

REGIONE SICILIA
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI
COMUNE DI MARSALA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO
DI POTENZA PARI A 33,465 MW, SU TERRENO AGRICOLO
NEL COMUNE DI MARSALA (TP) IN C.DA MESSINELLO
IDENTIFICATO AL N.C.T. AL FG. 137 P.LLA 4, 182, FG. 138 P.LLA 109, 112, 115, 160, 161,
173, 174, 175, 207 E ALTRE AFFERENTI ALLE OPERE DI RETE

Timbro e firma del progettista

Capital Engineering snc
Ing. Vincenzo Massaro



Timbri autorizzativi

Capital Engineering snc
Ing. Salvatore Li Vigni



RELAZIONE DI CALCOLO LINEE ELETTRICHE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	ID Terna	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID	NOME FILE	DATA	SCALA
PDef	201900883	Relazione	03	MESSINELLO	MESSINELLO Relazione di calcolo linee elettriche del 22 04 2022.doc	22.04.2022	-

REVISIONI

VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Rev.00	15.12.2020	Prima emissione	GR	MTM	VM
Rev.01	22.04.2022	Seconda emissione: Adeguamento a nuova STMG a 36 kV	MC	MTM	VM

IL PROPONENTE

Messinello Wind S.r.L.

Messinello Wind S.r.L.
Corso di Porta Vittoria n. 9 - 20122 - Milano
P.IVA: 11426630965
PEC: messinellowind@mailcertificata.net

PROGETTO DI



Capital Engineering S.n.c.
Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo
e-mail: info@capitalengineering.it

SU INCARICO DI

Coolbine
Grounded Clean Ventures

Coolbine S.r.L.
Sede legale: Via Trinacria, 52 - 90144 - Palermo
e-mail: progettazione@coolbine.it

Sommario

1.	Descrizione generale degli impianti	2
1.1	Generalità.....	2
2.	Riferimenti normativi.....	3
2.1.	Leggi	3
2.2.	Norme del comitato elettrotecnico italiano CEI, UNI e UNEL	4
3.	Caratteristiche generali del sito	5
3.1.	Inquadramento Geografico	5
3.2	Accessibilità al sito.....	5
3.3.	Usò attuale del sito.....	5
3.4.	Permessi e servitù.....	6
4.	Descrizione delle opere	6
4.1.	Indirizzo del sito dell'impianto.....	6
4.2.	Connessione alla rete elettrica pubblica.....	7
4.3.	Cavi elettrici e di cablaggio.....	7
4.4.	Contributo al cortocircuito impianto di generazione	7
4.4.1	Generatori.....	7
4.4.2	Cavi e linee.....	8
4.4.3	Correnti di guasto	9
4.4.4.	Calcolo linea elettrica per la connessione dell'impianto	10
5.	Valutazione preliminare impatto elettromagnetico	28

1. Descrizione generale degli impianti

1.1 Generalità

L'impianto eolico denominato "Messinello", che ricade nel Comune di Marsala (TP), è costituito da sei aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase. Queste macchine sono collegate al rispettivo trasformatore MT/BT di macchina (30/0,69 kV).

Si specifica che, in linea con la nuova versione dell'Allegato A.2 al Codice di rete proposta da Terna S.p.A. deliberata in data 18 ottobre 2021, che prevede l'introduzione di un nuovo standard di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 36 kV per gli impianti di potenza fino a 100 MW, la società proponente Messinello Wind S.r.L., valutato che tale nuovo standard di connessione alla RTN persegue soluzioni tecniche finalizzate alla promozione dell'efficienza sia dal punto di vista elettrico che dal punto di vista ambientale, ha presentato a Terna S.p.A. richiesta di modifica del preventivo di connessione ricevuto ed accettato in precedenza, scegliendo la soluzione tecnica minima generale (STMG) in virtù del nuovo standard di connessione alla RTN a 36 kV, al fine di cogliere l'opportunità ed i vantaggi che tale nuovo standard offre.

Si precisa che nella presente relazione si farà riferimento alla STMG conforme al nuovo standard di connessione alla RTN a 36 kV ricevuta in data 20/12/2021 con Codice Pratica 201900883, e accettata formalmente dalla società proponente Messinello Wind S.r.L. in data 26/01/2022 (si vedano gli elaborati di progetto "Rel.01 Relazione Generale" e "Rel.10 Preventivo di connessione e accettazione soluzione tecnica di allaccio").

Si riassume che, da un punto di vista tecnico, la modifica sostanziale dovuta all'adeguamento del progetto al nuovo standard di connessione alla RTN a 36 kV riguarda l'impianto di utenza a cura del proponente, che non prevedrà più la realizzazione della Sotto Stazione Elettrica Utente, poiché la nuova soluzione standard di connessione prevede che l'impianto di produzione venga connesso direttamente ad uno stallo a 36 kV; piuttosto si parlerà di "Cabina di trasformazione utente" in cui avverrà la trasformazione 30 kV (tensione di progetto)/36 kV (tensione di connessione alla RTN).

Quindi, gli aerogeneratori sono connessi fra loro e alle "Cabina Utente" e "Cabina di trasformazione Utente 30kV/36kV" tramite una linea MT a 30 kV. In corrispondenza della "Cabina di trasformazione Utente 30kV/36kV" la tensione viene innalzata da 30kV a 36kV. Da questa, tramite cavidotto interrato a 36kV, l'impianto è poi connesso alla Stazione Elettrica "Partanna 2" di nuova realizzazione. Ogni aerogeneratore è dotato di tutte le apparecchiature e circuiti di potenza nonché di comando, protezione, misura e supervisione.

L'impianto elettrico in oggetto comprende sistemi di categoria 0, I, II e III ed è esercito alla frequenza di 50Hz. Si distinguono le seguenti parti:

- il sistema BT a 690 V, esercito con neutro a terra (montante aerogeneratore);

- il sistema BT a 400 V, per le alimentazioni protette;
- il sistema MT a 30 kV, esercito con neutro isolato;
- il sistema AT a 36 kV, esercito con neutro isolato.

L'impianto è, pertanto, composto dalle seguenti strutture:

- n° 6 aerogeneratori con annesse all'interno tutte le apparecchiature di macchina;
- un sistema di cavi MT a 30 kV interrati per il collegamento fra gli aerogeneratori, la "cabina utente" e la "cabina di trasformazione utente 30kV/36kV";
- cavidotto interrato a 36 kV per il collegamento dell'impianto alla Stazione Elettrica "Partanna 2";
- Gruppi di Misura (GdM) dell'energia prodotta, a loro volta costituiti dagli Apparecchi di Misura (AdM) e dai trasduttori di tensione (TV) e di corrente (TA). Particolare rilievo assumono a tal proposito il punto di installazione degli AdM, il punto e le modalità di prelievo di tensione e corrente dei relativi TA e TV, la classe di precisione dei singoli componenti del GdM;
- Apparecchiature elettriche di protezione e controllo BT, MT, ed altri impianti e sistemi che rendono possibile il sicuro funzionamento dell'intera installazione e le comunicazioni al suo interno e verso il mondo esterno, in gran parte installati all'interno della Cabina di consegna;
- Apparecchiature di protezione e controllo dell'intera rete MT.

