

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI TARANTO
COMUNE DI AVETRANA

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO NEL COMUNE DI AVETRANA DENOMINATO "VENTICINQUE ANNI" COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DI POTENZA TOTALE PARI A 72 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE OE - TAVOLE GRAFICHE E RELAZIONI OPERE ELETTRICHE

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DEGLI IMPIANTI

Nome file stampa:

EO_AVT01_PD_OE_07_00.pdf

Codifica regionale:

TMCJ3G3_RelazioneCalcoloImpianti

Scala:

-

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

EO_AVT01_PD_OE_07

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 12 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 17481561003



EWAY12
Gruppo E-WAY FINANCE S.p.A.

E-WAY 12 S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P.Iva 17481561003
e-way12@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 12 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA 17481561003



EWAY12
Gruppo E-WAY FINANCE S.p.A.



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
EO_AVT01_PD_OE_07_00	00	06/2024	F.Di Marino	M.Oliviero	A. Bottone

E-WAY 12 S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way12@legalmail.it tel. +39 0694414500

INDICE

4	PREMESSA	4
5	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
5.1	Norme di riferimento per la bassa tensione (BT).....	5
5.2	Norme di riferimento per la media tensione (MT).....	6
5.3	Unità di misura.....	7
6	INTRODUZIONE	8
7	UBICAZIONE IMPIANTO EOLICO ED OPERE CONNESSE	9
8	AEROGENERATORE	11
8.1	Generatore.....	11
8.2	Convertitore di Frequenza AC/AC.....	11
8.3	Trasformatore MT/BT.....	12
8.4	Cavi MT.....	12
8.5	Apparato di Interruzione e Protezione.....	13
8.6	Servizi Ausiliari.....	13
9	CABINA DI RACCOLTA	15
9.1	Zona quadri MT.....	15
9.2	Zona Trasformatore S.A.....	16
9.3	Zona quadri BT e sistemi di comunicazione.....	16
10	EDIFICIO UTENTE	17
10.1	Locale quadri MT.....	17
10.2	Locale Gruppo elettrogeno.....	18
10.3	Locale quadri BT.....	18
10.4	Locale Misure.....	18
10.5	Locale WTG.....	18
11	LINEE MT DI INTERCONNESSIONE	19
11.1	Tipologia Cavi.....	19
11.2	Tipologia Posa.....	20
12	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI CAVI MT	22

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	2 di 24

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Caratteristiche elettriche del Generatore</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 2: Caratteristiche elettriche del Convertitore</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 3: Caratteristiche elettriche Trasformatore MT/BT</i>	<i>12</i>
<i>Tabella 4: Caratteristiche elettriche Cavo MT interno</i>	<i>12</i>
<i>Tabella 5: Caratteristiche elettriche Interruttore MT.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabella 6: Principali contributi all'autoconsumo</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 7 Caratteristiche elettriche quadro MT della CR</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 8 Caratteristiche elettriche quadro MT dell'Edificio utente</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 9: Elenco tratte con relativa lunghezza elettrica.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 10: Caratteristiche elettriche cavo ARE4H5E 18/30 kV.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 11: Caratteristiche meccaniche cavo ARE4H5E 18/30 kV</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 12: Riepilogo sezioni cavo per le tratte.....</i>	<i>24</i>

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	3 di 24

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Schema a blocchi di connessione dell'impianto</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2: Inquadramento Progetto Eolico su IGM.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4 Cavo unipolare ARE4H5E 18/30 kV.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5: Alcune Modalità di Posa (CEI 11-17).....</i>	<i>21</i>

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	4 di 24

1 PREMESSA

Il presente elaborato si riferisce 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 "Venticinque Anni", sito nel Comune di Avetrana (TA).

In particolare, il progetto è riferito ad un impianto eolico di potenza totale pari a 72 MW e costituito da:

- n. 10 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;
- linee elettriche in media tensione a 30 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione degli aerogeneratori alla stazione elettrica di trasformazione;
- una stazione elettrica di utenza di trasformazione 30/150 kV;
- una cabina di raccolta e misura di interconnessione tra gli aerogeneratori e la stazione elettrica di utenza;
- una linea elettrica in alta tensione a 150 kV in cavo interrato per la connessione in antenna della sezione di impianto e lo stallo a 150 kV previsto all'interno dell'ampliamento del satellite della stazione elettrica della RTN "ERCHIE 380/150 kV";
- tutte le apparecchiature elettromeccaniche in alta tensione di competenza utente da installare all'interno della stazione elettrica della RTN in corrispondenza dello stallo assegnato.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-WAY 12 S.r.l., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina 4, 00186 Roma, P.IVA 17481561003.

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	5 di 24

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le opere elettriche in argomento, se non diversamente precisato nelle prescrizioni o nelle specifiche richieste saranno in ogni modo progettate, costruite e collaudate in osservanza della seguente normativa di riferimento.

