

- biogas ●
- biometano ●
- eolico ●
- fotovoltaico ●
- efficienza energetica ●
- waste to chemical ●

Relazione campi elettromagnetici

Progetto definitivo

Impianto eolico di "Castellana Sicula"

Comuni di Castellana Sicula e Polizzi Generosa (PA)

Località "Cozzo Bagianello"



N. REV. DESCRIZIONE

a Emissione

ELABORATO

Serdea srl

CONTROLLATO

Asja
Castellana Polizzi srl

APPROVATO

Serdea srl

IT/EOL/E-CASI/PDF/E/RS/027-a

15/11/2022

Via Ivrea, 70 - Rivoli (TO) Italia

T +39 011.9579211

F +39 011.9579241

info@asja.energy

INDICE

	PAGINA
1. PREMESSA	3
2. QUADRO NORMATIVO	3
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....	6
3.1 Descrizione sintetica dell'impianto eolico.....	6
3.2 Schema elettrico semplificato.....	9
4. FONTI DI EMISSIONE.....	9
4.1 Aerogeneratori.....	10
4.2 Elettrodotti	11
4.2.1 Cavidotti	12
4.2.2 Interferenze cavidotti.....	15
4.3 Cabine di sezionamento.....	16
4.4 Cabina utente	16
5. CAMPO ELETTRICO	17
6. CAMPO MAGNETICO.....	18
6.1 Calcolo DPA cavidotti a 36 kV	19
6.1.1 Cavidotto composto da una terna di tipologia T1-A	19
6.1.2 Cavidotto composto da una terna di tipologia T1-B.....	20
6.1.3 Cavidotto composto da una terna di tipologia T1-C.....	20
6.1.4 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-A	21
6.1.5 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-B.....	22
6.1.6 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-C.....	23
6.1.7 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-D.....	24
6.1.8 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-E	25
6.2 Calcolo DPA cabine di sezionamento e cabina utente.....	26
7. CONCLUSIONI.....	28

1. PREMESSA

La Società *Asja Castellana Polizzi s.r.l.*, con sede legale a Torino in Corso Vittorio Emanuele II n. 6, intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, composto da n. 7 aerogeneratori con potenza unitaria di 7,0 MW per una potenza complessiva di 49,0 MW ricadente nei territori comunali di Castellana Sicula (PA) e Polizzi Generosa (PA), denominato impianto eolico di "Castellana Sicula", in località "Cozzo Bagianello".

Come da STMG formalizzata da Terna S.p.A., l'impianto eolico sarà collegato alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) mediante un cavidotto a 36 kV, il cui tratto finale interessa il Comune di Villalba (CL), dove è ubicata la Cabina Utente (CU) che costituisce l'interfaccia per la consegna dell'energia immessa alla RTN presso la Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV di Terna, denominata "Caltanissetta". Il collegamento tra la CU e la sezione a 36 kV della SE sarà realizzato mediante un breve tratto di cavidotto interrato.

La presente relazione tecnica ha per oggetto la valutazione dell'impatto dei campi elettromagnetici, nell'ambito del progetto definitivo dell'impianto eolico, individua le potenziali sorgenti di emissione di campi elettromagnetici e ne valuta i potenziali rischi nei riguardi dell'esposizione delle persone.

2. QUADRO NORMATIVO

La base normativa cogente relativa all'impianto dei campi elettromagnetici sulle persone è costituita dal **DPCM 22.02.2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"**, il quale detta i principi atti ad assicurare la tutela della salute dei lavoratori e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, oltre a promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine e ad assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio promuovendo l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

La legge quadro si applica agli elettrodotti intesi come insieme di linee elettriche, sottostazione e cabine di trasformazione, e definisce i concetti di:

- **esposizione** di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;

- **limite di esposizione**, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- **valore di attenzione**, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate delle persone.

La legge quadro, inoltre, fissa le funzioni dello Stato, delle Regioni, delle Province e dei Comuni, in termini di censimento (catasto delle sorgenti fisse e mobili dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e delle zone territoriali interessate), programmazione, autorizzazione e controllo.

Il successivo **DPCM 08.07.2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"**, fissa i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, e stabilisce un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

Si precisa che i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

Il decreto stabilisce che nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato **il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico**, intesi come valori efficaci.

Inoltre, a titolo cautelativo per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, **si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio (*Art. 3. Limiti di esposizione e valori di attenzione*).

Il decreto fissa anche i limiti nella **progettazione di nuovi elettrodotti** in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio.

Ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato **l'obiettivo di qualità di 3 μ T** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come **mediana dei valori nell'arco delle 24 ore** nelle normali condizioni di esercizio (*Art. 4. Obiettivi di qualità*). Questo obiettivo di qualità, unitamente alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, deve essere preso come riferimento per **determinazione delle fasce di rispetto** (*Art. 6. Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti*), in conformità al **D.M. 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"**. Tale metodologia elaborata dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (ARPAT) si prefigge di fornire la procedura per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree o interrate che devono garantire ove sia applicabile l'obiettivo di qualità.

Secondo la metodologia ARPAT, per "Fascia di rispetto" si intende lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra ed al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità, con la conseguenza che, in base all'art.4 comma 1 lettera h della Legge Quadro n.36/2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere.