2. Riferimenti normativi

Per la progettazione si è fatto riferimento alle normative tecniche e di legge riguardanti gli impianti.

2.1. Leggi

- DM 37/08 per quanto concerne la progettazione, la realizzazione, l'utilizzazione e la manutenzione degli impianti ed in particolare per quelli elettrici.
- DPR 547 del 27.04.1955 (ove applicabile) ed aggiornamenti successivi "Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro".
- LEGGE n° 186 del 01.03.1968 "Disposizione concernente la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni ed impianti elettrici".
- LEGGE n° 791 del 18.10.1977 "Attuazione della direttiva CEE n° 73/23 relativa alle garanzie di sicurezza che dovrà possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione".
- DLgs. n° 81/08, DLgs n° 626/94 (ove applicabile) "Attuazione delle Direttive CEE n° 89/391, n° 89/654, n° 89/655, n°90/269, n° 90/270, n° 90/394, n° 90/679 riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro".
- D.P.R. n° 462 del 22/10/01 "Regolamento per la semplificazione del procedimento per la denuncia di installazioni di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici".

2.2. Norme del comitato elettrotecnico italiano CEI, UNI e UNEL

- NORMA CEI-UNEL 35024 2020-05 “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portata di corrente in regime permanente per posa in aria”.
- NORMA CEI-UNEL 35011 fasc. 5757 “Cavi per energia e segnalamento. Sistema di designazione”.
- NORMA CEI-UNEL 35026 2000 “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portata di corrente in regime permanente per posa interrata”.
- NORMA CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”.
- NORMA CEI 17-13/1 fasc. 5862, 5863, 5922, 6230, 3445, 5666, 4153 “Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione (quadri BT)”.
- NORMA CEI 20-27 fasc. 5640 “Cavi per energia e per segnalamento. Sistema di designazione”.
- NORMA CEI 20-27;V1 fasc. 6337 “Cavi per energia e per segnalamento. Sistema di designazione”.
- NORMA CEI 20-40 fasc. 4831 “Guida per l’uso di cavi a bassa tensione”.
- NORMA CEI EN 50086-2-1 e successive integrazioni e varianti “Sistemi di tubi e accessori per installazioni elettriche”.
- NORMA CEI 23-51 fasc. 2731 “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare”.
- NORMA CEI 23-51;V1 fasc. 4306 “Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare”.
- NORMA CEI 34-21 “Apparecchi di illuminazione – Parte I: Prescrizioni generali e prove”.
- NORMA CEI 34-22 “Apparecchi di illuminazione – Parte II: Prescrizioni particolari. Apparecchi di emergenza”.
- NORMA CEI 70-1; “Gradi di protezione degli involucri”.
- NORMA CEI 81-10/1 -10/2 – 10/3 e 10/4; “Protezione contro i fulmini – Parte 1 – Principi generali – Parte 2 – Valutazione del rischio – Parte 3 – Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone e Parte 4 – Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture”.
- NORMA CEI 0-16 Edizione ultima: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica -Criteri di allacciamento di clienti alla rete MT della distribuzione;
- NORMA CEI 11-1: Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata;
- NORMA CEI 11-25: Calcolo delle correnti di cortocircuito delle reti trifasi a corrente alternata;
- Guida CEI 64-12: Guida per l’esecuzione dell’impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario;

- Guida CEI 11-37: Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra di impianti utilizzatori in cui siano presenti sistemi con tensione maggiore di 1 kV.

3. Caratteristiche generali del sito

3.1. Inquadramento Geografico

L'impianto è realizzato su terreno, su cui il Committente ha il diritto superficie, situato nel territorio del comune di Marsala, in Provincia di Trapani, ubicato nell'entroterra della Sicilia Occidentale.

3.2 Accessibilità al sito

Considerando come punto di partenza il porto di Mazara del Vallo (luogo di consegna delle componenti degli aerogeneratori), il sito è agevolmente raggiungibile percorrendo la Strada Provinciale SP50 per circa 15 chilometri per poi proseguire sulla Strada Provinciale SP08 alla fine della quale si percorre un piccolo tratto sulla Strada Statale SS188 fino all'incrocio con la SP08 dal cui si avrà l'accesso alle strade interne di impianto.

Il percorso per raggiungere l'impianto è sintetizzato nell'allegato planimetrico "Tav.16 - Viabilità esterna - Inquadramento cartografico generale degli interventi previsti" dove sono riportati anche i punti di adeguamento della viabilità esistente, indicati in dettaglio nella "Rel.23 - Transport Road Survey Report".

Quindi dal porto di Mazara del Vallo i tratti di viabilità interessati dal trasporto dei componenti degli aerogeneratori sono:

1. Lungomare Fata Morgana
2. Via Mario Fani
3. Strada Statale SS115
4. Via Maranzano
5. Via Pierluigi Nervi
6. Viale Affacciata
7. Via Rosario Ballatore
8. Via Secolonovo
9. Strada Provinciale SP50 (Mazara-Salemi)
10. Strada Provinciale SP08/II (Paceco-Castelvetrano)
11. Strada Statale SS188
12. Strada Provinciale SP08/I (Paceco-Castelvetrano)
13. Strada provinciale SP69 (Sinagia-San Nicola)

3.3. Uso attuale del sito

Il sistema di generazione eolica è installato su un sito ad uso prettamente agricolo.

3.4. Permessi e servitù

L'area su cui è prevista l'installazione dell'impianto e delle opere necessarie al suo funzionamento (ivi incluse le opere di connessione alla rete elettrica) è nella disponibilità del proponente in quanto proprietario della stessa oppure oggetto di esproprio per pubblica utilità.

4. Descrizione delle opere

Per quello che attiene la progettazione, i criteri guida a base delle scelte progettuali sono stati quelli di:

- favorire l'accesso degli operatori alle opere;
- rispettare le specifiche riportate nel preventivo di connessione e nella guida per le connessioni alla rete elettrica di Terna S.p.a.

Il sito, oggetto del presente Progetto Definitivo, è ubicato nell'entroterra della Sicilia Occidentale, a circa 20 km a Est del centro abitato di Marsala in provincia di Trapani. Orograficamente è sito su di una formazione collinare denominata Messinello. L'area avente un'altitudine media di 180 m s.l.m. interessa due piccoli versanti, uno in direzione nord verso contrada Guarinelle e uno in direzione sud prospiciente contrada Giummarella. L'impianto, costituito da n.5 aerogeneratori aventi ciascuno una potenza nominale pari a 6 MW e una potenza massima pari a 6,35 MW e n.1 aerogeneratore avente potenza nominale pari a 3,465 MW e una potenza massima pari a 3,6 MW, è posto a debita distanza rispetto ai fabbricati presenti in zona, rispettando quanto specificato dal DM 10-09-2010 – Linee Guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili. La località è caratterizzata da una orografia regolare. Il territorio risulta caratterizzato da ridotti affioramenti rocciosi ed è occupato quasi totalmente a pascolo e vigneto.

