

REGIONE SICILIA  
PROVINCIA 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 21 11 2020.doc | 15.12.2020 | -     |

### REVISIONI

| VERSIONE | DATA       | DESCRIZIONE     | ESEGUITO | VERIFICATO | APPROVATO |
|----------|------------|-----------------|----------|------------|-----------|
| Rev.00   | 15.12.2020 | Prima emissione | GR       | 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: Viale Praga, 45 - 90146 - Palermo  
e-mail: info@capitalengineering.it

SU INCARICO DI



Coolbine S.r.L.  
Sede legale: Viale Praga, 45 - 90146 - Palermo  
e-mail: progettazione@coolbine.it



Sommario

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | Descrizione generale degli impianti.....                         | 2  |
| 1.1    | Generalità.....  | 2  |
| 2.     | Riferimenti normativi.....                                       | 2  |
| 2.1.   | Leggi .....  | 2  |
| 2.2.   | Norme del comitato elettrotecnico italiano CEI, UNI e UNEL ..... | 3  |
| 3.     | Caratteristiche generali del sito.....                           | 4  |
| 3.1.   | Inquadramento Geografico .....                                   | 4  |
| 3.2    | Accessibilità al sito .....                                      | 4  |
| 3.3.   | Uso attuale del sito .....                                       | 4  |
| 3.4.   | Permessi e servitù .....   | 4  |
| 4.     | Descrizione delle opere .....                                    | 4  |
| 4.1.   | Indirizzo del sito dell'impianto .....                           | 5  |
| 4.2.   | Connessione alla rete elettrica pubblica .....                   | 5  |
| 4.3.   | Cavi elettrici e di cablaggio.....                               | 5  |
| 4.4.   | Contributo al cortocircuito impianto di generazione.....         | 6  |
| 4.4.1  | Generatori. ....   | 6  |
| 4.4.2  | Cavi e linee.....  | 6  |
| 4.4.3  | Correnti di guasto .....   | 7  |
| 4.4.4. | Calcolo linea elettrica per la connessione dell'impianto .....   | 8  |
| 5.     | Valutazione preliminare impatto elettromagnetico .....           | 19 |
| 5.1.   | Premessa .....   | 19 |
| 5.2.   | Normativa di riferimento .....                                   | 20 |
| 5.3.   | Analisi computazionale .....                                     | 20 |

## 1. Descrizione generale degli impianti

### 1.1 Generalità

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

Gli aerogeneratori sono interconnessi tramite una linea MT a 30 kV alla nuova Sotto Stazione Elettrica Utente di trasformazione 30kV/220kV, e da questa, tramite cavidotto interrato a 220KV 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 MT a 30 kV c.a., esercito con neutro isolato;
- il sistema BT a 690 V c.a., esercito con neutro a terra (montante aerogeneratore);
- il sistema BT a 400 V c.c., per le alimentazioni protette;
- il sistema AT a 220 kV c.a., 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 e nuova Sotto Stazione Elettrica Utente di trasformazione 30kV/220kV
- 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 35024/1 fasc. 3516 “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 100 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portata di corrente in regime permanente per posa in aria”.
- NORMA CEI-UNEL 35024/1;Ec fasc. 4610 “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 100 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 fasc. 5777 “Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 100 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, è 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 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 3.4 - 132  |
| Potenza Nominale                               | 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         | 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         | 165 m         |
| Velocità Cut-in                                | 3 m/s         |
| Velocità Cut-out                               | 25 m/s        |
| Intervallo temperatura ambiente di riferimento | -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 (220 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 affiancate 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  $\Omega$  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  $\Omega$  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  $\Omega$  della linea;
- $R_0$  è la resistenza omopolare della linea in per unit (p.u.);
- $X_{0L}$  è la reattanza omopolare in  $\Omega$  della linea;
- $X_0$  è la reattanza omopolare della linea in per unit (p.u.);
- $Z_1$  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 monofase<sup>1</sup>.

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

b) Corto circuito bifase senza terra<sup>2</sup>.

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

c) Corto circuito bifase con terra<sup>3</sup>.

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

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

dove  $\alpha$  rappresenta il fattore complesso di Fortescue pari a  $e^{j90^\circ}$ .