In base alla stessa metodologia, la "Distanza di prima approssimazione" (DPA) per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo e misurata dalla proiezione del centro linea, all'esterno della quale cadono tutti i punti la cui proiezione al suolo sia esterna alle fasce di rispetto.

Pertanto, per linee elettriche aeree e interrate, lo spazio costituito da tutti i punti caratterizzati da valori di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità, definisce un volume attorno ai conduttori la cui superficie identifica la fascia di rispetto pertinente ad una o più linee elettriche aeree o interrate.

Per le cabine elettriche, la "Distanza di prima approssimazione" (DPA) è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti esterne della cabina all'esterno della quale cadono tutti i punti la cui proiezione al suolo si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Le superfici così definite comprendono al loro interno tutti i punti con valore di induzione maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Per le linee in cavo, la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente come definita nella norma CEI 11-17 e calcolata secondo la norma CEI 20-21.

In base al D.M. Ambiente 29.05.2008, restano escluse dall'applicazione della metodologia le linee esercite a frequenze diverse da quella di rete (50 Hz), le linee definite di classe zero e di prima classe secondo il D.I. 21.03.1988 n.449, nonché le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) in quanto, in tutti questi casi, le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal D.I. n.449/88 e dal D.M.LL.PP. del 16.01.1991.

Oltre alle norme CEI citate si devono considerare anche:

- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

3.1 Descrizione sintetica dell'impianto eolico

L'impianto eolico è costituito da n. 7 aerogeneratori aventi potenza unitaria di 7,0 MW e, ai fini del progetto definitivo, è stato individuato come aerogeneratore di riferimento il modello Vestas V172 con altezza torre 135 m.

Gli aerogeneratori, denominati con le sigle da CS01 a CS07, sono installati in postazioni costituite da fondazioni e aree di servizio (piazzole) che sono collegate mediante nuovi tratti di strada alla viabilità esistente, parzialmente da adeguare. Gli aerogeneratori che contengono al loro interno tutte le apparecchiature elettriche di generazione, trasformazione e controllo, sono suddivisi in due sotto-campi che afferiscono a due cabine di sezionamento, ubicate vicino agli aerogeneratori denominati CS04 e CS05.

Da ciascuna cabina di sezionamento parte una linea elettrica che trasporta l'energia elettrica fino alla Rete Elettrica di Trasporto Nazionale (RTN) attraverso la Cabina Utente, che

costituisce l'interfaccia per la consegna dell'energia prodotta alla vicina Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 380/150/36 kV di Terna, denominata "Caltanissetta".

La disposizione degli aerogeneratori nel sito eolico è rappresentata nella Figura 1 su cartografia dell'Istituto Geografico Militare (IGM) Serie 50 (scala 1:50.000); le linee rosse tratteggiate rappresentano i confini comunali e, per rendere evidenza delle distanze, si tenga presente che ogni quadrato della griglia misura 1 km x 1 km.