Si riportano nella seguente tabella (Tab.2.2) le caratteristiche geometriche e funzionali di progetto dei due aerogeneratori.

Aerogeneratore	WTG 1	WTG 2	WTG 3	WTG 4	WTG 5	WTG 6
Modello (presunto)	SG 6.0 - 170	SG 6.0 - 170	SG 6.0 - 170	SG 6.0 - 170	SG 6.0 - 170	SG 3.4 - 132
Potenza Nominale	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	6,0 MW	3,465 MW
N° Pale	3	3	3	3	3	3
Tipologia Torre	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica	Troncoconica
Diametro Rotore	170 m	170 m	170 m	170 m	170 m	132 m
Altezza Mozzo	115 m	165 m	100 m	165 m	165 m	84 m
Altezza al top	200 m	250 m	185 m	250 m	250 m	150 m
Velocità Cut-in	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s	3 m/s
Velocità Cut-out	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s	25 m/s
Intervallo temperatura ambiente di riferimento	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C	-20°C - +45°C

Tab.2.2 - Caratteristiche Geometriche e Funzionali Aerogeneratore di Progetto

4.1. Indirizzo del sito dell'impianto

Contrada Messinello - Comune di Marsala (TP)

4.2. Connessione alla rete elettrica pubblica

L'impianto eolico utilizzerà per la connessione il seguente punto di connessione di cui si riportano i dati caratteristici.

- Nome Impianto: Messinello
- Titolare del contratto di fornitura: Messinello Wind SrL
- Codice di rintracciabilità: 201900883
- Tipo di fornitura: trifase in alta tensione (36 kV).

4.3. Cavi elettrici e di cablaggio

I cavi e le canaline sono posati secondo quanto descritto dalle norme CEI 11-17, CEI 0-16, CEI 0-21.

In generale il cablaggio elettrico avviene per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame/alluminio scelti in funzione della effettiva tensione di esercizio e portata e del tipo unificato e/o armonizzato e non propaganti l'incendio e con le seguenti prescrizioni:

- sezione delle anime in rame opportunamente dimensionati in modo da contenere la caduta di potenziale entro il 3% del valore misurato da qualsiasi punto dell'impianto elettrico al gruppo di conversione;
- Tipo FG7(O)R per il sistema di distribuzione in corrente alternata se installati in esterno o in cavidotti su percorsi interrati;

I cavi sono tutti contrassegnati e chiaramente identificabili, quelli del sistema a corrente continua e/o di segnale da quelli del sistema a corrente alternata. Per i cavi in corrente continua è osservata l'assegnazione dei colori di polarità: polo positivo il color rosso; polo negativo il color nero.

Tutti i percorsi cavi sono realizzati con posa in tubazione (cavidotto), eventualmente in idonee canaline di protezione affrancate alle pareti ma non sono previsti in posa libera.

4.4. Contributo al cortocircuito impianto di generazione

Si riporta la definizione dei parametri di sequenza, in particolare si riportano gli elementi fondamentali per i singoli componenti dell'impianto, ovvero:

- reattanze longitudinali di sequenza per Generatori;
- resistenze e reattanze longitudinali di sequenza per linee e cavi MT;
- reattanze trasversali di sequenza per linee e cavi MT.

4.4.1 Generatori.

Per il generatore eolico si suppone un contributo al corto circuito pari a 4 volte la corrente nominale del generatore eolico, in quanto macchina asincrona:

$$\dot{X}_1'' = \dot{X}_2'' = \frac{A_G}{4 \cdot A_n}$$

e

$$\dot{X}_0'' = 0,30 \cdot \dot{X}_1''$$

dove

- A_n è la potenza nominale apparente in MVA del gruppo generatore
- X_1'' è la reattanza suBTransitoria diretta dell'inverter in per unit (p.u.);
- X_2'' è la reattanza suBTransitoria inversa dell'inverter in per unit (p.u.);
- X_0'' è la reattanza suBTransitoria omopolare dell'inverter in per unit (p.u.).

4.4.2 Cavi e linee

$$\dot{R}_1 = \dot{R}_2 = R_L \cdot \frac{A_G}{V_n^2}$$

$$\dot{X}_1 = \dot{X}_2 = X_L \cdot \frac{A_G}{V_n^2}$$

da cui

$$\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = \dot{R}_1 + j \cdot \dot{X}_1$$

analogamente

$$\dot{R}_0 = R_{0L} \cdot \frac{A_G}{V_n^2}$$

$$\dot{X}_0 = X_{0L} \cdot \frac{A_G}{V_n^2}$$

da cui

$$\dot{Z}_0 = \dot{R}_0 + j \cdot \dot{X}_0$$

dove

- V_n è la tensione nominale in kV della linea;
- R_L è la resistenza in Ω della linea;
- R_1 è la resistenza diretta della linea in per unit (p.u.);
- R_2 è la resistenza inversa della linea in per unit (p.u.);
- Z_1 è l'impedenza diretta della linea in per unit (p.u.);
- Z_2 è l'impedenza inversa della linea in per unit (p.u.);
- X_L è la reattanza in Ω della linea;
- X_1 è la reattanza diretta della linea in per unit (p.u.);

- X_2 è la reattanza inversa della linea in per unit (p.u.);
- R_{0L} è la resistenza omopolare in Ω della linea;
- R_0 è la resistenza omopolare della linea in per unit (p.u.);
- X_{0L} è la reattanza omopolare in Ω della linea;
- X_0 è la reattanza omopolare della linea in per unit (p.u.);
- Z_0 è l'impedenza omopolare della linea in per unit (p.u.).

Per i cavi si rimanda a quanto appena detto in relazione alle linee, ricordando che per i cavi oltre ai parametri longitudinali sono importanti anche i parametri trasversali ed in particolare la capacità verso terra, soprattutto quella omopolare, C_0 , per la valutazione della corrente da guasto monofase verso terra.

4.4.3 Correnti di guasto

Definita l'impedenza longitudinale equivalente in p.u. nel punto di guasto alla sequenza diretta, inversa e omopolare come:

$$\dot{Z}_{1g} = \sum_{i=1}^n \dot{R}_{1i} + j \cdot \sum_{i=1}^n \dot{X}_{1i}$$

$$\dot{Z}_{2g} = \sum_{i=1}^n \dot{R}_{2i} + j \cdot \sum_{i=1}^n \dot{X}_{2i}$$

$$\dot{Z}_{0g} = \sum_{i=1}^n \dot{R}_{0i} + j \cdot \sum_{i=1}^n \dot{X}_{0i}$$

Le correnti di guasto in termini di modulo (A) e di fase ($^\circ$) sono calcolati con le seguenti espressioni:

a) Corto circuito monofase¹.

$$I_{cc1} = I_R = \frac{1}{(\dot{Z}_{1g} + \dot{Z}_{2g} + \dot{Z}_{0g})} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot A_G}{V_n}$$

b) Corto circuito bifase senza terra².

$$I_{cc2} = I_S = -I_T = \frac{j \cdot \sqrt{3}}{(\dot{Z}_{1g} + \dot{Z}_{2g})} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot A_G}{V_n}$$

¹ Si suppone un guasto sulla fase R (fase S e fase T integre).