2.1 Norme di riferimento per la bassa tensione (BT)

- CEI-UNEL 00721 “Colori di guaina dei cavi elettrici”;
- CEI-UNEL 00722 “Identificazione delle anime dei cavi”;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri
- CEI 44-5: Sicurezza del macchinario - Equipaggiamento elettrico delle macchine
- CEI 20-22: attitudine di un determinato tipo di cavo a contenere la propagazione del fuoco in caso di incendio.
- CEI 20-37: Prove atte a verificare le caratteristiche dei gas emessi dalla combustione di cavi elettrici.
- CEI 20-67 Guida per l'uso dei cavi 0,6/1 kV;
- CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 81-10: Protezione contro i fulmini.
- CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) "Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture";
- CEI 81-29 “Linee guida per l’applicazione delle Norme CEI EN 62305”.
- IEC 62485: Safety requirements for secondary batteries and battery installations.
- CEI EN 50172: Illuminazione di sicurezza.
- CEI EN 62271: Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.
- CEI 99-3: Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- CEI 61439: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).
- CEI 20-11: Caratteristiche tecniche e specifiche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine per cavi energia e segnalamento.
- CEI 14: Trasformatori di isolamento e trasformatori di sicurezza – Prescrizioni.
- CEI 110 (CEI EN 61000): Compatibilità elettromagnetica (EMC).
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 2000 IVa Ed. Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIa Ed. (IEC 60909-0:2001-07): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60090-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- CEI 11-28 1993 I a Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI 17-5 VIIIa Ed. 2007: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 23-3/1 I a Ed. 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	6 di 24

- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35023 2012: Cavi per energia isolati con gomma o con materiale termoplastico avente grado di isolamento non superiore a 4- Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 1997: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 IIa Ed. 2004: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.

2.2 Norme di riferimento per la media tensione (MT)

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 20-21 "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287);
-
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1): Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 "Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV Portate di corrente in regime permanente - Posa in aria ed interrata";
- Guida CEI 99-4: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIa Ed. 2005: Apparecchiatura ad alta tensione. Parte 100: Interruttori a corrente alternata ad alta tensione.
- CEI 17-9/1 Interruttori di manovra e interruttori di manovra-sezionatori per tensioni nominali superiori a 1kV e inferiori a 52 kV.
- CEI 20-13: Cavi per energia isolati con mescola elastomerica con e senza particolari caratteristiche di reazione al fuoco rispondenti al Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR) - Tensioni nominali da U0/U 0,6/1 a U0/U 18/30 kV in c.a.;
- IEC 60502-2 IIa Ed. 2005-03: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	7 di 24

- IEC 61892-4 la Ed. 2007-06: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.
- Codice di rete Terna e relativi allegati;
- Deliberazione ARG/elt 99/08 e s.m.i. – “TESTO INTEGRATO DELLE CONDIZIONI TECNICHE ED ECONOMICHE PER LA CONNESSIONE ALLE RETI CON OBBLIGO DI CONNESSIONE DI TERZI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE (TESTO INTEGRATO DELLE CONNESSIONI ATTIVE – TICA)”.

Eventuali normative non elencate, se mandatorie per la progettazione del sistema, possono essere referenziate. In caso di conflitto tra normative e leggi applicabili, il seguente ordine di priorità dovrà essere rispettato:

- Leggi e regolamenti italiani;
- Leggi e regolamenti comunitari (EU);
- Documento in oggetto;
- Specifiche di società (ove applicabili);
- Normative internazionali.

2.3 Unità di misura

Tutte le unità di misura sono e devono essere conformi al Sistema Internazionale (S.I.).

3 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è la descrizione ed il dimensionamento degli impianti elettrici in media tensione necessari per l'interconnessione fra gli aerogeneratori alla stazione elettrica utente di trasformazione 30/150 kV.

La Soluzione Tecnica Minima Generale prevede che l'impianto venga collegata in antenna a 150 kV con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di "Erchie".

Il nuovo elettrodotto a 150 kV per il collegamento in antenna dell'impianto sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Le opere di utenza che dovranno essere autorizzate e realizzate sono dettagliate nell'elaborato "EO_AVT01_PD_OE_08_00 - RELAZIONE DELLE OPERE DI CONNESSIONE".

In questo elaborato saranno trattate le caratteristiche elettriche dell'impianto di utenza, inteso costituito dagli aerogeneratori, linee in cavo MT per il collegamento delle turbine all'edificio utente della stazione elettrica utente di trasformazione 30/150 kV (di seguito anche chiamata SSEU).

Si riporta di seguito uno schema a blocchi che descrive le opere previste per la connessione dell'impianto eolico alla Stazione Elettrica della RTN.