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.

<sup>1</sup> Si suppone un guasto sulla fase R (fase S e fase T integre).

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

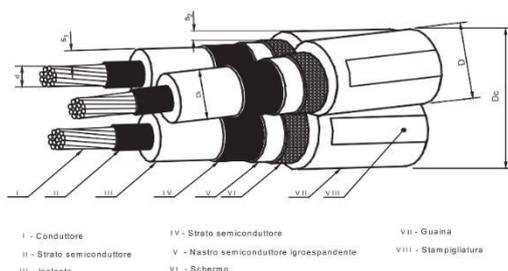
<sup>3</sup> Si suppone un guasto fra la fase S e la fase T (fase R integra).

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 |

| Tipo WTG | Tratta     |                                       | Lungh.<br>km | Generazione |             |            |                     |
|----------|------------|---------------------------------------|--------------|-------------|-------------|------------|---------------------|
|          | Da         | a                                     |              | $P_n$<br>kW | $V_n$<br>kV | $I_n$<br>A | $\cos\phi_n$<br>rit |
|          | WTGA       | WTG6                                  | WTG5         | 1,200       | 3.381       | 30         | 87                  |
| 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                                  | 0,850        | 21.155      | 30          | 420        | 0,97                |
| WTGB     | WTG3       | WTG1                                  | 1,250        | 27.087      | 30          | 538        | 0,97                |
| WTGB     | WTG1       | SSE_Utenza                            | 0,250        | 33.018      | 30          | 655        | 0,97                |
| -        | SSE_Utenza | Stazione Elettrica "Partanna" (220kV) | 0,480        | 33.018      | 220         | 89         | 0,97                |

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG06 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;



| Formazione                   | Ø indicativo conduttore | Ø indicativo isolante | Ø esterno max | Peso indicativo cavo | Portata di corrente A |          |             |          |
|------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------------|----------|-------------|----------|
|                              |                         |                       |               |                      | in aria               |          | interrato*  |          |
| $n^\circ \times \text{mm}^2$ | mm                      | mm                    | mm            | kg/km                | a trifoglio           | in piano | a trifoglio | in piano |
| 1 x 35                       | 7,1                     | 18,70                 | 26,2          | 590                  | 154                   | 185      | 129         | 134      |
| 1 x 50                       | 8,2                     | 19,80                 | 27,4          | 650                  | 184                   | 222      | 152         | 157      |
| 1 x 70                       | 9,9                     | 21,50                 | 29,2          | 750                  | 230                   | 278      | 186         | 192      |
| 1 x 95                       | 11,4                    | 23,00                 | 31,0          | 880                  | 280                   | 338      | 221         | 229      |
| 1 x 120                      | 13,1                    | 24,70                 | 32,8          | 1010                 | 324                   | 391      | 252         | 260      |
| 1 x 150                      | 14,4                    | 26,00                 | 34,5          | 1150                 | 368                   | 440      | 281         | 288      |
| 1 x 185                      | 16,2                    | 27,80                 | 36,4          | 1290                 | 424                   | 504      | 317         | 324      |
| 1 x 240                      | 18,4                    | 30,00                 | 38,9          | 1520                 | 502                   | 593      | 367         | 373      |
| 1 x 300                      | 20,7                    | 32,25                 | 41,6          | 1760                 | 577                   | 677      | 414         | 419      |

### 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 30 °C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è  $k_1=0,93$ ;
- 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  $k_3=0,75$ ;
- 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 1,20 m, in un terreno a 30°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z \text{ cavo} = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 221 \times 0,93 \times 0,94 \times 0,75 \times 0,91 = 132,60 \text{ A}$$

### 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:

$$\Delta V = (K_v \cdot I_b \cdot L) / 1000$$

Dove:

- $K_v=0,410$  [mV/Am] è il coefficiente che tiene conto della caduta di tensione in cavo
- $I_b$  è la corrente di impiego
- $L$  è la lunghezza della linea MT