² Si suppone un guasto fra la fase S e la fase T (fase R integra).

c) Corto circuito bifase con terra³.

$$I_S = \frac{-j \cdot (\dot{Z}_{0g} - \alpha \cdot \dot{Z}_{2g})}{(\dot{Z}_{1g} \cdot \dot{Z}_{2g} + \dot{Z}_{1g} \cdot \dot{Z}_{0g} + \dot{Z}_{2g} \cdot \dot{Z}_{0g})} \cdot \frac{A_G}{V_n}$$

$$I_T = \frac{j \cdot (\dot{Z}_{0g} - \alpha^2 \cdot \dot{Z}_{2g})}{(\dot{Z}_{1g} \cdot \dot{Z}_{2g} + \dot{Z}_{1g} \cdot \dot{Z}_{0g} + \dot{Z}_{2g} \cdot \dot{Z}_{0g})} \cdot \frac{A_G}{V_n}$$

dove α rappresenta il fattore complesso di Fortescue pari a e^{j90° .

d) Corto circuito trifase.

$$I_R = \frac{1}{\dot{Z}_{1g}} \cdot \frac{A_G}{\sqrt{3} \cdot V_n}$$

$$I_S = \frac{\alpha^2}{\dot{Z}_{1g}} \cdot \frac{A_G}{\sqrt{3} \cdot V_n}$$

$$I_T = \frac{\alpha}{\dot{Z}_{1g}} \cdot \frac{A_G}{\sqrt{3} \cdot V_n}$$

4.4.4. Calcolo linea elettrica per la connessione dell'impianto

Le scelte progettuali di seguito descritte hanno inoltre tenuto conto delle esigenze operative del committente al fine di raggiungere gli obiettivi riguardanti:

1. la sicurezza,
2. la funzionalità,
3. l'affidabilità,
4. la durata,
5. l'economicità.

La connessione tra l'impianto e la rete elettrica avverrà con una linea interrata (entro cavidotti in PVC). Le caratteristiche della potenza immessa in rete dal generatore, sulla base del quale va effettuato il calcolo di verifica, sono le seguenti:

Areogeneratore						
P_n	V_n	$\cos\phi_{wind}$	I_n	S_n	Q_n	
kW	kV	rit	A	kVA	kvar	
3.400	0,69	0,97	2.933	3.505	852	WTGA
6.000	0,69	0,97	5.176	6.186	1.504	WTGB

³ Si suppone un guasto fra la fase S e la fase T (fase R integra).

Tipo WTG	Tratta			Generazione			
	Da	a	Lungh. km	P _n kW	V _n kV	I _n A	Cosφ _n rit
WTGA	WTG6	WTG5	1,200	3.361	30	67	0,97
WTGB	WTG5	WTG4	1,400	9.292	30	184	0,97
WTGB	WTG2	WTG4	1,100	5.931	30	118	0,97
WTGB	WTG4	WTG3	0,650	21.154	30	420	0,97
WTGB	WTG3	WTG1	1,250	27.085	30	537	0,97
WTGB	WTG1	Cabina Trasformazione Utente	0,250	33.016	30	655	0,97
-	Cabina Trasformazione Utente	Stazione Elettrica "Partanna 2" (220kV)	0,480	33.016	36	546	0,97

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG6 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG05 tramite un tratto di cavidotto interrato in MT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale ARE4H5RX-18/30kV - 1x3x95-L=1200m;



CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_o/U: : 12/20 kV - 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi media tensione non propaganti la fiamma. Adatti per impianti eolici.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatti per installazioni in canale interrato; tubo interrato; interro diretto; aria libera; interrato con protezione.

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiale: Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio	CONDUCTOR Material: stranded wire aluminium
	SEMICONDUKTIVO INTERNO Materiale: Miscela estrusa Colore: Nero	INNER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	ISOLANTE Materiale: Miscela di polietilene reticolato Colore: Naturale	INSULATION Material: polyethylene compound Colour: Natural
	SEMICONDUKTIVO ESTERNO Materiale: Miscela estrusa Colore: Nero	OUTER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	SCHERMO Tipos: Fil di rame rosso e controspirale Materiale: Rame rosso (R max 3 Ω/km)	SCREEN Types: Copper wire Colour: Copper (R max 3 Ω/km)
	GUAINA ESTERNA Materiale: PVC di qualità Rz/ST2 Colore: Rosso	OUTER SHEATH Material: PVC compound, Rz quality Colour: grey

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U_n	Reattanza di fase a 50 HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente	Corrente di corto circuito del conduttore	
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U_n	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	Current rating	Short circuit current conductor (1s)	
							in aria e in air at 30° C	interrato a 20° C Underground at 20° C	
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Rt=1m°C/W		kA
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-6 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-6 A.

Verifica della Portata

Per il calcolo della portata del cavo in posa interrata vengono utilizzati i seguenti coefficienti correttivi, calcolati come segue:

- temperatura ambiente: si ipotizza una temperatura ambiente media di esercizio di 25°C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_1 = 0,96$;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_2 = 0,94$;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano $k_3 = 1$;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui $k_4 = 0,91$.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,50 m, in un terreno a 25°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 263 \cdot 0,96 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,91 = 216 \text{ A}$$

Dove:

- I_z è la portata effettiva del cavo;
- I_0 è la portata teorica del cavo.

Verifica della caduta di tensione tratto Interrato

L'aspetto fondamentale per il dimensionamento delle linee elettriche è, oltre alla scelta della sezione più idonea in relazione al tipo di posa e all'entità del carico, contenere il valore delle cadute di tensione (c.d.t.) al valore massimo del 4%.

Occorre pertanto verificare che, in normali condizioni di esercizio, la massima caduta di tensione fra il punto di partenza della nuova linea MT e il punto di arrivo sia compatibile con le caratteristiche del cavo.

La caduta di tensione in condizioni di esercizio è pari a:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_b \cdot (r \cdot L_1 \cdot \cos \varphi_n + x \cdot L_1 \cdot \sin \varphi_n)}{1000}$$

Dove:

- I_b è la corrente di impiego per il tratto di cavo considerato in [A];
- L_1 è la lunghezza del tratto di cavo considerato in [m];
- r è la resistenza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km];
- x è la reattanza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km].

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione:	3x1x95mmq
Tipo di Posa:	interrata
Tipo di Cavo:	ARE4H5RX 18/30kV
Isolamento:	HEPR/XLPE
Materiale:	Alluminio
Lunghezza tratto interrato:	1200 metri

Risulta pertanto:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 67 \cdot (0,320 \cdot 1200 \cdot 0,97 + 0,132 \cdot 1200 \cdot 0,24)}{1000} \cong 47,5V$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} * 100 = \frac{47,5}{30000} \cdot 100 = 0,2\% < 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG5 cumulata a quella prodotta dall'aerogeneratore WTG6 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG4 tramite un tratto di cavidotto interrato in MT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale ARE4H5RX-18/30kV - 1x3x240-L=1400m;



CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : 12/20 kV - 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi media tensione non propaganti la fiamma. Adatti per impianti eolici.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatti per installazioni in canale interrato; tubo interrato; interrato diretto; aria libera; interrato con protezione.

