Generatore

5.2 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 4 unità di conversione lato macchina e 4 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>	7750
<i>Tensione nominale di rete [V]</i>	3 x 720
<i>Tensione nominale del generatore [V]</i>	3 x 800

Tabella 3 Caratteristiche elettriche del Convertitore

5.3 Trasformatore MT/BT

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

Il trasformatore è a liquido, a due avvolgimenti dotato di un circuito esterno di raffreddamento ad acqua.

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 e conforme al 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>	8400
<i>Potenza reattiva a vuoto [kVAr]</i>	~21
<i>Potenza reattiva sotto carico [kVAr]</i>	~882
<i>Tensione nominale lato BT [kV]</i>	0.720
<i>Tensione nominale lato MT [kV]</i>	30
<i>Frequenza [Hz]</i>	50/60
<i>Gruppo</i>	Dyn11

Tabella 4 Caratteristiche elettriche Trasformatore MT/BT

5.4 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:

19. Cavo tripolare MT, isolato in gomma, senza alogeni, con un cavo di terra multipolare;
20. 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 ² (PE singolo)

Tabella 5 Caratteristiche elettriche Cavo MT interno

5.5 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>	30 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 nominale</i>	630 A
<i>Corrente di corto-circuito di picco</i>	25 kA
<i>Massima durata di un corto-circuito</i>	1 s

Tabella 6 Caratteristiche elettriche Interruttore MT

5.6 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 inferiore 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

6 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 degli aerogeneratori con la cabina di raccolta (CR):



Figura 8 Tratte elettriche dell'Impianto Eolico su Ortofoto

Inoltre, si riporta il collegamento MT della cabina di raccolta "C.R." alla stazione elettrica di trasformazione di utente come descritto al capitolo introduttivo, in rosso nella figura che segue.