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

|                             |                  |
|-----------------------------|------------------|
| Formazione:                 | 3x95mmq          |
| Tipo di Posa:               | interrata        |
| Tipo di Cavo:               | ARE4H5RX 18/30kV |
| Isolamento:                 | HEPR/XLPE        |
| Materiale:                  | Alluminio        |
| Lunghezza tratto interrato: | 1200 metri       |

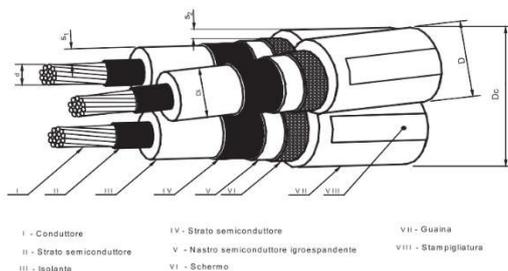
Risulta pertanto:

$$\Delta V = (0,410 \cdot 67 \cdot 1200) / 1000 = 32,96 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \Delta V / V_n \cdot 100 = 32,96 / 30000 \cdot 100 = 0,10 \% \ll 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG05 cumulata a quella prodotta dall'aerogeneratore WTG06 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG04 tramite un tratto di cavidotto interrato in MT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale ARE4H5RX-18/30kV - 1x3x240-L=1400m;



| Formazione           | Ø indicativo conduttore<br>mm | Ø indicativo isolante<br>mm | Ø esterno max<br>mm | Peso indicativo cavo<br>kg/km | Portata di corrente A |          |             |          |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|----------|-------------|----------|
|                      |                               |                             |                     |                               | in aria               |          | interrato*  |          |
| n° x mm <sup>2</sup> |                               |                             |                     |                               | a trifoglio           | in piano | a trifoglio | in piano |
| 1 x 35               | 7,1                           | 18,70                       | 26,2                | 590                           | 154                   | 185      | 129         | 134      |
| 1 x 50               | 8,2                           | 19,80                       | 27,4                | 650                           | 184                   | 222      | 152         | 157      |
| 1 x 70               | 9,9                           | 21,50                       | 29,2                | 750                           | 230                   | 278      | 186         | 192      |
| 1 x 95               | 11,4                          | 23,00                       | 31,0                | 880                           | 280                   | 338      | 221         | 229      |
| 1 x 120              | 13,1                          | 24,70                       | 32,8                | 1010                          | 324                   | 391      | 252         | 260      |
| 1 x 150              | 14,4                          | 26,00                       | 34,5                | 1150                          | 368                   | 440      | 281         | 288      |
| 1 x 185              | 16,2                          | 27,80                       | 36,4                | 1290                          | 424                   | 504      | 317         | 324      |
| 1 x 240              | 18,4                          | 30,00                       | 38,9                | 1520                          | 502                   | 593      | 367         | 373      |
| 1 x 300              | 20,7                          | 32,25                       | 41,6                | 1760                          | 577                   | 677      | 414         | 419      |

### 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 30 °C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è  $k_1=0,93$ ;
- 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  $k_3=0,75$ ;
- 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 1,20 m, in un terreno a 30°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z \text{ cavo} = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 367 \times 0,93 \times 0,94 \times 0,75 \times 0,91 = 220,20 \text{ A}$$

### 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:

$$\Delta V = (K_v \cdot I_b \cdot l) / 1000$$

Dove:

- $K_v=0,163$  [mV/Am] è il coefficiente che tiene conto della caduta di tensione in cavo

- $I_b$  è la corrente di impiego
- $L$  è la lunghezza della linea MT

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

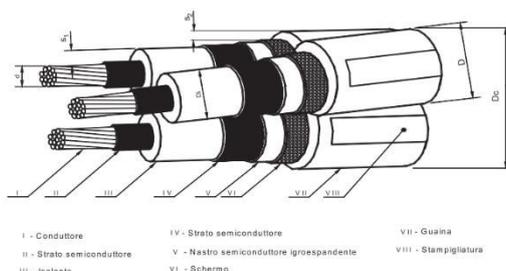
Formazione: 3x240mmq  
 Tipo di Posa: interrata  
 Tipo di Cavo: ARE4H5RX 18/30kV  
 Isolamento: HEPR/XLPE  
 Materiale: Alluminio  
 Lunghezza tratto interrato: 1400 metri  
 Risulta pertanto:

$$\Delta V = (0,163 \cdot 184 \cdot 1400) / 1000 = 41,98 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \Delta V / V_n \cdot 100 = 41,98 / 30000 \cdot 100 = 0,14 \% \ll 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG02 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG04 tramite un tratto di cavidotto interrato in MT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale ARE4H5RX-18/30kV - 1x3x95-L=1100m;



| Formazione           | Ø indicativo conduttore | Ø indicativo isolante | Ø esterno max | Peso indicativo cavo | Portata di corrente A |          |             |          |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------------|----------|-------------|----------|
|                      |                         |                       |               |                      | in aria               |          | interrato*  |          |
| n° x mm <sup>2</sup> | mm                      | mm                    | mm            | kg/km                | a trifoglio           | in piano | a trifoglio | in piano |
| 1 x 35               | 7,1                     | 18,70                 | 26,2          | 590                  | 154                   | 185      | 129         | 134      |
| 1 x 50               | 8,2                     | 19,80                 | 27,4          | 650                  | 184                   | 222      | 152         | 157      |
| 1 x 70               | 9,9                     | 21,50                 | 29,2          | 750                  | 230                   | 278      | 186         | 192      |
| 1 x 95               | 11,4                    | 23,00                 | 31,0          | 880                  | 280                   | 338      | 221         | 229      |
| 1 x 120              | 13,1                    | 24,70                 | 32,8          | 1010                 | 324                   | 391      | 252         | 260      |
| 1 x 150              | 14,4                    | 26,00                 | 34,5          | 1150                 | 368                   | 440      | 281         | 288      |
| 1 x 185              | 16,2                    | 27,80                 | 36,4          | 1290                 | 424                   | 504      | 317         | 324      |
| 1 x 240              | 18,4                    | 30,00                 | 38,9          | 1520                 | 502                   | 593      | 367         | 373      |
| 1 x 300              | 20,7                    | 32,25                 | 41,6          | 1760                 | 577                   | 677      | 414         | 419      |

### 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 30 °C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è  $k_1=0,93$ ;
- 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  $k_3=0,75$ ;

- 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 1,20 m, in un terreno a 30°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z \text{ cavo} = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 221 * 0,93 * 0,94 * 0,75 * 0,91 = 136,6 \text{ A}$$

#### **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:

$$\Delta V = (K_v * I_b * L) / 1000$$

Dove:

- $K_v=0,410$  [mV/Am] è il coefficiente che tiene conto della caduta di tensione in cavo
- $I_b$  è la corrente di impiego
- $L$  è la lunghezza della linea MT

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

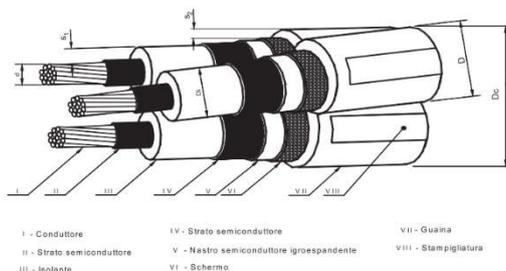
Formazione: 3x95mmq  
 Tipo di Posa: interrata  
 Tipo di Cavo: ARE4H5RX 18/30kV  
 Isolamento: HEPR/XLPE  
 Materiale: Alluminio  
 Lunghezza tratto interrato: 1100 metri  
 Risulta pertanto:

$$\Delta V = (0,410 * 118 * 1100) / 1000 = 53,21 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \Delta V / V_n * 100 = 53,21 / 30000 * 100 = 0,18 \% \ll 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG04 cumulata a quella prodotta dagli aerogeneratori WTG02, WTG05 e WTG06 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG03 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);