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiali: Conduttore a corda rotonda composta di alluminio	CONDUCTOR Material: stranded wire aluminium
	SEMICONDUZIONE INTERNO Materiali: Miscela estrusa Colore: Nero	INNER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	ISOLANTE Materiali: Miscela di polietilene reticolato Colore: Naturale	INSULATION Material: polyethylene compound Colour: Natural
	SEMICONDUZIONE ESTERNO Materiali: Miscela estrusa Colore: Nero	OUTER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	SCHERMO Tipi: Fili di rame rosso e controspirale Materiali: Rame rosso (R max 3 Ω/km)	SCREEN Types: Copper wire Colour: Copper (R max 3 Ω/km)
	GUAINA ESTERNA Materiali: PVC di qualità Rz/ST2 Colore: Rosso	OUTER SHEATH Material: PVC compound, Rz quality Colour: grey

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U_0	Reattanza di fase a 50 HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente		Corrente di corto circuito del conduttore
							Current rating		
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U_0	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	A		Short circuit current conductor (I _s)
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	in aria a 30° C	interrato a 20° C Underground at 20° C	kA
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-6 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-6 A.

Verifica della Portata

Per il calcolo della portata del cavo in posa interrata vengono utilizzati i seguenti coefficienti correttivi, calcolati come segue:

- temperatura ambiente: si ipotizza una temperatura ambiente media di esercizio di 25°C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_1 = 0,96$;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_2 = 0,94$;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano $k_3 = 1$;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui $k_4 = 0,91$.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,50 m, in un terreno a 25°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 419 \cdot 0,96 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,91 = 344 \text{ A}$$

Dove:

- I_z è la portata effettiva del cavo;
- I_0 è la portata teorica del cavo.

Verifica della caduta di tensione tratto Interrato

L'aspetto fondamentale per il dimensionamento delle linee elettriche è, oltre alla scelta della sezione più idonea in relazione al tipo di posa e all'entità del carico, contenere il valore delle cadute di tensione (c.d.t.) al valore massimo del 4%.

Occorre pertanto verificare che, in normali condizioni di esercizio, la massima caduta di tensione fra il punto di partenza della nuova linea MT e il punto di arrivo sia compatibile con le caratteristiche del cavo.

La caduta di tensione in condizioni di esercizio è pari a:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_b \cdot (r \cdot L_2 \cdot \cos \varphi_n + x \cdot L_2 \cdot \sin \varphi_n)}{1000}$$

Dove:

- I_b è la corrente di impiego per il tratto di cavo considerato in [A];
- L_2 è la lunghezza del tratto di cavo considerato in [m];
- r è la resistenza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km];
- x è la reattanza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km].

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione:	3x1x240mmq
Tipo di Posa:	interrata
Tipo di Cavo:	ARE4H5RX 18/30kV

Isolamento: HEPR/XLPE
 Materiale: Alluminio
 Lunghezza tratto interrato: 1400 metri

Risulta pertanto:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 184 \cdot (0,125 \cdot 1400 \cdot 0,97 + 0,115 \cdot 1400 \cdot 0,24)}{1000} \cong 66,7 V$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} * 100 = \frac{66,7}{30000} \cdot 100 = 0,2\% < 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG2 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG4 tramite un tratto di cavidotto interrato in MT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale ARE4H5RX-18/30kV - 3x1x95-L=1100m.



CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : : 12/20 kV - 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi media tensione non propaganti la fiamma. Adatti per impianti eolici.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatti per installazioni in canale interrato; tubo interrato; interro diretto; aria libera; interrato con protezione.

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiale: Conduttore a corda rotonda composto di alluminio	CONDUCTOR Material: stranded wire aluminium
	SEMICONDUKTIVO INTERNO Materiale: Miscela estrusa Colore: Nero	INNER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	ISOLANTE Materiale: Miscela di polietilene reticolato Colore: Naturale	INSULATION Material: polyethylene compound Colour: Natural
	SEMICONDUKTIVO ESTERNO Materiale: Miscela estrusa Colore: Nero	OUTER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	SCHERMO Tipo: Fili di rame rosso e controspirale Materiale: Rame rosso (R max 3 Ω/km)	SCREEN Type: Copper wire Colour: Copper (R max 3 Ω/km)
	GUAINA ESTERNA Materiale: PVC di qualità Rz/STZ Colore: Rosso	OUTER SHEATH Material: PVC compound, Rz quality Colour: grey

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U_n	Reattanza di fase a 50 HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente	Corrente di corto circuito del conduttore	
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U_n	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	Current rating	Short circuit current conductor (1s)	
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	in aria a 30° C	interrata a 20° C Underground at 20° C	kA
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-6 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-6 A.

Verifica della Portata

Per il calcolo della portata del cavo in posa interrata vengono utilizzati i seguenti coefficienti correttivi, calcolati come segue:

- temperatura ambiente: si ipotizza una temperatura ambiente media di esercizio di 25°C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_1 = 0,96$;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_2 = 0,94$;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano $k_3 = 1$;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui $k_4 = 0,91$.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,50 m, in un terreno a 25°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 263 \cdot 0,96 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,91 = 216 \text{ A}$$

Dove:

- I_z è la portata effettiva del cavo;
- I_0 è la portata teorica del cavo.

Verifica della caduta di tensione tratto Interrato

L'aspetto fondamentale per il dimensionamento delle linee elettriche è, oltre alla scelta della sezione più idonea in relazione al tipo di posa e all'entità del carico, contenere il valore delle cadute di tensione (c.d.t.) al valore massimo del 4%.

Occorre pertanto verificare che, in normali condizioni di esercizio, la massima caduta di tensione fra il punto di partenza della nuova linea MT e il punto di arrivo sia compatibile con le caratteristiche del cavo.

La caduta di tensione in condizioni di esercizio è pari a:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_b \cdot (r \cdot L_3 \cdot \cos \varphi_n + x \cdot L_3 \cdot \sin \varphi_n)}{1000}$$

Dove:

- I_b è la corrente di impiego per il tratto di cavo considerato in [A];
- L_3 è la lunghezza del tratto di cavo considerato in [m];
- r è la resistenza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km];
- x è la reattanza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km].

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione:	3x1x95 mmq
Tipo di Posa:	interrata
Tipo di Cavo:	ARE4H5RX 18/30kV
Isolamento:	HEPR/XLPE
Materiale:	Alluminio
Lunghezza tratto interrato:	1100 metri

Risulta pertanto:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 118 \cdot (0,320 \cdot 1100 \cdot 0,97 + 0,132 \cdot 1100 \cdot 0,24)}{1000} \cong 76,8 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100 = \frac{76,8}{30000} \cdot 100 = 0,3\% < 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG4 cumulata a quella prodotta dagli aerogeneratori WTG2, WTG5 e WTG6 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG3 tramite un tratto di cavidotto interrato in MT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale ARE4H5RX-18/30kV - 1x3x240-L=650m (in doppia terna);



CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : : 12/20 kV - 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi media tensione non propaganti la fiamma. Adatti per impianti eolici.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatti per installazioni in canale interrato; tubo interrato; interro diretto; aria libera; interrato con protezione.