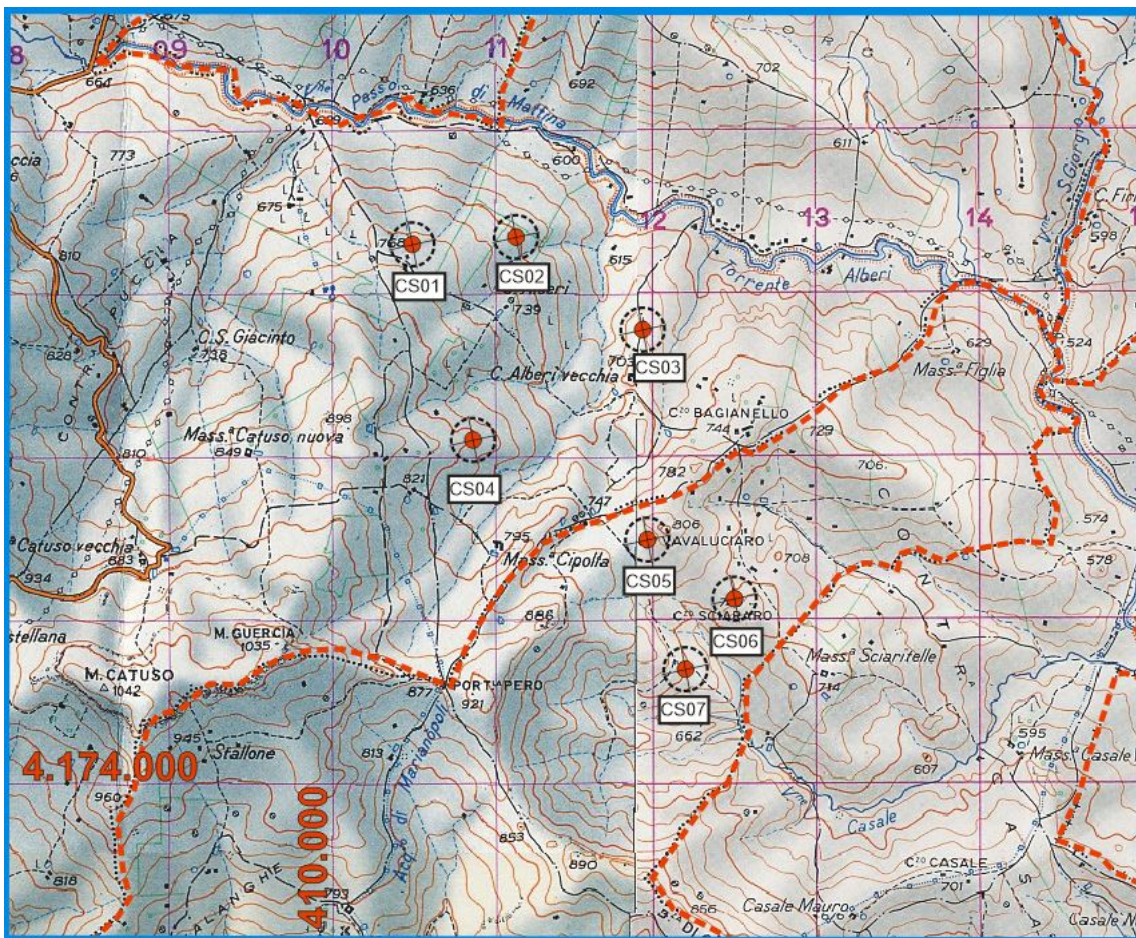


Figura 1: Posizione aerogeneratori su carta topografica Serie 50 IGMI 621 (Alia) e 622 (Gangi)

La seguente immagine (Figura 2) rappresenta in blu i tracciati dei cavidotti di collegamento degli aerogeneratori all'interno dell'area dell'impianto eolico e da questo fino alla Cabina Utente e alla vicina Stazione Elettrica di Terna, seguendo percorsi su strade esistenti o di nuova formazione.

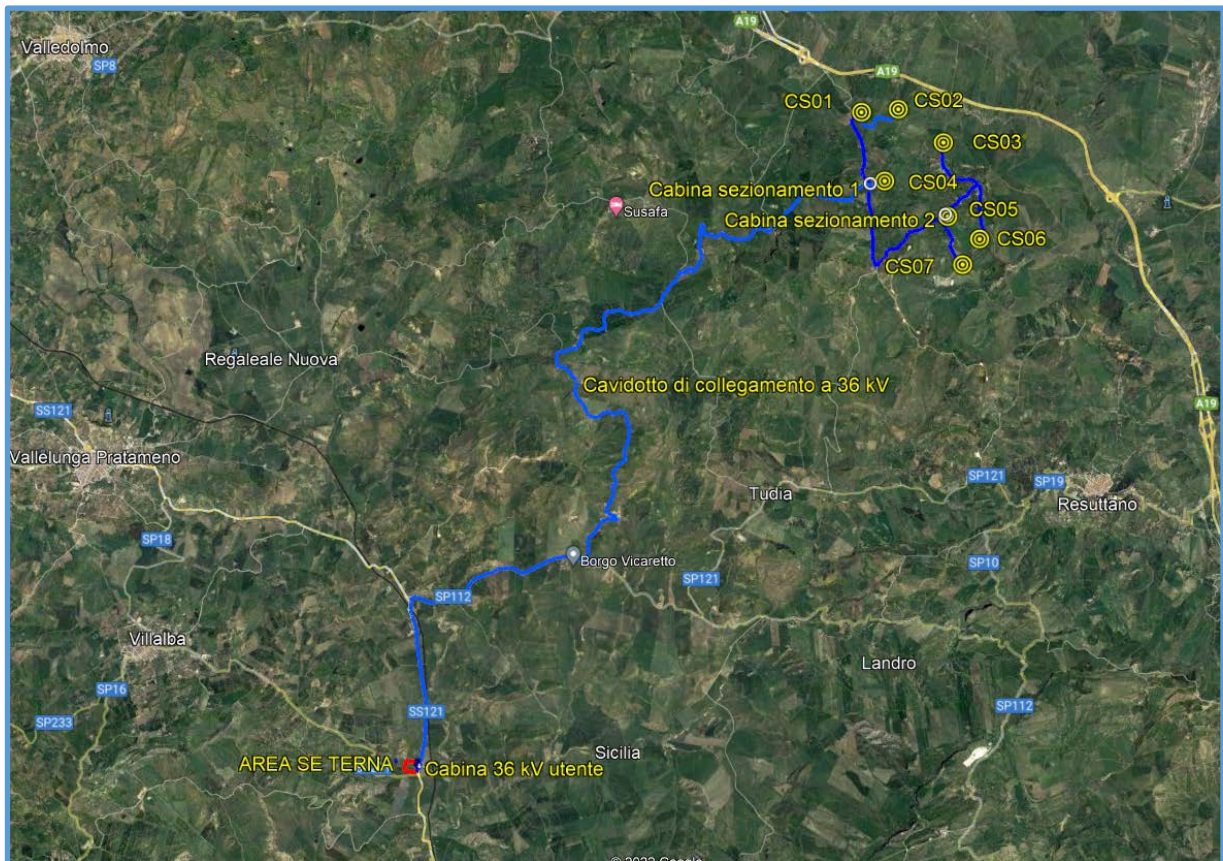


Figura 2: Foto aerea dei cavidotti interrati di collegamento degli aerogeneratori con la SE RTN

Gli aerogeneratori producono energia elettrica alla tensione di 720 V che viene trasformata alla tensione di 36 kV dai trasformatori alloggiati all'interno della struttura.