| Formazione           | Ø indicativo conduttore | Ø indicativo isolante | Ø esterno max | Peso indicativo cavo | Portata di corrente A |          |             |          |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------------|----------|-------------|----------|
|                      |                         |                       |               |                      | in aria               |          | interrato*  |          |
| n° x mm <sup>2</sup> | mm                      | mm                    | mm            | kg/km                | a trifoglio           | in piano | a trifoglio | in piano |
| 1 x 35               | 7,1                     | 18,70                 | 26,2          | 590                  | 154                   | 185      | 129         | 134      |
| 1 x 50               | 8,2                     | 19,80                 | 27,4          | 650                  | 184                   | 222      | 152         | 157      |
| 1 x 70               | 9,9                     | 21,50                 | 29,2          | 750                  | 230                   | 278      | 186         | 192      |
| 1 x 95               | 11,4                    | 23,00                 | 31,0          | 880                  | 280                   | 338      | 221         | 229      |
| 1 x 120              | 13,1                    | 24,70                 | 32,8          | 1010                 | 324                   | 391      | 252         | 260      |
| 1 x 150              | 14,4                    | 26,00                 | 34,5          | 1150                 | 368                   | 440      | 281         | 288      |
| 1 x 185              | 16,2                    | 27,80                 | 36,4          | 1290                 | 424                   | 504      | 317         | 324      |
| 1 x 240              | 18,4                    | 30,00                 | 38,9          | 1520                 | 502                   | 593      | 367         | 373      |
| 1 x 300              | 20,7                    | 32,25                 | 41,6          | 1760                 | 577                   | 677      | 414         | 419      |

### 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 30 °C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è  $k_1=0,93$ ;
- 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  $k_3=0,75$ ;
- 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 1,20 m, in un terreno a 30°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z \text{ cavo} = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 367 \times 0,93 \times 0,94 \times 0,75 \times 0,91 = 220,20 \text{ A}$$

### 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:

$$\Delta V = (K_v * I_b * L) / 1000$$

Dove:

- $K_v=0,163$  [mV/Am] è il coefficiente che tiene conto della caduta di tensione in cavo
- $I_b$  è la corrente di impiego
- $L$  è la lunghezza della linea MT

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione: 2\*(3x240mmq)  
 Tipo di Posa: interrata  
 Tipo di Cavo: ARE4H5RX 18/30kV  
 Isolamento: HEPR/XLPE  
 Materiale: Alluminio

Lunghezza tratto interrato: 650 metri

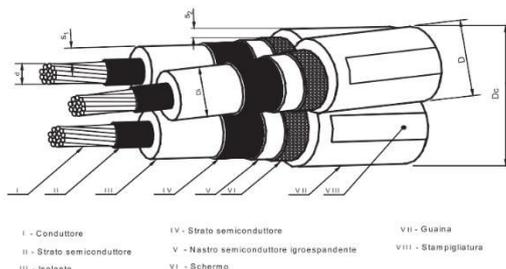
Risulta pertanto:

$$\Delta V = (0,163 \cdot 420 \cdot 650) / 1000 = 44,5 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \Delta V / V_n \cdot 100 = 44,5 / 30000 \cdot 100 = 0,14 \% \ll 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG03 cumulata a quella prodotta dagli aerogeneratori WTG04, WTG02, WTG05 e WTG06 sarà convogliata verso l'aerogeneratore WTG01 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);



| Formazione           | Ø indicativo conduttore | Ø indicativo isolante | Ø esterno max | Peso indicativo cavo | Portata di corrente A |          |             |          |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------------|----------|-------------|----------|
|                      |                         |                       |               |                      | in aria               |          | interrato*  |          |
| n° x mm <sup>2</sup> | mm                      | mm                    | mm            | kg/km                | a trifoglio           | in piano | a trifoglio | in piano |
| 1 x 35               | 7,1                     | 18,70                 | 26,2          | 590                  | 154                   | 185      | 129         | 134      |
| 1 x 50               | 8,2                     | 19,80                 | 27,4          | 650                  | 184                   | 222      | 152         | 157      |
| 1 x 70               | 9,9                     | 21,50                 | 29,2          | 750                  | 230                   | 278      | 186         | 192      |
| 1 x 95               | 11,4                    | 23,00                 | 31,0          | 880                  | 280                   | 338      | 221         | 229      |
| 1 x 120              | 13,1                    | 24,70                 | 32,8          | 1010                 | 324                   | 391      | 252         | 260      |
| 1 x 150              | 14,4                    | 26,00                 | 34,5          | 1150                 | 368                   | 440      | 281         | 288      |
| 1 x 185              | 16,2                    | 27,80                 | 36,4          | 1290                 | 424                   | 504      | 317         | 324      |
| 1 x 240              | 18,4                    | 30,00                 | 38,9          | 1520                 | 502                   | 593      | 367         | 373      |
| 1 x 300              | 20,7                    | 32,25                 | 41,6          | 1760                 | 577                   | 677      | 414         | 419      |