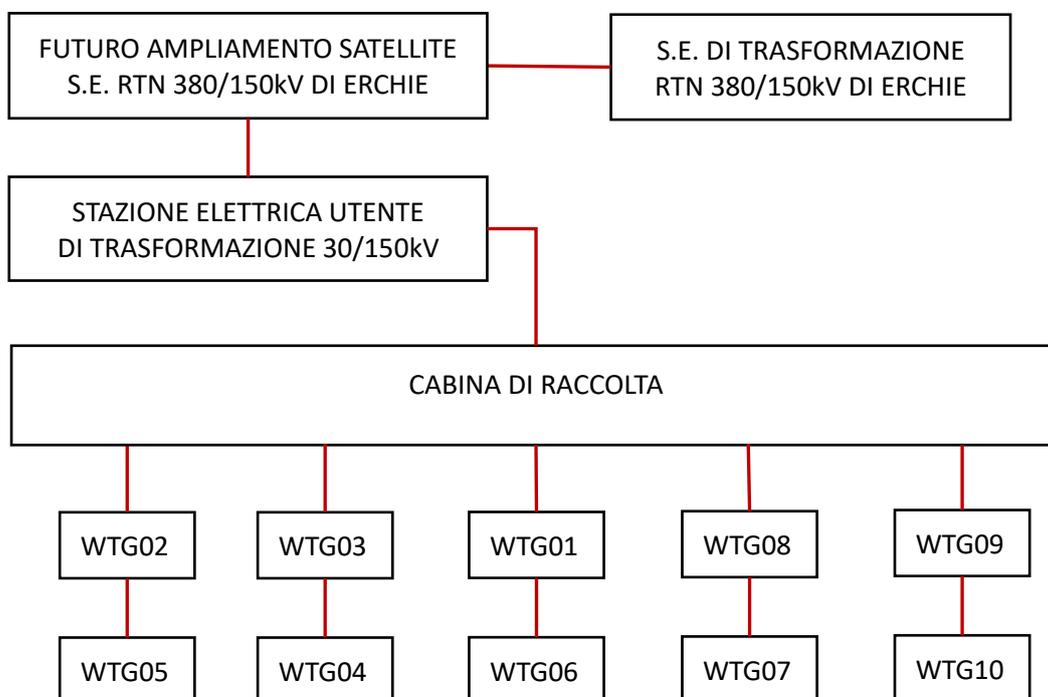


Figura 1: Schema a blocchi di connessione dell'impianto

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	9 di 24

Nella relazione si farà anche cenno alle principali componenti d'impianto ovvero alle apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche e ai dispositivi ed apparati tecnologici necessari all'esercizio dell'impianto eolico in progetto, presenti nell'aerogeneratore, in cabina di raccolta e nell'edificio utente della stazione elettrica.

4 UBICAZIONE IMPIANTO EOLICO ED OPERE CONNESSE

Il progetto prevede la realizzazione di un parco eolico costituito da 10 aerogeneratori (successivamente denominati da WTG01 a WTG10) sito in località "Venticinque Anni" nel Comune di Avetrana (TA).

Le condizioni ambientali del luogo ove sorgerà il sito eolico in oggetto presenta le seguenti caratteristiche:

- Altezza sul livello del mare < 1000 m
- Temperatura ambiente -25 +40°C
- Temperatura media 25°C
- Umidità relativa 90%
- Inquinamento leggero
- Tipo di atmosfera non aggressiva

L'ubicazione complessiva delle opere, incluse le coordinate degli aerogeneratori, è presente nell'allegato "EO_AVT01_PD_TG_01_00 – INQUADRAMENTO GENERALE SU IGM E COORDINATE" di cui si riporta un estratto.