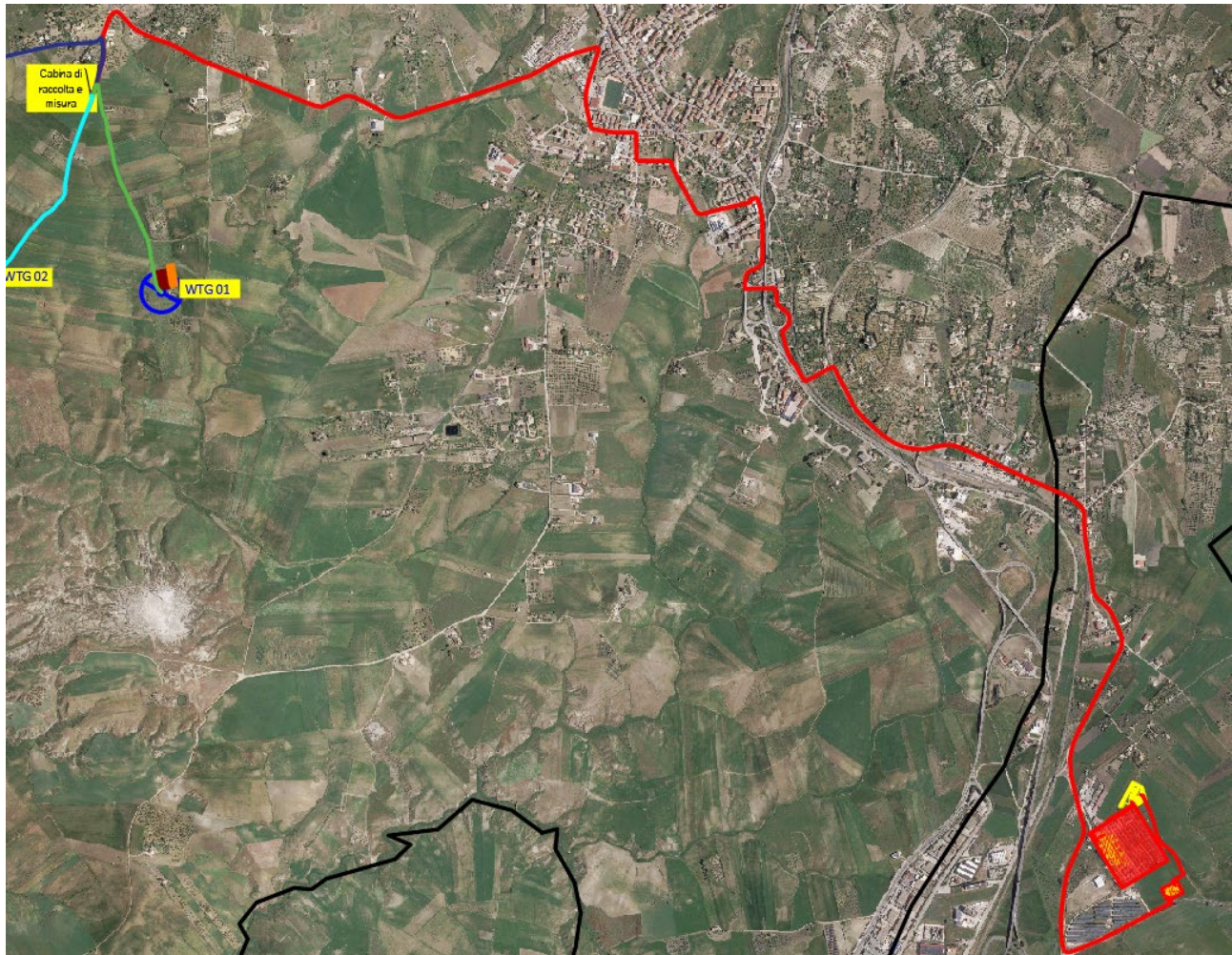


Figura 9 Collegamento CR con stazione elettrica utenza 30/150 kV

Si specifica che per il collegamento alla RTN è necessario un ulteriore collegamento in cavo AT interrato, in conduttori di alluminio da 1600 mm² isolati in materiale polimerico estruso, condiviso con altri produttori, che per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato "EO.ARG01.PD.H.12- RELAZIONE DELLE OPERE DI CONNESSIONE".

La seguente figura è estrapolata da *EO.ARG01.PD.H.09 – “SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE DELL’IMPIANTO EOLICO”* e mostra uno schema unifilare della rete in media tensione dell’impianto eolico in oggetto:

SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE DI IMPIANTO

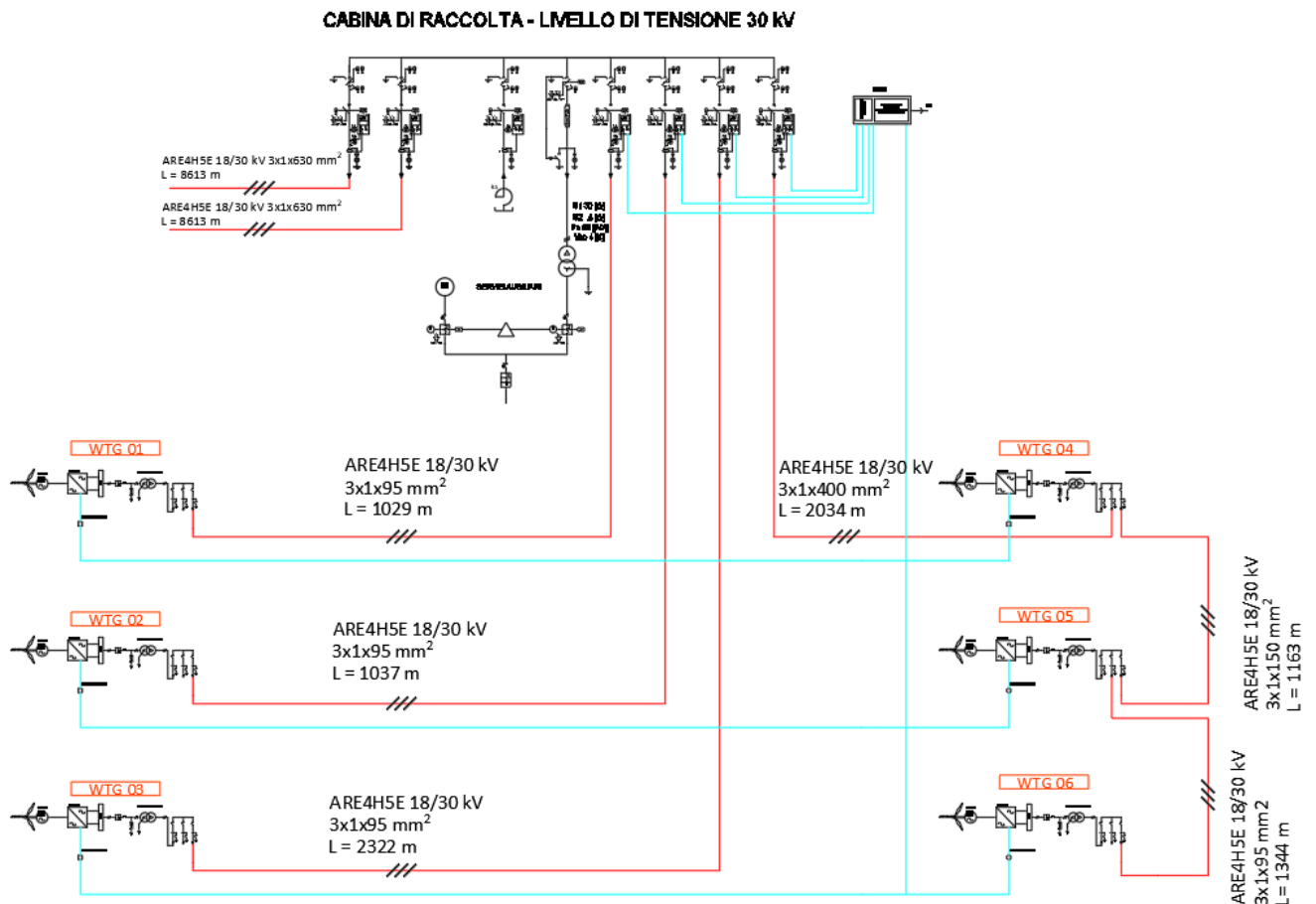


Figura 10 Schema unifilare di impianto

Si riporta di seguito una tabella rappresentativa delle lunghezze dei vari tratti di cavo MT per il collegamento elettrico tra le varie turbine e la C.R.

IMPIANTO <i>EOLICO</i> NEL COMUNE DI ARAGONA - DESCRIZIONE DEI TRATTI DI PROGETTO		
Denominazione Tratta	Tratta elettrica [m]	Tratta elettrica con sfrido del 10% [m]
WTG 01 - C.R.	936	1029
WTG 02 - C.R.	943	1037
WTG 03 - C.R.	2111	2322
WTG 04 - C.R.	1849	2034
WTG 05 - WTG 04	1057	1163
WTG 06 - WTG 05	1222	1344

Tabella 8 Elenco tratte elettriche di progetto

Il collegamento in cavo MT tra la C.R. e la stazione elettrica di utente ha una lunghezza di 9230 m.

6.1 Tipologia Cavi

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



Figura 11 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:

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

Tabella 9 Caratteristiche elettriche cavo ARE4H5E 18/30 kV

6.2 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).