### 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 30 °C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è k1=0,93;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è k2=0,94;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano k3=0,75;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui k4=0,91.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,20 m, in un terreno a 30°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z \text{ cavo} = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 367 \cdot 0,93 \cdot 0,94 \cdot 0,75 \cdot 0,91 = 220,20 \text{ A}$$

### 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:

$$\Delta V = (Kv * Ib * L) / 1000$$

Dove:

- $Kv=0,163$  [mV/Am] è il coefficiente che tiene conto della caduta di tensione in cavo
- $Ib$  è la corrente di impiego
- $L$  è la lunghezza della linea MT

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

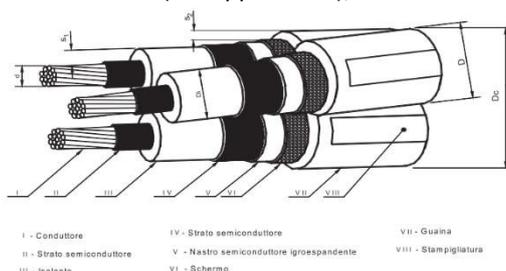
Formazione: 2\*(3x240mmq)  
 Tipo di Posa: interrata  
 Tipo di Cavo: ARE4H5RX 18/30kV  
 Isolamento: HEPR/XLPE  
 Materiale: Alluminio  
 Lunghezza tratto interrato: 1250 metri  
 Risulta pertanto:

$$\Delta V = (0,163 * 538 * 1250) / 1000 = 109,61 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \Delta V / Vn * 100 = 109,61 / 30000 * 100 = 0,36 \% \ll 4\%$$

L'energia prodotta dall'aerogeneratore WTG01 cumulata a quella prodotta dagli altri aerogeneratori sarà convogliata verso la Sotto Stazione 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);



| Formazione           | Ø indicativo conduttore | Ø indicativo isolante | Ø esterno max | Peso indicativo cavo | Portata di corrente A |          |             |          |
|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------------|----------------------|-----------------------|----------|-------------|----------|
|                      |                         |                       |               |                      | in aria               |          | interrato*  |          |
| n° x mm <sup>2</sup> | mm                      | mm                    | mm            | kg/km                | a trifoglio           | in piano | a trifoglio | in piano |
| 1 x 35               | 7,1                     | 18,70                 | 26,2          | 590                  | 154                   | 185      | 129         | 134      |
| 1 x 50               | 8,2                     | 19,80                 | 27,4          | 650                  | 184                   | 222      | 152         | 157      |
| 1 x 70               | 9,9                     | 21,50                 | 29,2          | 750                  | 230                   | 278      | 186         | 192      |
| 1 x 95               | 11,4                    | 23,00                 | 31,0          | 880                  | 280                   | 338      | 221         | 229      |
| 1 x 120              | 13,1                    | 24,70                 | 32,8          | 1010                 | 324                   | 391      | 252         | 260      |
| 1 x 150              | 14,4                    | 26,00                 | 34,5          | 1150                 | 368                   | 440      | 281         | 288      |
| 1 x 185              | 16,2                    | 27,80                 | 36,4          | 1290                 | 424                   | 504      | 317         | 324      |
| 1 x 240              | 18,4                    | 30,00                 | 38,9          | 1520                 | 502                   | 593      | 367         | 373      |
| 1 x 300              | 20,7                    | 32,25                 | 41,6          | 1760                 | 577                   | 677      | 414         | 419      |

### 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 30 °C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è  $k_1=0,93$ ;
- 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  $k_3=0,75$ ;
- 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 1,20 m, in un terreno a 30°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z \text{ cavo} = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 367 \times 0,93 \times 0,94 \times 0,75 \times 0,91 = 220,20 \text{ A}$$