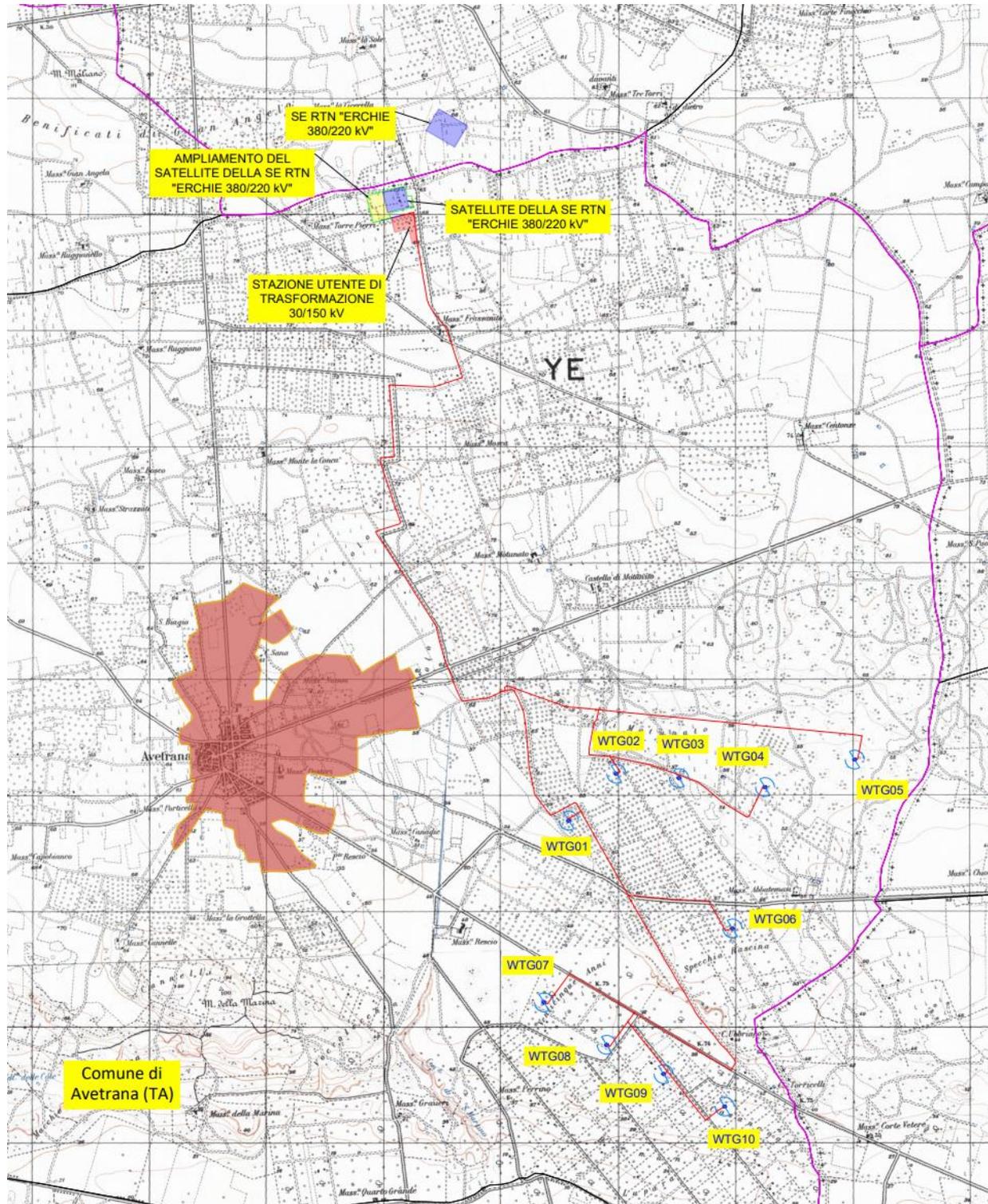


Figura 2: Inquadramento Progetto Eolico su IGM

5 AEROGENERATORE

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

Di seguito sono riportati le principali componenti elettriche dell'aerogeneratore.

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:

Potenza Nominale [kW]	7200
Frequenza [Hz]	0-126
Tensione alla Velocità Nominale [V]	3 x 800
Numero di Poli	36
Range di velocità operativa [rpm]	0 – 460
Limite di velocità [rpm]	660

Tabella 1: 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.

Potenza Apparente [kVA]	7750
Tensione nominale di rete [V]	3 x 720
Tensione nominale del generatore [V]	3 x 800

Tabella 2: Caratteristiche elettriche del Convertitore

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	12 di 24

5.3 Trasformatore MT/BT

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

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:

Potenza Apparente [kVA]	8400
Potenza reattiva a vuoto [kVar]	~21
Potenza reattiva sotto carico [kVar]	~882
Tensione nominale lato BT [kV]	0.720
Tensione nominale lato MT [kV]	30
Frequenza [Hz]	50/60
Gruppo	Dyn11

Tabella 3: Caratteristiche elettriche Trasformatore MT/BT

5.4 Cavi MT

I cavi in media tensione provenienti dal trasformatore arrivano direttamente alla cella interruttore in media allocata 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:

Materiale Isolante	EPR o HEPR
Terminazioni	Connettore T, Tipo C, lato Trasformatore Connettore T, Tipo C, lato Interruttore
Massima Tensione	42 kV per una tensione nominale di 36 kV
Sezione Cavo	3x70 + 70 mm ² (PE singolo)

Tabella 4: Caratteristiche elettriche Cavo MT interno

Si precisa che i calcoli di dimensionamento e verifica riportati nella presente relazione non riguardano i cavi di collegamento interni all'aerogeneratore che saranno trattati direttamente dal produttore dell'aerogeneratore

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:

Tensione nominale	30 kV
Tensione di Isolamento verso Terra (AC)	70 kV
Tensione di isolamento da Scarica Atmosferica (LI)	170 kV
Frequenza	50 Hz
Corrente nominale	630 A
Corrente di corto-circuito di picco	25 kA
Massima durata di un corto-circuito	1 s

Tabella 5: 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.:

Motore Idraulico	2 x 22 kW
Motore per l'Imbardata	Max 23 kW
Ventilatori per Raffreddamento	15 kW
Pompe Idrauliche	10,8 kW
Pompa Olio per Lubrificazione Cuscinetti	7,5 kW
Controllore	3 kW
Perdite a Vuoto del Trasformatore MT/BT	Vedere Tabella Perdite Trasformatore

Tabella 6: Principali contributi all'autoconsumo

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	15 di 24

6 CABINA DI RACCOLTA

Gli aerogeneratori sono collegati elettricamente con la cabina di raccolta e misura. Questa consente la raccolta ed il convogliamento verso la stazione elettrica di tutta l'energia elettrica prodotta dell'impianto. I sistemi interni alla cabina sono costituiti da tutte le apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche necessarie all'interconnessione e al controllo degli aerogeneratori.