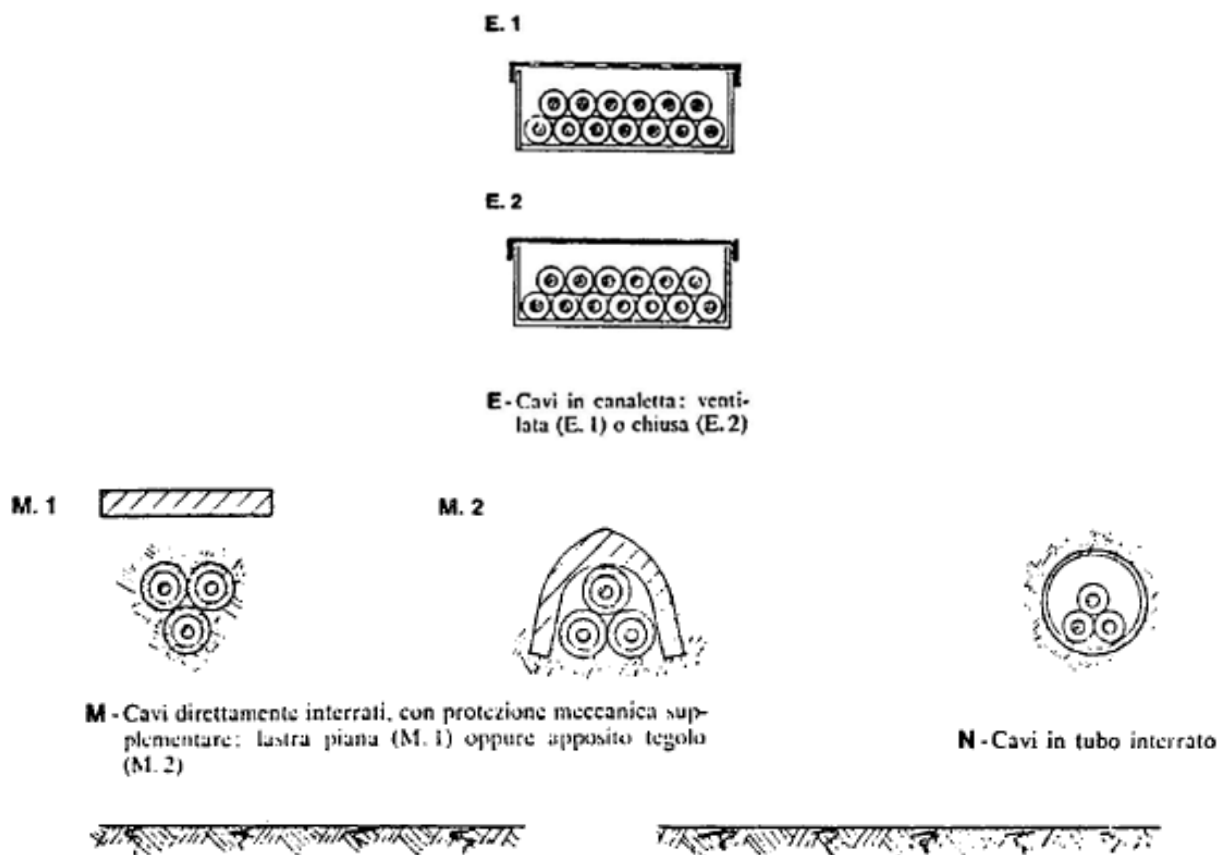


Figura 12: Modalità di Posa (CEI 11-17)

La posa verrà eseguita ad una profondità compresa 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 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:

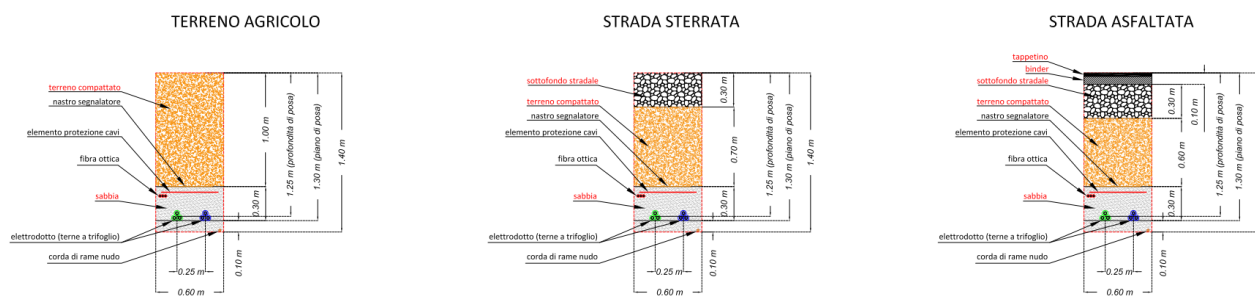


Figura 13 Sezione cavi direttamente interrati

7 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_z (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:

$$\Delta V = K_L \cdot (RI \cos\varphi + XI \sin\varphi) \leq 5\%$$

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.