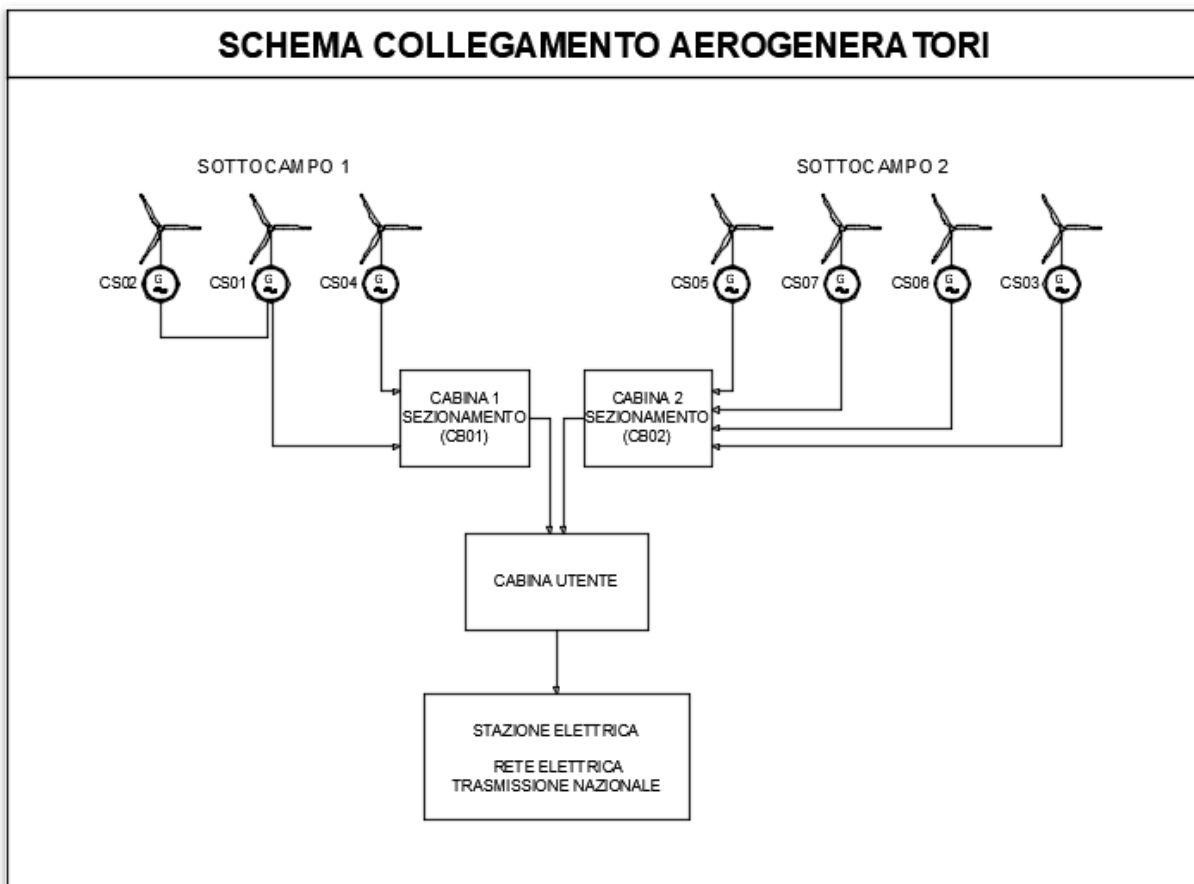
L'energia elettrica viene trasportata, mediante elettrodotti in alta tensione a 36kV interrati, alle cabine di sezionamento e, da queste, alla cabina utente posizionata vicino alla sezione a 36 kV della Stazione Elettrica (SE) di Terna.

Pertanto, per la connessione alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN), l'impianto eolico di "Castellana Sicula" non necessita di stalli di trasformazione e di sbarre di connessione alla tensione di 150 kV o superiori.

La presente relazione tratta i campi elettromagnetici alla frequenza di rete di 50 Hz generati dalle linee elettriche interrate a 36 kV (nei cavidotti) e dagli armadi a 36 kV delle cabine elettriche.

3.2 Schema elettrico semplificato

Le linee di connessione dell'impianto eolico sono tutte a 36 kV.



Come sopra rappresentato, l'impianto risulta diviso in n.2 sottocampi che fanno capo a altrettante cabine di sezionamento, dalle quali escono i rispettivi elettrodotti di collegamento alla cabina utente che costituisce l'interfaccia con la Stazione Elettrica (SE) di Terna.

4. FONTI DI EMISSIONE

Le apparecchiature elettromeccaniche dell'impianto eolico in oggetto generano normalmente, durante il funzionamento, campi elettromagnetici a bassa frequenza (50Hz) con radiazioni non ionizzanti, in quanto non **possiedono l'energia sufficiente** per modificare le componenti della materia e degli esseri viventi (atomi, molecole).