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

- Ramo A: WTG10 in entra-esce su WTG09 per poi proseguire alla CR;
- Ramo B: WTG07 in entra-esce su WTG08 per poi proseguire alla CR;
- Ramo C: WTG06 in entra-esce su WTG01 per poi proseguire alla CR;
- Ramo D: WTG04 in entra-esce su WTG03 per poi proseguire alla CR;
- Ramo E: WTG05 in entra-esce su WTG02 per poi proseguire alla CR;

La cabina di raccolta è costituita da un involucro edilizio che può essere realizzato mediante strutture MONOBLOCCO in C.A.V., ottenute con un unico getto, pavimento, le quattro pareti laterali e la soletta di copertura.

La struttura prevede un basamento di fondazione realizzato in opera oppure mediante la posa di 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_AVT01_PD_OE_05_00 – PIANTA, PROSPETTI E SEZIONI DELL'EDIFICIO UTENTE E DELLA CABINA DI RACCOLTA"

La cabina di raccolta prevede 3 zone, con le seguenti caratteristiche:

1. Zona quadri MT;
2. Zona Trasformatore S.A;
3. Zona quadri BT e Sistemi di comunicazione

6.1 Zona quadri MT

L'area conterrà i quadri in media tensione, che saranno così composti:

- N° 5 unità interruttore con sezionatore di linea, sezionatore di terra, TA, TO, e uscita cavi per la partenza verso la stazione elettrica utente di trasformazione 30/150kV;
- N° 1 unità misura TV sbarre con sezionatore di linea, sezionatore di terra e fusibile;
- N° 5 unità interruttore con sezionatore di linea, sezionatore di terra, TA, TO, e uscita cavi per la partenza verso gli aerogeneratori;
- N° 1 unità interruttore con sezionatore di linea, sezionatore di terra, TA, TO, e uscita cavi, predisposta di riserva.

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	16 di 24

- N° 1 unità protezione trasformatore MT/BT con interruttore di manovra sezionatore combinato con fusibili, per l'alimentazione BT dei servizi ausiliari;

Le caratteristiche elettriche del quadro MT sono:

Tensione nominale U_r :	36 kV
Tensione tenuta a frequenza industriale U_d :	70 kV
Tensione a impulso atmosferico U_p :	170 kV
Corrente nominale ammissibile corto circuito	25 kA
Tempo di estinzione del guasto:	1 s
Corrente nominale I_r :	2500 A
Corrente nominale delle derivazioni:	1250 A

Tabella 7 Caratteristiche elettriche quadro MT della CR

6.2 Zona Trasformatore S.A

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

Nella struttura, è previsto, qualora richiesta, i relativi apparati di misura.

6.3 Zona quadri BT e sistemi di comunicazione

In quest'area 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 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_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	17 di 24

7 EDIFICIO UTENTE

Il collegamento elettrico procede dai quadri in media tensione della cabina di raccolta ai quadri in media tensione della stazione elettrica di trasformazione.

All'interno della stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV è prevista la realizzazione di un edificio nel quale saranno collocati i quadri di distribuzione in media tensione per le linee provenienti dall'impianto eolico, i sistemi di distribuzione per i servizi ausiliari sia in corrente continua che in corrente alternata, i servizi di emergenza, gli impianti tecnologici (f.e.m., illuminazione, condizionamento), i dispositivi per la comunicazione, il controllo e la gestione dell'impianto eolico e delle stazioni elettriche (riferimento elaborato grafico "EO_AVT01_PD_OE_05_00 – PIANTA, PROSPETTI E SEZIONI DELL'EDIFICIO UTENTE E DELLA CABINA DI RACCOLTA").

L'edificio utente prevede 5 locali, con le seguenti caratteristiche:

1. Locale MT;
2. Locale Gruppo elettrogeno;
3. Locale BT;
4. Locale WTG;
5. Locale Misure

7.1 Locale quadri MT

Il locale conterrà i quadri in media tensione, che saranno così composti:

- N° 2 unità interruttore con sezionatore di linea, sezionatore di terra, TA, TO, e uscita cavi per la partenza verso il trasformatore AT/MT;
- N° 1 unità misura TV sbarre con sezionatore di linea, sezionatore di terra e fusibile;
- N° 5 unità interruttore con sezionatore di linea, sezionatore di terra, TA, TO, e uscita cavi per la partenza verso la cabina di raccolta;
- N° 1 unità interruttore con sezionatore di linea, sezionatore di terra, TA, TO, e uscita cavi, predisposta di riserva.
- N° 1 unità protezione trasformatore con interruttore di manovra sezionatore combinato con fusibili, per l'alimentazione BT dei servizi ausiliari;

Caratteristiche elettriche dei quadri in media tensione:

Tensione nominale U_r :	36 kV
Tensione tenuta a frequenza industriale U_d :	70 kV
Tensione a impulso atmosferico U_p :	170 kV
Corrente nominale ammissibile corto circuito	25 kA
Tempo di estinzione del guasto:	1 s
Corrente nominale I_r :	2500 A
Corrente nominale delle derivazioni:	1250 A

Tabella 8 Caratteristiche elettriche quadro MT dell'Edificio utente

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	18 di 24

All'interno del locale quadri MT verrà installato anche il trasformatore 30/0,4 kV dedicato all'alimentazione dei servizi ausiliari (potenza nominale 100 kVA).