### 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:

$$\Delta V = (K_v \cdot I_b \cdot L) / 1000$$

Dove:

- $K_v=0,163$  [mV/Am] è il coefficiente che tiene conto della caduta di tensione in cavo
- $I_b$  è la corrente di impiego
- $L$  è la lunghezza della linea MT

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

Formazione: 2\*(3x240mmq)  
 Tipo di Posa: interrata  
 Tipo di Cavo: ARE4H5RX 18/30kV  
 Isolamento: HEPR/XLPE  
 Materiale: Alluminio

Lunghezza tratto interrato: 250 metri

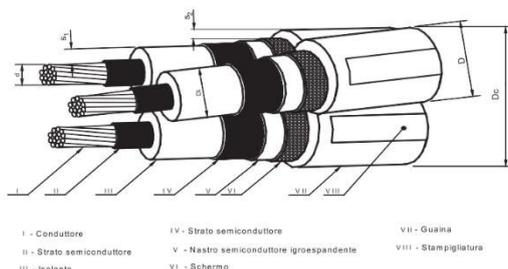
Risulta pertanto:

$$\Delta V = (0,163 * 655 * 250) / 1000 = 26,70 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V\% = \Delta V / V_n * 100 = 26,70 / 30000 * 100 = 0,09 \% \ll 4\%$$

L'energia in uscita dalla Sotto Stazione Utenza sarà convogliata verso la Stazione Elettrica "Partanna 2" tramite un tratto di cavidotto interrato in AT con cavo con conduttori di fase in alluminio elicoidale - 1x3x1200-L=480m;



| Portata in servizio nominale | Sezione conduttore | Sezione schermo    | Diametro cavo | Portata al limite termico del cavo |
|------------------------------|--------------------|--------------------|---------------|------------------------------------|
| [A]                          | [mm <sup>2</sup> ] | [mm <sup>2</sup> ] | [mm]          | [A]                                |
| 1283                         | 3x1x1200           | 170                | 95            | 1315                               |

### 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 30 °C; il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è k1=0,93;
- Profondità di posa: 1,5 m: il corrispondente valore del coefficiente di riduzione da applicare alla portata del cavo è k2=0,94;
- Fattore di riduzione per gruppi di più circuiti installati sullo stesso piano k3=0,75;
- Tipologia di terreno: terreno secco con resistività termica 2,0 Km/W, per cui k4=0,91.

La portata effettiva dei cavi, posati in terra alla profondità di 1,20 m, in un terreno a 30°C con resistività termica nominale di 2 °Cm/W è pertanto pari a:

$$I_z \text{ cavo} = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 1283 * 0,93 * 0,94 * 0,75 * 0,91 = 769,8 \text{ A}$$

### 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 AT e il punto di arrivo sia compatibile con le caratteristiche del cavo.

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

$$\Delta V = (K_v * I_b * L) / 1000$$

Dove:

- $K_v = 0,093$  [mV/Am] è il coefficiente che tiene conto della caduta di tensione in cavo
- $I_b$  è la corrente di impiego
- $L$  è la lunghezza della linea MT

Il conduttore considerato ha le seguenti caratteristiche:

|                             |                |
|-----------------------------|----------------|
| Formazione:                 | 3x1200mmq      |
| Tipo di Posa:               | interrata      |
| Tipo di Cavo:               | ARE4H5RX 220kV |
| Isolamento:                 | HEPR/XLPE      |
| Materiale:                  | Alluminio      |
| Lunghezza tratto interrato: | 480 metri      |

Risulta pertanto:

$$\Delta V = (0,163 * 89 * 480) / 1000 = 5,1 \text{ V}$$

che espresso in termini percentuali:

$$\Delta V \% = \Delta V / V_n * 100 = 5,1 / 220000 * 100 = 0,009 \% \ll 4\%$$

## 5. Valutazione preliminare impatto elettromagnetico

### 5.1. Premessa

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 allegata.

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 utilizzando modelli di simulazione analitici che permettono una stima accurata dei valori di campo magnetico presenti nel caso reale.

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.

Nel documento sono 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.