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiali: Conduttore a corda rotonda composto di alluminio	CONDUCTOR Material: stranded wire aluminium
	SEMICONDUKTIVO INTERNO Materiali: Miscela estrusa Colore: Nero	INNER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	ISOLANTE Materiali: Miscela di polietilene reticolato Colore: Naturale	INSULATION Material: polyethylene compound Colour: Natural
	SEMICONDUKTIVO ESTERNO Materiali: Miscela estrusa Colore: Nero	OUTER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	SCHERMO Tipo: Fili di rame rosso e controspirale Materiali: Rame rosso (R max 3 Ω/km)	SCREEN Type: Copper wire Colour: Copper (R max 3 Ω/km)
	GUAINA ESTERNA Materiali: PVC di qualità Rz/ST2 Colore: Rosso	OUTER SHEATH Material: PVC compound, Rz quality Colour: grey

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione Size	Capacità nominale Nominal capacity	Corrente capacitiva nominale a tensione U_0 Nominal capacitive current at voltage U_0	Reattanza di fase a 50 HZ Reactance phase 50HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C Screen max electrical resist. CC at 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C Conductor max electrical resist. CA at 20°C	Portata di corrente Current rating A		Corrente di corto circuito del conduttore Short circuit current con- ductor (I _s) kA
							in aria a 30° C in air at 30° C	interrato a 20° C Underground at 20° C	
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Rt=1m°C/W		kA
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-5 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-5 A.

Verifica della Portata

Per il calcolo della portata del cavo in posa interrata vengono utilizzati i seguenti coefficienti correttivi, calcolati come segue:

- temperatura ambiente: si ipotizza una temperatura ambiente media di esercizio di 25°C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_1 = 0,96$;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_2 = 0,94$;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano $k_3 = 1$;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui $k_4 = 0,91$.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,50 m, in un terreno a 25°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 2 \cdot 419 \cdot 0,96 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,91 = 791 \text{ A}$$

Dove:

- I_z è la portata effettiva del cavo in doppia terna;
- I_0 è la portata teorica del cavo in doppia terna.

Verifica della caduta di tensione tratto Interrato

L'aspetto fondamentale per il dimensionamento delle linee elettriche è, oltre alla scelta della sezione più idonea in relazione al tipo di posa e all'entità del carico, contenere il valore delle cadute di tensione (c.d.t.) al valore massimo del 4%.

Occorre pertanto verificare che, in normali condizioni di esercizio, la massima caduta di tensione fra il punto di partenza della nuova linea MT e il punto di arrivo sia compatibile con le caratteristiche del cavo.

La caduta di tensione in condizioni di esercizio è pari a:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_b \cdot (r \cdot L_4 \cdot \cos \varphi_n + x \cdot L_4 \cdot \sin \varphi_n)}{1000}$$

Dove:

- I_b è la corrente di impiego per il tratto di cavo considerato in [A];
- L_4 è la lunghezza del tratto di cavo considerato in [m];
- r è la resistenza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km];
- x è la reattanza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km].

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione:	2x(3x1x240) mmq
Tipo di Posa:	interrata
Tipo di Cavo:	ARE4H5RX 18/30kV

Isolamento: HEPR/XLPE
 Materiale: Alluminio
 Lunghezza tratto interrato: 650 metri

Risulta pertanto:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 420 \cdot (0,125 \cdot 650 \cdot 0,97 + 0,132 \cdot 650 \cdot 0,24)}{1000} \cong 70,5 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} * 100 = \frac{70,5}{30000} \cdot 100 = 0,2\% < 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG3 cumulata a quella prodotta dagli aerogeneratori WTG4, WTG2, WTG5 e WTG6 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG1 tramite un tratto di cavidotto interrato in MT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale ARE4H5RX-18/30kV-1x3x240-L=1250m (in doppia terna);



CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : : 12/20 kV - 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C




CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi media tensione non propaganti la fiamma. Adatti per impianti eolici.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatti per installazioni in canale interrato; tubo interrato; interro diretto; aria libera; interrato con protezione.

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiale: Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio	CONDUCTOR Material: stranded wire aluminium
	SEMICONDUKTIVO INTERNO Materiale: Miscela estrusa Colore: Nero	INNER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	ISOLANTE Materiale: Miscela di polietilene reticolato Colore: Naturale	INSULATION Material: polyethylene compound Colour: Natural
	SEMICONDUKTIVO ESTERNO Materiale: Miscela estrusa Colore: Nero	OUTER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	SCHERMO Tipos: Fili di rame rosso e controspirale Materiale: Rame rosso (R max 3 Ω/km)	SCREEN Types: Copper wire Colour: Copper (R max 3 Ω/km)
	GUAINA ESTERNA Materiale: PVC di qualità Rz/ST2 Colore: Rosso	OUTER SHEATH Material: PVC compound, Rz quality Colour: grey

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U_n	Reattanza di fase a 50 HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente	Corrente di corto circuito del conduttore	
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U_n	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	Current rating	Short circuit current conductor (1s)	
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	in aria a 30° C	interrato a 20° C Underground at 20° C	
							RT=1m°C/W	kA	
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-6 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-6 A.

Verifica della Portata

Per il calcolo della portata del cavo in posa interrata vengono utilizzati i seguenti coefficienti correttivi, calcolati come segue:

- temperatura ambiente: si ipotizza una temperatura ambiente media di esercizio di 25°C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_1 = 0,96$;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_2 = 0,94$;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano $k_3 = 1$;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui $k_4 = 0,91$.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,50 m, in un terreno a 25°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 2 \cdot 419 \cdot 0,96 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,91 = 791 \text{ A}$$

Dove:

- I_z è la portata effettiva del cavo in doppia terna;
- I_0 è la portata teorica del cavo in doppia terna.

Verifica della caduta di tensione tratto Interrato

L'aspetto fondamentale per il dimensionamento delle linee elettriche è, oltre alla scelta della sezione più idonea in relazione al tipo di posa e all'entità del carico, contenere il valore delle cadute di tensione (c.d.t.) al valore massimo del 4%.

Occorre pertanto verificare che, in normali condizioni di esercizio, la massima caduta di tensione fra il punto di partenza della nuova linea MT e il punto di arrivo sia compatibile con le caratteristiche del cavo.

La caduta di tensione in condizioni di esercizio è pari a:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_b \cdot (r \cdot L_5 \cdot \cos \varphi_n + x \cdot L_5 \cdot \sin \varphi_n)}{1000}$$

Dove:

- I_b è la corrente di impiego per il tratto di cavo considerato in [A];
- L_5 è la lunghezza del tratto di cavo considerato in [m];
- r è la resistenza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km];
- x è la reattanza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km].