7.2 Locale Gruppo elettrogeno

L'edificio utente sarà dotato di un locale idoneo all'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.

7.3 Locale quadri BT

All'interno del locale quadri BT saranno previsti i quadri di bassa tensione in corrente alternata ed in corrente continua, il raddrizzatore e le batterie, i quadri di protezione e controllo dell'impianto eolico

Sono previsti due sistemi di distribuzione per i servizi ausiliari, uno in corrente alternata alla tensione 400/230 V e l'altro in corrente continua alla tensione di 110 V.

Il sistema di distribuzione in corrente alternata, alimentato dal trasformatore di distribuzione, sarà costituito da un quadro di distribuzione 400/230V.

I carichi alimentati saranno i seguenti: prese F.M. interne ed esterne, alimentazione motore variatore sotto carico trasformatore, Illuminazione interna ed esterna, resistenze anticondensa quadri e cassette manovre di comando, raddrizzatore;

Il sistema di distribuzione in corrente continua sarà costituito da un raddrizzatore carica batteria a due rami e batterie di accumulatori;

I carichi alimentati saranno i seguenti: motori interruttori e sezionatori AT, segnalazione, comandi, allarmi dei quadri protezione, comando e controllo.

7.4 Locale Misure

All'interno del locale misure sarà installato un quadro misure del tipo a parete costruito in poliestere, contenente un contatore statico a quattro quadranti di classe B. Oltre al contatore, all'interno sarà montato un modem per linea telefonica o GSM, completo di alimentatore.

7.5 Locale WTG

Il locale WTG sarà destinato al produttore degli aerogeneratori, saranno allocati gli apparati di telecontrollo degli aerogeneratori ed i sistemi scada di parco.

8 LINEE MT DI INTERCONNESSIONE

Le linee elettriche in media tensione interrate collegano elettricamente gli aerogeneratori con la cabina di raccolta (CR) e con la stazione elettrica di trasformazione.

Le linee elettriche fino alla cabina di raccolta sono considerate cavidotto "interno", mentre il collegamento fra cabina di raccolta e la Stazione Elettrica Utente di Trasformazione 30/150kV è considerato cavidotto "esterno".

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 SSEU.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato "EO_AVT01_PD_OE_06_00 – SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE DELL'IMPIANTO EOLICO"

Tratte	Cavidotto	Lunghezza tratta [m]	Lunghezza tratta elettrica (+5%) [m]
WTG10-WTG09	MT interno	774	813
WTG09-CR	MT interno	5866	6159
WTG07-WTG08	MT interno	1385	1454
WTG08-CR	MT interno	5577	5856
WTG06-WTG01	MT interno	1985	2084
WTG01-CR	MT interno	1740	1827
WTG04-WTG03	MT interno	1025	1076
WTG03-CR	MT interno	2149	2256
WTG05-WTG02	MT interno	3258	3421
WTG02-CR	MT interno	1680	1764
CR-SSEU	MT esterno	5783	6072

Tabella 9: Elenco tratte con relativa lunghezza elettrica

8.1 Tipologia Cavi

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



Figura 3 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)

Il cavo possiede le seguenti caratteristiche elettriche:

Tensione nominale [U_0]	18 kV
Tensione nominale [U]	30 kV
Tensione di prova	72 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 10: Caratteristiche elettriche cavo ARE4H5E 18/30 kV

In funzione della sezione, si riportano le caratteristiche meccaniche del cavo:

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/km]	[mm]
50	8,2	25,5	34	830	450
70	9,7	25,6	34	870	450
95	11,4	26,5	35	950	470
120	12,9	27,4	36	1040	470
150	14	28,1	37	1130	490
185	15,8	29,5	38	1260	510
240	18,2	31,5	41	1480	550
300	20,8	34,7	44	1740	590
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 cavo ARE4H5E 18/30 kV

8.2 Tipologia Posa

Il cavo MT che interessa il collegamento tra il parco eolico e stazione elettrica, seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17.

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	21 di 24

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), vedi figura n. 4.

La posa verrà eseguita in una trincea di scavo ad una profondità compresa tra 1,20 e 1,50 m e ad una larghezza per 1 e 2 terne di cavi affiancati non superiore a 60 cm; La sequenza di posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente:

- letto di sabbia di circa 10 cm, per la posa dei cavi energia;
- rinfiacco e copertura dei cavi energia con sabbia per almeno 10 cm;
- tubazioni in HDPE del diametro di 50 mm² per il contenimento 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, dei dispositivi di protezione meccanica supplementare (lastre o tegolo in resina);
- nastro in PVC di segnalazione (a non meno di 20 cm dai cavi energia);
- Rinterro con materiale proveniente dallo scavo o con materiale inerte, e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

Lungo tutto lo scavo dei collegamenti tra gli aerogeneratori sarà posata una corda in rame nudo di sezione 50 mm² per la messa a terra dell'impianto.