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. Tuttavia, non avendo a disposizione dati certi relativamente al passo dell'elica (parametro geometrico fondamentale per il calcolo del campo magnetico), si è preferito effettuare le valutazioni numeriche assumendo l'ipotesi di linee parallele. Questa ipotesi è chiaramente peggiorativa rispetto alla condizione reale e quindi cautelativi ai fini della sicurezza delle persone.

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.

## 5.2. Normativa di riferimento

Le normative di riferimento applicate sono le seguenti:

- Legge 36/01
- D.P.C.M. 08/07/03
- D.M. 29/07/08

Per l'impianto in esame si applicano le prescrizioni di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 08/04/03 che fissa per il valore dell'induzione magnetica l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore giornaliere.

Per quanto concerne il campo elettrico il valore è fissato in 5 kV/m dall'art. 3 del D.P.C.M. 08/07/03.

## 5.3. Analisi computazionale

I calcoli che seguono servono a determinare l'induzione magnetica massima, la distanza di prima approssimazione (Dpa) e la fascia di rispetto, per i cavi e le cabine, utilizzando le formule previste nel D.M. 29/05/08 e nella guida CEI 106-11.

Si elencano qui di seguito i calcoli effettuati, considerando che per la DPA si è utilizzata la formula riportata nel D.M. 29.05.08, mentre per il calcolo di B, R' e R<sub>0</sub> le formule previste nella guida CEI:

1.  $DPA = \sqrt{I} * 0,40942 * x^{0,5241}$  con x diametro esterno dei cavi, I la corrente transitante e DPA la distanza di prima approssimazione, che si determina soltanto con la portata dei cavi (valore massimo di I).
2.  $B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$
3.  $B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$  [ $\mu$ T]
4.  $R' = 0,286 * \sqrt{S * I}$  [m]
5.  $R_0 = \sqrt{0,082 * S * I - d^2}$  [m]

Secondo le leggi fisiche dell'elettromagnetismo, l'induzione magnetica B, il campo magnetico H e la corrente I, sono collegate tra loro dalle seguenti espressioni:

$$B = \mu \cdot H ; I = H \cdot \frac{L}{N}$$

essendo

- B = induzione magnetica [Tesla]
- $\mu$  = permeabilità magnetica [Henry/spire<sup>2</sup>·m]
- H = campo magnetico [Amperespire/m]
- I = Corrente [A]
- L = lunghezza della spira [m]
- N = numero di conduttori

Essendo inoltre in presenza di materiali diamagnetici o paramagnetici, si può ipotizzare che la permeabilità magnetica  $\mu \cong \mu_0$  permeabilità del vuoto e pertanto la si può ritenere nota e costante.

In questa ipotesi le superiori equazioni permettono di scrivere che:  $I = kB$  dove k è una costante e pertanto si può ipotizzare lineare la curva di  $B = f(I)$

In funzione delle misure di induzione magnetica effettuate sul campo e delle correnti misurate o ipotizzate, si possono calcolare, in prima approssimazione, i valori sul campo dell'induzione: in funzione della massima corrente prevista nei cavi.

Per l'impianto si è considerata quindi come distanza di prima approssimazione quella massima ottenuta e cioè DPA = 1,30 m e quindi la fascia di rispetto complessiva è pari a 3,00 m.

Il valore dell'induzione elettromagnetica è comunque sempre  $\ll 3\mu T$ , che è l'obiettivo di qualità, in qualsiasi zona dell'impianto.

In conclusione, dalle verifiche eseguite si può affermare che l'impianto è stato dimensionato in modo da essere conforme ai contenuti di cui all'art. 4 del D.P.C.M dell'08/07/03 (G.U. n.200 del 29/08/2003) e del D.M. 29/05/08 ed è stato progettato nel pieno rispetto dei contenuti di cui all'art.6 del richiamato decreto.

Pertanto ai sensi dell'art. 5.1.3 del D.M. 29/05/08, l'analisi del campo magnetico si esaurisce questo livello essendo anche certi che il campo elettrico è sempre  $\ll 5$  kV/m così come fissato dall'art. 3 del D.P.C.M. 08/07/03. Per gli eventuali approfondimenti si rimanda alla relazione *Rel.18 – Relazione campi elettromagnetici*.