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti dell'impianto eolico:

- i generatori eolici (aerogeneratori).
- le cabine di sezionamento posizionate all'interno dell'area dell'impianto eolico;
- le linee elettriche interrate in cavidotti all'interno dell'area dell'impianto e lungo tutto il percorso per il trasporto dell'energia elettrica alla Cabina Utente e, da questa, alla Stazione Elettrica di Terna;
- la Cabina Utente.

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc) sono da considerare non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, pertanto, non verranno trattate nella presente relazione ai fini della valutazione dei campi elettromagnetici.

Di seguito si riporta la caratterizzazione delle sorgenti sopra elencate.

4.1 Aerogeneratori

Relativamente alla sola componentistica elettrica, l'aerogeneratore risulta composto da:

- generatore elettrico di potenza nominale pari a 7,0 MW alla tensione di 720 V;
- trasformatore 0,72/36kV di potenza nominale pari a 7,8 MVA;
- scomparti a 36 kV per la connessione in entra-esci dell'aerogeneratore con la linea elettrica, in numero variabile a seconda della configurazione della rete;
- sistema di protezione dai fulmini (LPS) per la protezione dalle sovratensioni atmosferiche;
- rete di terra, collegata con le fondazioni dell'aerogeneratore;
- sistema di controllo, che sovrintende e supervisiona il funzionamento dell'aerogeneratore e segnala le eventuali anomalie.

L'energia elettrica prodotta in uscita dall'aerogeneratore è già alla tensione di 36 kV, compatibile con la sezione 36 kV della stazione elettrica della RTN alla quale l'impianto eolico deve essere connesso.

Il generatore elettrico dell'aerogeneratore, costituito principalmente da un generatore asincrono e da un inverter di potenza, produce un campo elettromagnetico che, per costruzione e per consentire il funzionamento, si richiude in prossimità della macchina stessa.

In una camera della navicella laterale al generatore elettrico, è installato il trasformatore di macchina (720V/36kV) opportunamente schermato alla propagazione di qualsiasi campo elettromagnetico.

La navicella si trova ad una altezza superiore a 135 m dal suolo e, pertanto, qualsiasi campo elettromagnetico residuo resta circoscritto a notevole distanza dal suolo.

Gli scomparti a 36 kV si trovano all'interno della torre metallica di sostegno dell'aerogeneratore che costituisce uno schermo a qualsiasi campo elettromagnetico.

Tutte le parti metalliche non attive presenti all'interno dell'aerogeneratore sono collegate alla sbarra di terra, così pure la rete di terra esterna all'aerogeneratore.

Infine, si deve annotare che gli aerogeneratori sono forniti con tutte le certificazioni e le disposizioni operative atte a salvaguardare la salute e la sicurezza dei lavoratori.

4.2 Elettrodotti

Tutti i cavi utilizzati per il collegamento a 36 kV dei sottocampi dell'impianto eolico fino alla cabina utente e per la connessione alla stazione elettrica della RTN, saranno del tipo unipolare, idonei per la posa diretta interrata senza protezione meccanica (posa tipo L Norma CEI 11-17) con conduttori in alluminio, strato di mescola estrusa, isolante in gomma HEPR di qualità G7, schermo metallico costituito da nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale sotto guaina di PVC qualità Rz.

Sebbene normalmente fino alla sezione di 300 mm² i tre cavi unipolari possono essere forniti avvolti ad elica visibile, quindi con quasi totale assenza di impatti esterni relativi ai campi elettromagnetici, le valutazioni della presente relazione saranno eseguite considerando, cautelativamente, tutte le terre con conduttori posati a trifoglio.

I cavi nelle sezioni utilizzate per l'impianto, dimensionati in funzione del numero di aerogeneratori collegati e delle condizioni di posa, hanno le caratteristiche elettriche tipiche riportate nella seguente tabella.

SEZIONE CAVO (1) [mm ²]	RESISTENZA APPARENTE [Ω/km]	REATTANZA DI FASE [Ω/km]
70	0,5800	0,15
95	0,4160	0,14
150	0,2700	0,13
500	0,0890	0,11
630	0,0739	0,10

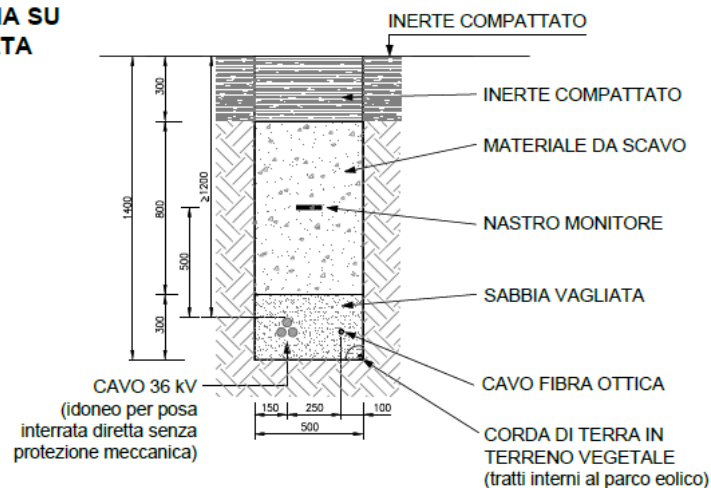
(1) cavo unipolare, conduttore alluminio, isolamento HEPR, posa trifoglio