Le sezioni costruttive di posa del cavidotto sono riportate nell'elaborato di progetto "EO_AVT01_PD_OC_04_00 – SEZIONI TIPOLOGICHE DI POSA CAVIDOTTI MT"

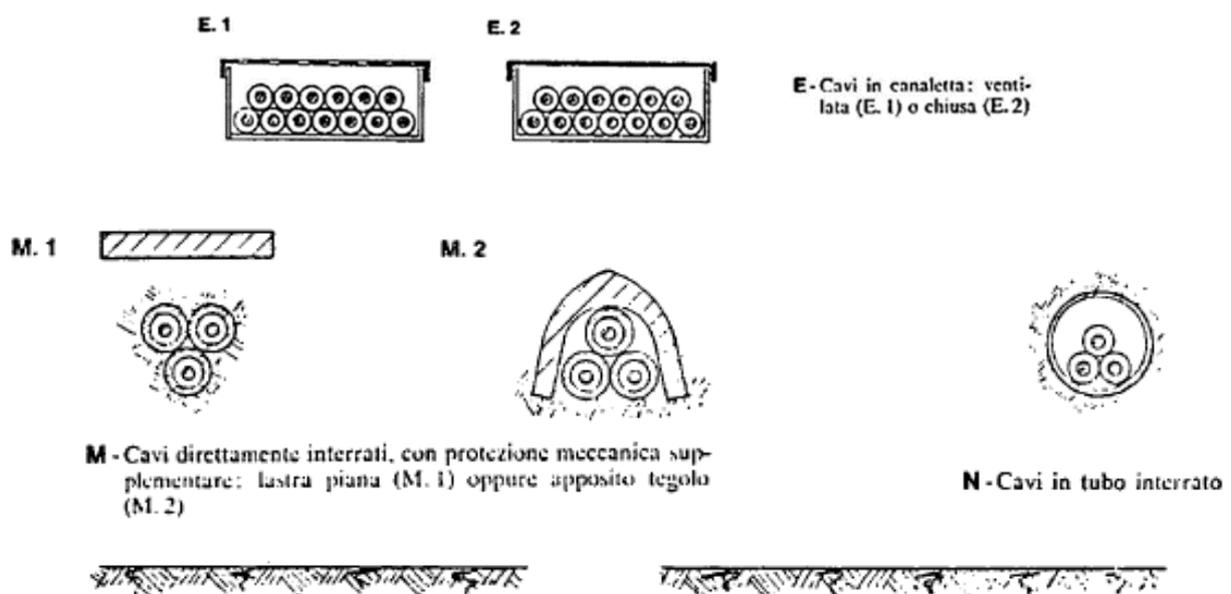


Figura 4: Alcune Modalità di Posa (CEI 11-17)

CODICE	EO_AVT01_PD_OE_07_00
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2024
PAGINA	22 di 24

9 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEI 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.

$$I_z = k_{ta} \cdot k_{tt} \cdot k_p \cdot k_n \cdot k_r \cdot I_0 > I_b$$

Dove:

- k_{ta} è il coefficiente di correzione per posa in aria a temperatura ambientale diversa da 30°C;
- 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 stesso scavo;
- 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 del terreno diversa da 1,5 K*m/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 è il coefficiente di linea: 2 per linea monofase e $\sqrt{3}$ per linea trifase;
- R è la resistenza del cavo;
- X è la reattanza del cavo;
- I è la corrente di impiego (I_b);
- $\cos\varphi$ è il fattore di potenza.

Si riportano, di seguito, i dati di progetto per il dimensionamento delle varie tratte di cavo, *interne* al parco ed *esterne*, ogni tratta è codificata nel formato XX-YY, dove con XX è indicata la partenza e YY è indicato l'arrivo.

Si fa presente che il dimensionamento 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.