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione:	2x(3x1x240) mmq
Tipo di Posa:	interrata
Tipo di Cavo:	ARE4H5RX 18/30kV
Isolamento:	HEPR/XLPE
Materiale:	Alluminio
Lunghezza tratto interrato:	1250 metri

Risulta pertanto:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 537 \cdot (0,125 \cdot 1250 \cdot 0,97 + 0,132 \cdot 1250 \cdot 0,24)}{1000} \cong 173,6 V$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} \cdot 100 = \frac{173,6}{30000} \cdot 100 = 0,6\% < 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG01 cumulata a quella prodotta dagli altri aerogeneratori sarà convogliata verso la Cabina di trasformazione Utente tramite un tratto di cavidotto interrato in MT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale ARE4H5RX-18/30kV - 1x3x240-L=250m (in doppia terna);


CARATTERISTICHE FUNZIONALI:

- Tensione nominale U_0/U : : 12/20 kV - 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di posa: 0°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

CARATTERISTICHE PARTICOLARI:

Cavi media tensione non propaganti la fiamma. Adatti per impianti eolici.

CONDIZIONI DI IMPIEGO:

Adatti per installazioni in canale interrato; tubo interrato; interro diretto; aria libera; interrato con protezione.

COSTRUZIONE DEL CAVO / CABLE CONSTRUCTION

	CONDUTTORE Materiale: Conduttore a corda rotonda compotta di alluminio	CONDUCTOR Material: stranded wire aluminium
	SEMICONDUZIONE INTERNO Materiale: Miscela estrusa Colore: Nero	INNER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	ISOLANTE Materiale: Miscela di polietilene reticolato Colore: Naturale	INSULATION Material: polyethylene compound Colour: Natural
	SEMICONDUZIONE ESTERNO Materiale: Miscela estrusa Colore: Nero	OUTER SEMICONDUCTIVE Material: extruded compound Colour: Black
	SCHERMO Tipo: Fili di rame rosso e controspirale Materiale: Rame rosso (R max 3 Ω/km)	SCREEN Type: Copper wire Colour: Copper (R max 3 Ω/km)
	GUAINA ESTERNA Materiale: PVC di qualità Rz/ST2 Colore: Rosso	OUTER SHEATH Material: PVC compound, Rz quality Colour: grey

ARE4H1RX - Elica visibile - 18/30 kV

18/30 kV Caratteristiche elettriche - electrical characteristics

Formazione	Capacità nominale	Corrente capacitiva nominale a tensione U_0	Reattanza di fase a 50 HZ	Resistenza massima in CC del conduttore a 20°C	Resistenza massima in CC dello schermo a 20°C	Resistenza massima in CA del conduttore a 90°C	Portata di corrente		Corrente di corto circuito del conduttore
							Current rating		
Size	Nominal capacity	Nominal capacitive current at voltage U_0	Reactance phase 50HZ	Conductor max electrical resist. CC at 20°C	Screen max electrical resist. CC at 20°C	Conductor max electrical resist. CA at 20°C	A		Short circuit current conductor (1s)
n° x mm ²	mm	A/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	in aria a 30° C	Interrato a 20° C Underground at 20° C	IA
35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6
400	0,27	1,64	0,107	0,0778	3,0	0,103	630	526	36,8
500	0,29	1,79	0,103	0,0605	3,0	0,081	714	581	46,0
630	0,32	1,96	0,100	0,0469	3,0	0,064	793	625	58,0
3x1x35	0,13	0,74	0,153	0,868	3,0	1,115	160	156	3,2
3x1x50	0,13	0,83	0,149	0,641	3,0	0,825	198	181	4,6
3x1x70	0,15	0,92	0,140	0,443	3,0	0,570	243	222	6,5
3x1x95	0,16	1,01	0,132	0,320	3,0	0,412	289	263	8,8
3x1x120	0,18	1,10	0,127	0,253	3,0	0,328	334	296	11,1
3x1x150	0,19	1,16	0,123	0,206	3,0	0,268	373	337	13,8
3x1x185	0,21	1,22	0,119	0,164	3,0	0,213	426	371	17,0
3x1x240	0,22	1,37	0,115	0,125	3,0	0,163	494	419	22,1
3x1x300	0,24	1,49	0,111	0,100	3,0	0,132	555	469	27,6

Per i cavi con isolamento in G7 le portate di corrente sono da ritenersi più basse di 4-5 A.
For cables with insulation G7 current rating are to be considered more low 4-5 A.

Verifica della Portata

Per il calcolo della portata del cavo in posa interrata vengono utilizzati i seguenti coefficienti correttivi, calcolati come segue:

- temperatura ambiente: si ipotizza una temperatura ambiente media di esercizio di 25°C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_1 = 0,96$;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_2 = 0,94$;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano $k_3 = 1$;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui $k_4 = 0,91$.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,50 m, in un terreno a 25°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 2 \cdot 419 \cdot 0,96 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,91 = 791 \text{ A}$$

Dove:

- I_z è la portata effettiva del cavo in doppia terna;
- I_0 è la portata teorica del cavo in doppia terna.

Verifica della caduta di tensione tratto Interrato

L'aspetto fondamentale per il dimensionamento delle linee elettriche è, oltre alla scelta della sezione più idonea in relazione al tipo di posa e all'entità del carico, contenere il valore delle cadute di tensione (c.d.t.) al valore massimo del 4%.

Occorre pertanto verificare che, in normali condizioni di esercizio, la massima caduta di tensione fra il punto di partenza della nuova linea MT e il punto di arrivo sia compatibile con le caratteristiche del cavo.

La caduta di tensione in condizioni di esercizio è pari a:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_b \cdot (r \cdot L_6 \cdot \cos \varphi_n + x \cdot L_6 \cdot \sin \varphi_n)}{1000}$$

Dove:

- I_b è la corrente di impiego per il tratto di cavo considerato in [A];
- L_6 è la lunghezza del tratto di cavo considerato in [m];
- r è la resistenza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km];
- x è la reattanza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km].

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione:	2x(3x1x240) mmq
Tipo di Posa:	interrata
Tipo di Cavo:	ARE4H5RX 18/30kV

Isolamento: HEPR/XLPE
 Materiale: Alluminio
 Lunghezza tratto interrato: 250 metri

Risulta pertanto:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 655 \cdot (0,125 \cdot 250 \cdot 0,97 + 0,132 \cdot 250 \cdot 0,24)}{1000} \cong 42,3 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} * 100 = \frac{42,3}{30000} \cdot 100 = 0,1\% < 4\%$$

L'energia in uscita dalla Cabina di Trasformazione Utente sarà convogliata verso la Stazione Elettrica "Partanna 2" tramite un tratto di cavidotto interrato a 36 kV con cavo con conduttori di fase in rame del tipo RG7H1R 26/45 kV - 1x240 - L=480m (in doppia terna);



Caratteristiche elettriche/Electrical characteristics

Formazione Size	Resistenza elettrica a 20°C Max. electrical resistance at 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz Conductor apparent resistance at 90°C and 50Hz		Reattanza di fase Phase reactance		Capacità a 50Hz Capacity at 50Hz
		a trifoglio trefoil	in piano flat	a trifoglio trefoil	in piano flat	
		Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	Ω/Km	
1 x 70	0,268	0,342	0,342	0,15	0,21	0,15
1 x 95	0,193	0,246	0,246	0,14	0,20	0,16
1 x 120	0,153	0,196	0,196	0,14	0,20	0,18
1 x 150	0,124	0,159	0,158	0,13	0,19	0,20
1 x 185	0,0991	0,128	0,127	0,13	0,19	0,21
1 x 240	0,0754	0,0985	0,0972	0,12	0,18	0,23