4.2.1 Cavidotti

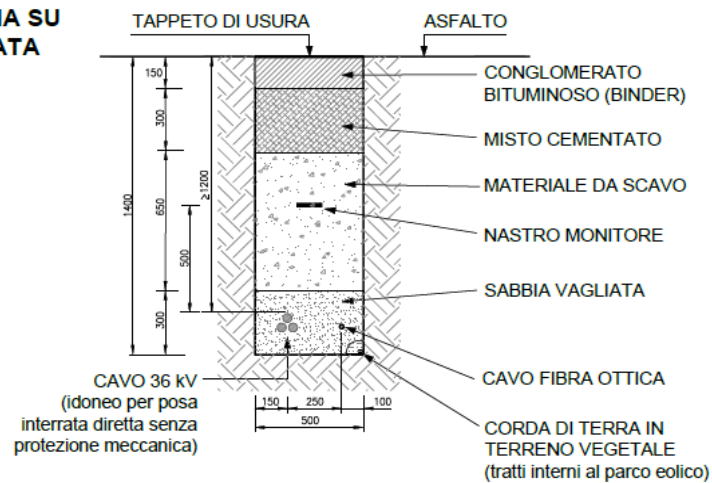
Tutte le linee elettriche sono previste con posa direttamente interrata dei cavi ad una profondità sotto a 1,20 m dal piano di calpestio.

Le tipologie di cavidotti hanno la stessa dimensione verticale, indipendentemente dalla rifinitura superficiale della strada (strada sterrata o asfaltata), nelle configurazioni con una o due terne, come illustrato nelle figure di seguito riportate.