Si fa presente che il dimensionamento, in prima approssimazione è stato eseguito considerando la modalità di posa del cavo più gravosa, ossia posa entro tubo interrato, tipologia N secondo la CEI 11-17, la quale implica una riduzione di portata di corrente del cavo considerato.

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	26 di 32

7.2 WTG02-CR

Tratta di cavo congiungente l'aerogeneratore 2 con la cabina di raccolta:

WTG 02 - C.R.																	
Sistema trifase																	
Tensione (kV)	F-F 30,00 F-N 17,32																
Potenza apparente (kVA)	7200,00																
Potenza attiva (kW)	7200,000																
cos φ =	1,00																
sin φ =	0,00																
Corrente impiego	Ib (A) = 138,56																
Lunghezza tratto (km)	1,00																
cdt desiderata (%)	5,00%																
n.ro terne stesso strato	4																
dist. fra terne	25 cm																
n.ro cavi X fase	1																
Sezione (mm ² -tipo)	95 - Al																
TIPO DI POSA	entro tubo interrato																
Portata cavo I _z (A) entro tubo interrato	255,00																
Verifica	OK																
STD																	
20°	temp.posa interr. (K _{tt})	1,00															
100° cm/W	resist.terreno (K _r)	1,00															
80 cm	prof.posa interr. (K _p)	0,96															
1	n.ro terne orizz. (K _o)	0,74															
1	coeff.utente (K _{ut})	1,00															
	terreno compatto umid.nom.	125															
	4 terne a 25 cm	0,74															
	coeff.sicurezza	1,00															
	K _{tot} =	0,71															
effettiva (con correzione)	Portata cavo I _z (A) entro tubo interrato	181,15															
cdt (kV)	0,0867																
cdt (%)	0,29%																
perdite potenza (kW)	20,8018																
perdite potenza (%)	0,29%																
utilizzo del cavo (I _b /I _z) (%)	76%																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">@50°C</th> </tr> <tr> <th>R</th> <th>X</th> <th>C</th> <th>θext massimo</th> </tr> <tr> <th>(Ω/km)</th> <th>(Ω/km)</th> <th>(μF/km)</th> <th>(cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,361</td> <td>0,130</td> <td>0,170</td> <td>3,50</td> </tr> </tbody> </table>		@50°C				R	X	C	θext massimo	(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)	0,361	0,130	0,170	3,50
@50°C																	
R	X	C	θext massimo														
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)														
0,361	0,130	0,170	3,50														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Corrente di corto ammissibile</th> </tr> <tr> <th>Tipo cavo</th> <th>Al-Gamma-T2890</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sezione (mm²)</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>tempo (s)</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>I_{cc,max} (kA)</td> <td>8,74</td> </tr> </tbody> </table>		Corrente di corto ammissibile		Tipo cavo	Al-Gamma-T2890	Sezione (mm ²)	95	tempo (s)	1	I _{cc,max} (kA)	8,74						
Corrente di corto ammissibile																	
Tipo cavo	Al-Gamma-T2890																
Sezione (mm ²)	95																
tempo (s)	1																
I _{cc,max} (kA)	8,74																

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	27 di 32

7.3 WTG03-CR

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

WTG 03 - C.R.