Caratteristiche tecniche/Technical characteristics

U max: 52 kV

Formazione Size	Ø indicativo conduttore Approx. conduct. Ø	Spessore medio isolante Average insulation thickness	Ø esterno max Max outer Ø	Peso indicativo cavo Approx. cable weight	Portata di corrente Current rating			
					A			
					in aria In air		interrato* buried*	
					a trifoglio trefoil	in piano flat	a trifoglio trefoil	in piano flat
1 x 70	9,7	10,3	41,9	2150,0	280,0	315,0	255,0	260,0
1 x 95	11,4	10,3	43,8	2490,0	340,0	380,0	300,0	310,0
1 x 120	12,9	10,0	44,8	2735,0	395,0	440,0	355,0	365,0
1 x 150	14,3	9,5	45,1	3020,0	445,0	495,0	385,0	395,0
1 x 185	16,0	9,3	47,1	3395,0	510,0	570,0	440,0	450,0
1 x 240	18,3	9,3	49,2	4025,0	600,0	665,0	510,0	520,0

Verifica della Portata

Per il calcolo della portata del cavo in posa interrata vengono utilizzati i seguenti coefficienti correttivi, calcolati come segue:

- temperatura ambiente: si ipotizza una temperatura ambiente media di esercizio di 25°C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_1 = 0,96$;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è $k_2 = 0,94$;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano $k_3 = 1$;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui $k_4 = 0,91$.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,50 m, in un terreno a 25°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z = I_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 = 2 \cdot 520 \cdot 0,96 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,91 = 982 \text{ A}$$

Dove:

- I_z è la portata effettiva del cavo in doppia terna;
- I_0 è la portata teorica del cavo in doppia terna.

Verifica della caduta di tensione tratto Interrato

L'aspetto fondamentale per il dimensionamento delle linee elettriche è, oltre alla scelta della sezione più idonea in relazione al tipo di posa e all'entità del carico, contenere il valore delle cadute di tensione (c.d.t.) al valore massimo del 4%.

Occorre pertanto verificare che, in normali condizioni di esercizio, la massima caduta di tensione fra il punto di partenza della nuova linea MT e il punto di arrivo sia compatibile con le caratteristiche del cavo.

La caduta di tensione in condizioni di esercizio è pari a:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot I_b \cdot (r \cdot L_7 \cdot \cos \varphi_n + x \cdot L_7 \cdot \sin \varphi_n)}{1000}$$

Dove:

- I_b è la corrente di impiego per il tratto di cavo considerato in [A];
- L_7 è la lunghezza del tratto di cavo considerato in [m];
- r è la resistenza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km];
- x è la reattanza per unità di lunghezza del cavo considerato in [Ω /km].

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione:	2x(1x240) mmq
Tipo di Posa:	interrata
Tipo di Cavo:	RG7H1R 26/45 kV

Isolamento: HEPR G7
Materiale: Rame
Lunghezza tratto interrato: 480 metri

Risulta pertanto:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot 546 \cdot (0,075 \cdot 480 \cdot 0,97 + 0,180 \cdot 480 \cdot 0,24)}{1000} \cong 53,1 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V}{V_n} * 100 = \frac{53,1}{36000} \cdot 100 = 0,1\% < 4\%$$

5. Valutazione preliminare impatto elettromagnetico

Si premette che il progetto, nella localizzazione dell'impianto, ha tenuto conto degli aspetti territoriali ed ambientali esistenti, discostandosi da aree sottoposte a vincoli ambientali, archeologici, paesaggistici, etc. L'impianto pertanto verrà realizzato in un'area a vocazione esclusivamente rurale e sarà realizzato secondo la planimetria riportata in Tav.08-Planimetria Generale di impianto.

In prossimità dell'impianto infatti non esistono aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

L'impatto elettromagnetico dell'impianto eolico e delle infrastrutture collegate, è associato ai campi magnetici emessi dalle cabine, dagli elettrodotti interrati che collegano l'impianto eolico alla rete elettrica AT esistente.

E' possibile anticipare fin d'ora che l'uso di linee elettriche con cavo cordato a elica mitiga notevolmente le problematiche relative alle emissioni di campi magnetici. Ciò è dovuto alla compensazione delle componenti vettoriali associate alle tre fasi della linea, per effetto della reciproca vicinanza dei cavi (che essendo isolati, possono essere accostati l'uno all'altro).

L'analisi di impatto elettromagnetico è stata effettuata in accordo al D.M. 20/05/2008, alla guida alla valutazione dei rischi per la salute e sicurezza derivante dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro, alla norma CEI EN 50499 "Procedura per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici" e altre norme CEI di riferimento.

Le valutazioni sono state effettuate utilizzando un principio cautelativo, ovvero assumendo le ipotesi peggiorative dal punto di vista delle emissioni da parte degli elettrodotti e cavidotti.

Per quanto riguarda il campo elettrico, la normativa definisce un limite di esposizione di 5 kV/m, ma non fa menzione di valori di attenzione o obiettivi di qualità per linee di media tensione. Ciò è dovuto al fatto che il campo elettrico (che è proporzionale alla tensione di esercizio) emesso da linee a media tensione (MT) è notevolmente inferiore a quello delle linee ad alta tensione (AT).

Inoltre, le linee a media tensione prevedono la schermatura dei conduttori, soluzione tecnica che introduce un'ulteriore riduzione del campo elettrico emesso, oltre alla parziale mitigazione del campo magnetico per correnti indotte sullo schermo stesso.

Di conseguenza, il campo elettrico non è stato preso in considerazione, mentre per il campo magnetico si ha un ulteriore elemento favorevole alla sicurezza.

In relazione al campo magnetico, le distanze di prima approssimazione calcolate sono le seguenti:

- 6 metri a partire dalle pareti esterne degli aerogeneratori;
- trascurabili per le linee MT a 30 kV in cavo cordato ad elica;
- 7 metri a partire dalle pareti esterne della cabina di trasformazione utente;
- 2,5 metri dall'asse dei conduttori del cavidotto a 36 kV.

Per un'analisi più approfondita della valutazione di impatto elettromagnetico si veda la *Rel.18 - Campi Elettromagnetici*, nella quale sono anche illustrate le soluzioni da adottare per garantire il soddisfacimento dell'obiettivo di qualità per il valore di induzione magnetica lungo tutto il percorso delle linee elettriche. Tra queste, per minimizzare l'emissione da parte delle linee interrate, le tre fasi potranno essere disposte a 'trifoglio' ed avvolte ad elica. Tale configurazione permette di ridurre il valore del campo magnetico emesso rispetto alla configurazione a linee parallele.

Per la rappresentazione grafica delle distanze di prima approssimazione (DPA) si veda la *Tav.50 - DPA su Ortofoto*.