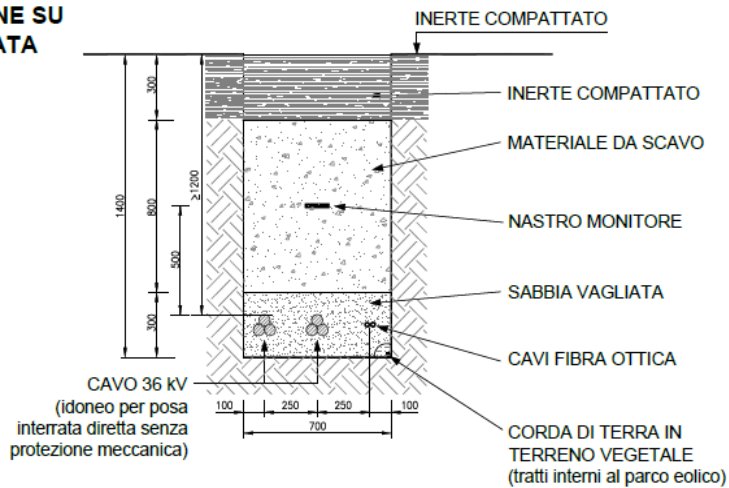
CAVIDOTTO 1 TERNA SU STRADA STERRATA



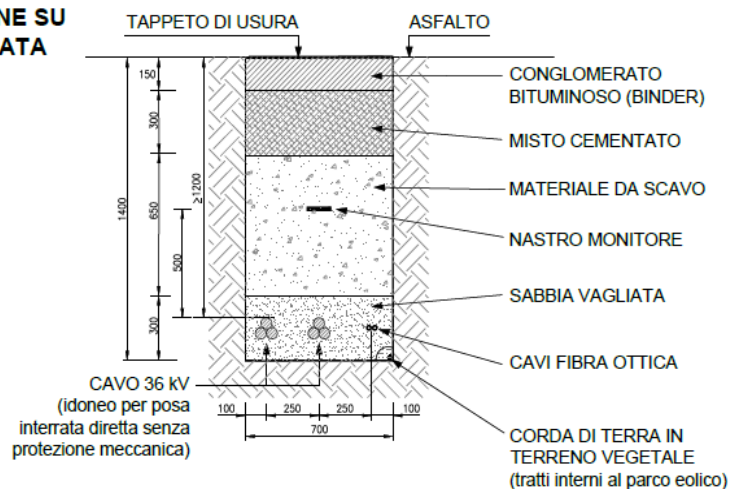
CAVIDOTTO 1 TERNE SU STRADA ASFALTATA



CAVIDOTTO 2 TERNE SU STRADA STERRATA



CAVIDOTTO 2 TERNE SU STRADA ASFALTATA



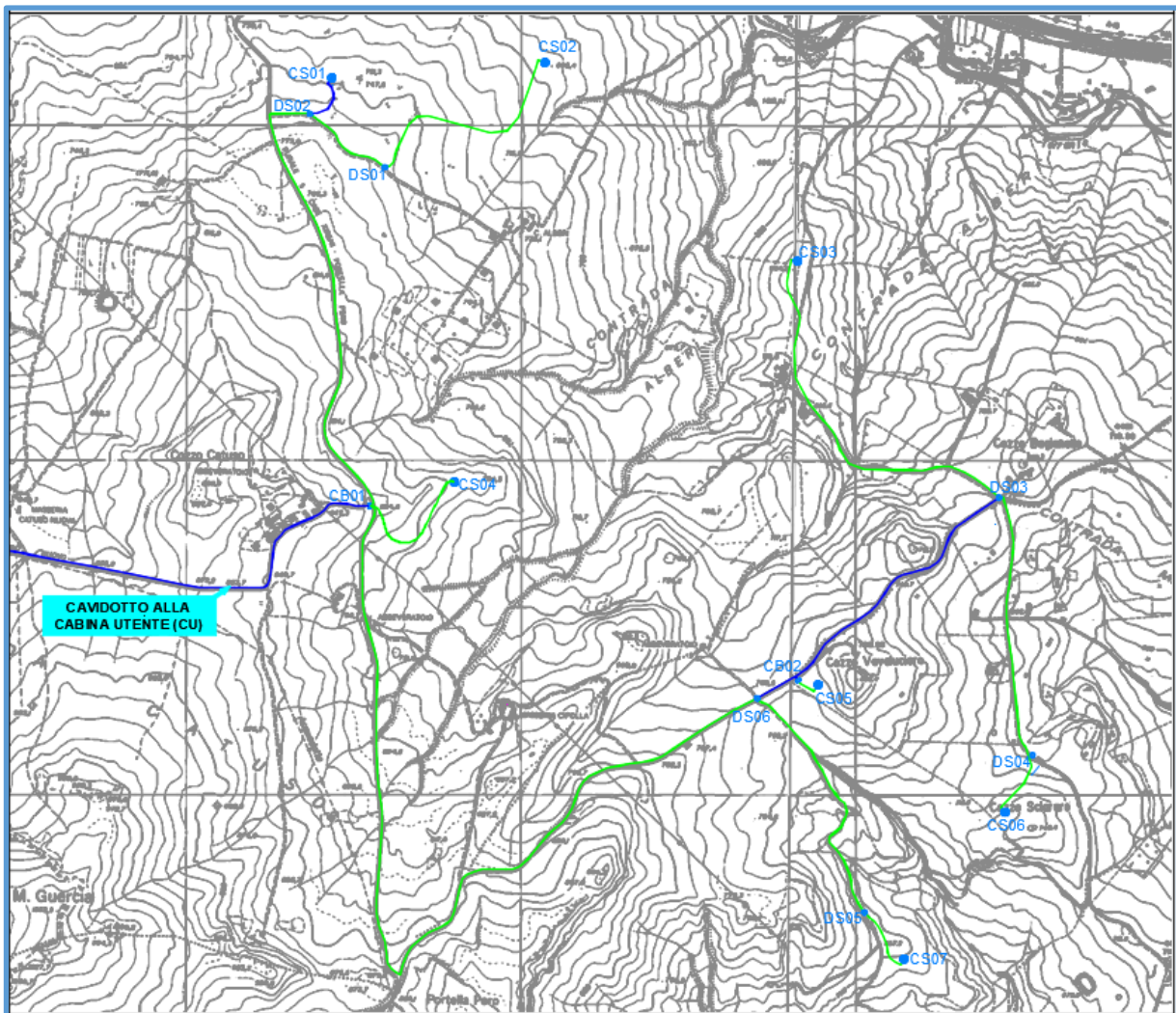


Figura 3: Planimetria cavidotti interrati a una terna (verde) o a due terne (blu)

Con riferimento alla planimetria cavidotti riportata in Figura 3, nella quale sono evidenziati i tratti di cavidotti con una terna (linee verdi) e quelli con due terne (linea blu), la tabella sotto riportata riassume le tratte e le sezioni dei cavi, ricavando le tipologie di cavidotti da considerare in funzione del numero delle terne e delle correnti massime, indipendentemente dalla sezione del conduttore.

TRATTA	LUNGH. [m]	N° TERNE	SEZIONE CAVO 1 [mm ²]	CORRENTE CAVO 1 [A]	SEZIONE CAVO 2 [mm ²]	CORRENTE CAVO 2 [A]	TIPOLOGIA
CS02-DS02	1.010	1	70	122			T1 - A
CS01-DS02	190	2	70	122	150	243	T2 - A
DS02-CB01	1.390	1	150	243			T1 - B
CS04-CB01	330	1	70	122			T1 - A
CS03-DS03	1.170	1	95	122			T1 - A
CS06-DS03	1.020	1	95	122			T1 - A
DS03-CB02	850	2	95	122	95	122	T2 - B
CS05-CB02	80	1	70	122			T1 - A
CS07-DS06	1.010	1	70	122			T1 - A
CB02-DS06	150	2	70	122	630	487	T2 - C
DS06-CB01	2.890	1	630	487			T1 - C
CB01-CU	20.350	2	500	365	630	487	T2 - D
CU - SE	400	2	500	426	500	426	T2 - E

Le condizioni di calcolo sono da considerare ampiamente cautelative anche in relazione alle correnti indicate in tabella, in quanto i valori massimi si ottengono solo in determinate condizioni di ventosità, limitate a circa il 10% dell'intero tempo di produzione dell'impianto eolico ovvero, a circa il 7% se riferite a tutte le ore dell'anno.

4.2.2 Interferenze cavidotti

I cavidotti lungo i percorsi stradali presentano diverse interferenze relative ad attraversamenti di impluvi di acque meteoriche, all'incrocio con tubazioni di altri impianti (acquedotti, metanodotti, ecc.) e al passaggio su ponti.