Ramo	Dati di Input										
	A		B		C		D		E		Esterno
Tratta	WTG10-WTG09	WTG09-CR	WTG07-WTG08	WTG08-CR	WTG06-WTG01	WTG01-CR	WTG04-WTG03	WTG03-CR	WTG05-WTG02	WTG02-CR	CR-SSEU
Potenza Apparente [kVA]	7200	14400	7200	14400	7200	14400	7200	14400	7200	14400	72000
Potenza Attiva [kW]	7200	14400	7200	14400	7200	14400	7200	14400	7200	14400	72000
Lunghezza Tratta Elettrica [km]	0,81	6,16	1,45	5,86	2,08	1,83	1,08	2,26	3,42	1,76	6,07
Tensione Linea [kV]	30										
ΔV [%]	5,00										
cos ϕ	1,00										
Tipo di linea	trifase										
ΔV [V]	1500										
Ib [A] corrente di impiego	138,56	277,13	138,56	277,13	138,56	277,13	138,56	277,13	138,56	277,13	1385,64
Scelta Cavo e Posa											
Cavo	ARE4H5E 18/30										
Sezione Cavo [mm ²]	95	630	95	630	95	630	95	630	95	630	630
Cavi in Parallelo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5
Tipo di posa	interrato in tubo										
Disposizione	trifoglio										
Temperatura di Posa [°C]	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Profondità di Posa [m]	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Numero Terne nello Scavo	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	6
Distanza Terne [mm]	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	70
Resistività Termica [K m/W]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Coefficienti correttivi											
Kt (temperatura)	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Kp (profondità di posa)	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Kn (n° Terne Scavo)	0,69	0,61	0,69	0,61	0,69	0,61	0,69	0,61	0,69	0,61	0,52
Kr (resistività del terreno)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Ks (sicurezza)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Criterio Termico											
Io [A] a 1 K m/W	255,00	709,00	255,00	709,00	255,00	709,00	255,00	709,00	255,00	709,00	709,00
Iz [A]	140,70	345,85	140,70	345,85	140,70	345,85	140,70	345,85	140,70	345,85	294,83
Iz [A] parallelo	140,70	345,85	140,70	345,85	140,70	345,85	140,70	345,85	140,70	345,85	1474,13
Ib/Iz [%]	98	80	98	80	98	80	98	80	98	80	94
T servizio [°C]	88	67	88	67	88	67	88	67	88	67	82
Ib < Iz Criterio Termico	Ok										
Criterio Elettrico											
r [Ω/km] a 90°C	0,416	0,074	0,416	0,074	0,416	0,074	0,416	0,074	0,416	0,074	0,074
r [Ω/km] a T servizio	0,413	0,068	0,413	0,068	0,413	0,068	0,413	0,068	0,413	0,068	0,072
x [Ω/km]	0,130	0,099	0,130	0,099	0,130	0,099	0,130	0,099	0,130	0,099	0,099
c [μF/km]	0,170	0,360	0,170	0,360	0,170	0,360	0,170	0,360	0,170	0,360	0,360
ΔV tratta [V]	80,64	202,50	144,30	192,53	206,81	60,07	106,79	74,19	339,44	58,00	210,27
ΔV tratta [%]	0,27	0,68	0,48	0,64	0,69	0,20	0,36	0,25	1,13	0,19	0,70
ΔV ramo [%]	1,64	1,38	1,82	1,34	1,59	0,90	1,30	0,95	2,03	0,89	0,70
ΔV [%] impianto	2,03										
Criterio Elettrico	Ok										
Potenza dissipata											
Potenza dissipata [kW]	19,35	97,20	34,63	92,41	49,63	28,83	25,63	35,61	81,46	27,84	504,64
Potenza dissipata [%]	0,27	0,68	0,48	0,64	0,69	0,20	0,36	0,25	1,13	0,19	0,70
Potenza dissipata impianto [%]	5,59										

Tabella 11: Tabella di verifica dimensionamento

Di seguito la tabella riassuntiva con sezioni e portate nelle tratte considerate.

Tratte	Cavidotto	Posa	Cavo	Formazione	Corrente di impiego [A]	Portata [A]
WTG10-WTG09	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 95 mm ²)	138,6	140,7
WTG09-CR	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 630 mm ²)	277,1	345,8
WTG07-WTG08	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 95 mm ²)	138,6	140,7
WTG08-CR	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 630 mm ²)	277,1	345,8
WTG06-WTG01	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 95 mm ²)	138,6	140,7
WTG01-CR	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 630 mm ²)	277,1	345,8
WTG04-WTG03	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 95 mm ²)	138,6	140,7
WTG03-CR	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 630 mm ²)	277,1	345,8
WTG05-WTG02	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 95 mm ²)	138,6	140,7
WTG02-CR	MT interno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	3 x (1 x 630 mm ²)	277,1	345,8
CR-SSEU	MT esterno	interrato	ARE4H5E 18/30 kV	5 x 3 x (1 x 630 mm ²)	1385,6	1474,1

Tabella 12: Riepilogo sezioni cavo per le tratte

La portata indicata in tabella per il singolo cavo è relativa alle condizioni di posa adottate, riportate in seguito:

- Profondità di posa 1,2 m;
- Posa in tubi protettivi;
- Temperatura ambiente 25 °C;
- Resistività termica del terreno 1,5 Km/W.

Le sezioni individuate soddisfano tutte i criteri di dimensionamento adottati, garantendo i limiti termici ed elettrici.

I cavi avranno, inoltre, le seguenti caratteristiche particolari:

- Non propagazione della fiamma (conformi agli standard IEC 60332-1 e IEC 60332-3);
- Ritardanti la fiamma (secondo IEC 60332);
- Bassa emissione di gas tossici e di gas corrosivi (secondo IEC 60754);
- Bassa emissione di fumi opachi (secondo IEC 61034);
- Resistenza speciale a stress ambientali (secondo eventuali richieste particolari indicati nelle specifiche progettuali).