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	30,00	17,32
Potenza apparente (kVA)	7200,00	
Potenza attiva (kW)	7200,000	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

lb (A) = 138,56

Lunghezza tratto (km) = 2,30

cdt desiderata (%) = 5,00%

n.ro terne stesso strato	4
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	95 - Al

Portata cavo I_z (A) entro tubo interrato = 255,00

0
255
0

temp. posa interr. (K_{tt}) = 20

resist. terreno (K _t)	1,00
prof. posa interr. (K _p)	1,00
n.ro terne orizz. (K _o)	125
coeff. utente (K _{ut})	4 terne a 25 cm
	coeff. sicurezza
	1,00

K_{tot} = 0,71

Portata cavo I_z (A) entro tubo interrato = 181,15

cdt (kV)	0,1994
cdt (%)	0,66%
perdite potenza (kW)	47,8442
perdite potenza (%)	0,66%
utilizzo del cavo (I _b /I _z) (%)	76%

Corrente impiego

Verifica **OK**

TIPO DI POSA: entro tubo interrato

STD

20°

100° cm/W

80 cm

1

1

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,362	0,130	0,170	3,50

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	Al-Gamma-T-25kV
Sezione (mm ²)	95
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA)	8,74

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	28 di 32

7.4 WTG04-CR

Tratta di cavo, congiungente l'aerogeneratore 4 con la cabina di raccolta:

WTG 04 - CR

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	30,00	17,32
Potenza apparente (kVA)	21600,00	
Potenza attiva (kW)	21600,000	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

Corrente impiego

Ib (A) = 415,69

Lunghezza tratto (km) = 2,00

cdt desiderata (%) = 5,00%

n.ro terre stesso strato	2
dist. fra terre	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	400 - Al

Portata cavo I_z (A) entro tubo interrato = 549,00

0
549
0

Verifica OK

TIPO DI POSA: **entro tubo interrato**

STD

20°	temp. posa interr. (Ktt)	20	1,00
100° cm/W	resist. terreno (Kt)	terreno compatto umid. norm.	1,00
80 cm	prof. posa interr. (Kp)	125	0,96
1	n.ro terre orizz. (Kn)	2 terre a 25 cm	0,86
1	coeff. utente (Kut)	coeff. sicurezza	1,00

Ktot = 0,83

Portata cavo I_z (A) entro tubo interrato = 453,25

effettiva (con correzione)

cdt (kV)	0,1313
cdt (%)	0,44%
perdite potenza (kW)	94,5265
perdite potenza (%)	0,44%
utilizzo del cavo (I _b /I _z) (%)	92%

@50°C

R	X	C	θext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,091	0,110	0,250	4,80

Corrente di corto ammissibile

Tipo cavo	Al-Gamma1-530/C
Sezione (mm ²)	400
tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA) =	36,80

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	29 di 32

7.5 WTG05-WTG04

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

WTG 05 - WTG 04

Sistema trifase

	F-F	F-N
Tensione (kV)	30,00	17,32
Potenza apparente (kVA)	14400,00	
Potenza attiva (kW)	14400,000	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

Corrente impiego I_b (A) = 277,13

Lunghezza tratto (km) = 1,20

cdt desiderata (%) 5,00%

n.ro terne stesso strato	1
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	150 - AI

Portata cavo I_z (A) entro tubo interrato 324,00

0
324
0

@50°C			
R	X	C	Øext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(µF/km)	(cm)
0,233	0,120	0,200	3,70

Verifica **OK**

TIPO DI POSA **entro tubo interrato**

STD		
20°	temp.posa interr.(Ktt)	20
100° cm/W	resist.terreno (Kt)	terreno compatto umid.norm.
80 cm	prof.posa interr. (Kp)	125
1	n.ro terne orizz. (Kti)	1 terne a 25 cm
1	coeff.utente (Kul)	coeff.sicurezza
		Ktot = 1,00
		0,96

Portata cavo I_z (A) entro tubo interrato 311,04

cdt (kV)	0,1345
cdt (%)	0,45%
perdite potenza (kW)	64,5383
perdite potenza (%)	0,45%
utilizzo del cavo [I _b /I _z] (%)	89%

Corrente di corto ammissibile	
Tipo cavo	AI/Gamma 1,25/0
Sezione (mm ²)	150
Tempo (s)	1
I _{cc,max} (kA)	13,80

CODICE	EO.ARG01.PD.H.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	30 di 32

7.6 WTG06-WTG05

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

WTG 06 - WTG 05

Sistema trifase

Tensione (kV)	F-F	F-N
Potenza apparente (kVA)	30,00	17,32
Potenza attiva (kW)	7200,00	

cos φ = 1,00 sin φ = 0,00

Corrente impiego

Ib (A) = 138,58

Lunghezza tratto (km) = 1,35

cdt desiderata (%) = 5,00%

n.ro terne stesso strato	4
dist. fra terne	25 cm
n.ro cavi X fase	1
Sezione (mm ² -tipo)	95 - Al

Portata cavo I_z (A) entro tubo interrato = 255,00

0
255
0

temp.posa interr. (Ktt) = 20
resist.terreno (Kr) = 100° cm/W
prof.posa interr. (Kp) = 80 cm
n.ro terne orizz. (Kt) = 1
coeff.utente (Kut) = 1

terreno compatto unid.norm. = 20
4 terne a 25 cm = 125
coeff.sicurezza = 1,00

Ktot = 0,78

Portata cavo I_z (A) entro tubo interrato = 181,15

cdt (kV)	0,1170
cdt (%)	0,39%
perdite potenza (kW)	28,0825
perdite potenza (%)	0,39%
utilizzo del cavo (I _b /I _z) (%)	76%

Verifica **OK**

TIPO DI POSA: entro tubo interrato

@50°C			
R	X	C	@ext massimo
(Ω/km)	(Ω/km)	(μF/km)	(cm)
0,381	0,130	0,170	3,50

Corrente di corto ammissibile	
I _{cc} (A) @ t=120°	
Tipo cavo	95
Sezione (mm ²)	1
tempo (s)	8,74
I _{cc,max} (kA)	

8 RIEPILOGO

Di seguito, la tabella riassuntiva delle tratte considerate:

Impianto EOLICO ARAGONA - JOPPOLO - GIANCAXIO con pot.nom. 43200 kW							
Denominazione tratta	WTG01-CR	WTG02 - C.R.	WTG_03 - C.R.	WTG_04 - C.R.	WTG_05 - WTG 04	WTG_06 - WTG 05	CR-SSTN
Potenza attiva [kW]	7200	7200	7200	21600	14400	7200	43200
Lunghezza Linea [km]	1,03	1,03	2,32	2,03	1,16	1,34	9,23
N.ro di cavi x fase	1	1	1	1	1	1	2
N.ro di terne sullo stesso strato	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
Profondità di posa [m]	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Tipo di linea	Trifase						
Tensione di linea [kV]	30						
Corrente di impiego [A]	138,56	138,56	138,56	415,69	277,13	138,56	831,38
Sezione Cavo [mm ²]	95	95	95	400	150	95	630
Anima conduttore	Al	Al	Al	Al	Al	Al	Al
cdt [kV]	0,08	0,08	0,19	0,13	0,13	0,11	0,38
cdt [%]	0,29%	0,29%	0,66%	0,44%	0,45%	0,39%	1,29%
Potenza dissipata [kW]	20,8	20,8	47,84	94,52	64,53	28,08	557,73
Potenza dissipata [%]	0,29%	0,29%	0,66%	0,44%	0,45%	0,39%	1,29%
Potenza impianto [MW]	43,20						
Potenza dissipata impianto [MW]	0,83						
Potenza dissipata impianto [%]	1,93						

Tabella 10 Riepilogo tratte in cavo

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

Dati costruttivi cavo ARE4H5E 18/30						
Sez.	Ø cond.	Øi isolante	Øext massimo	Peso	Rmin curv.	Portata a trifoglio int. [I]
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(A)
95 - Al	11,40	26,50	35,00	950	470	255
400 - Al	23,80	37,90	48,00	2130	650	549
630 - Al	30,50	45,60	56,00	3130	760	709

Tabella 11 Caratteristiche meccaniche cavi

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

$$\text{Potenza dissipata [MW]} = 0,83$$

$$\text{Potenza dissipata [%]} = 1,93$$