Per gli attraversamenti e la risoluzione puntuale di interferenze, a seconda dei casi, saranno adottate le soluzioni di seguito riportate:

- a) Passaggio in profondità con trivellazione orizzontale controllata (TOC).
- b) Scavo e realizzazione di nuovo manufatto di protezione.
- c) Ancoraggio laterale a ponte mediante canaletta in acciaio inox.

Nelle soluzioni che prevedono la protezione dei cavi mediante tubazioni o canali metallici si potrà ottenere una significativa attenuazione dei campi elettrici e parzialmente anche dei campi magnetici rispetto alla propagazione all'interno dei cavidotti.

4.3 Cabine di sezionamento

Le n. 2 cabine di sezionamento installate all'interno dell'impianto eolico contengono le apparecchiature elettromeccaniche necessarie ad effettuare il collegamento e il sezionamento delle linee elettriche provenienti dagli aerogeneratori e in uscita verso la Cabina Utente.

Il quadro elettrico a 36 kV delle cabine di sezionamento sarà composto dalle seguenti celle:

- n. 2 celle arrivo linee elettriche aerogeneratori, equipaggiate con interruttori automatici e sezionatori sotto carico;
- n. 1 cella misure, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;
- n. 1 cella partenza linea, verso la cabina utente, equipaggiata con sezionatore sotto carico.

Le cabine sono composte da monoblocchi prefabbricati in cemento armato vibrato, con struttura monolitica autoportante.

4.4 Cabina utente

L'impianto eolico, mediante un elettrodotto a 36 kV che si sviluppa lungo un percorso stradale di circa 20 km, è connesso alla Cabina Utente che costituisce l'interfaccia con la Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale (RTN) ed è posizionata nelle vicinanze della stazione elettrica RTN 380/150/36 kV "Caltanissetta".

il quadro elettrico a 36 kV della cabina utente sarà composto dalle seguenti celle:

- n. 2 celle arrivo linee elettriche capo eolico, equipaggiate con interruttori automatici e sezionatori sotto carico;
- n. 1 cella partenza linea elettrica verso la sezione a 36 kV della stazione elettrica RTN, equipaggiata con interruttore automatico;
- n. 1 cella partenza trasformatore servizi ausiliari, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;

- n. 1 cella misure, equipaggiata con sezionatore sotto carico e fusibili;
- n. 1 cella disponibile per sistemi di compensazione, equipaggiata con interruttore automatico.

La cabina utente è composta da monoblocchi prefabbricati in cemento armato vibrato, con struttura monolitica autoportante.

Si evidenzia che, oltre al locale quadri elettrici a 36 kV, è presente un locale nel quale è installato il trasformatore per i servizi ausiliari, da 100 kVA rapporto 36kV/400V, i cui cavi di collegamento transitano nelle vasche di fondazione delle cabine.

5. CAMPO ELETTRICO

I campi elettrici generati dalle fonti di emissione, individuate nel precedente capitolo, riguardano esclusivamente le linee elettriche che sono schematizzabili come un insieme di conduttori di lunghezza indefinita paralleli tra loro e paralleli al terreno. In tale ipotesi il campo elettrico può essere descritto in modo semplificato su piani verticali perpendicolari ai conduttori della linea elettrica ed al suolo, cioè piani (x,y) che rappresentano la "sezione trasversale della linea".

Inoltre, si può adottare l'ulteriore semplificazione delle "cariche equivalenti", supponendo la carica elettrica concentrata sull'asse dei conduttori anziché distribuita sulla loro superficie, ottenendo risultati con una buona approssimazione a distanza dai conduttori dell'ordine di 10 volte il diametro dei conduttori, condizioni sempre verificate nella pratica.

Applicando il principio delle "cariche immagine" che si creano nel sottosuolo, simmetriche rispetto alla superficie del suolo a potenziale zero, si ricava l'equazione per il calcolo del campo elettrico:

$$\vec{E} = \frac{\lambda(t)}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot d} \cdot \vec{u}(r) \quad |\lambda(t)| = |C| \cdot |V(t)|$$

dove:

- $\lambda(t)$ rappresenta le cariche elettriche indotte sui conduttori della linea dovute alla tensione elettrica dei conduttori $V(t)$ ed alle mutue capacità C ;
- ϵ_0 è la costante dielettrica dell'aria;
- "d" è la distanza del punto di misura dai conduttori.

L'equazione evidenzia che il campo elettrico è direttamente proporzionale alla tensione e inversamente proporzionale alla distanza.

Il campo elettrico prodotto dallo stesso conduttore interrato risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla guaina metallica schermante del cavo, alla presenza di eventuali involucri metallici (quali canalette in acciaio) e all'effetto del terreno che ha una conducibilità elettrica elevata rispetto all'aria e produce un effetto schermante.

Pertanto, si può senza dubbio affermare che il campo elettrico attorno ai cavi interrati è trascurabile.

6. CAMPO MAGNETICO

Quando una corrente elettrica attraversa un corpo conduttore produce un campo magnetico.

L'induzione magnetica B (espressa nell'unità di misura Tesla) in un punto P prodotta da un conduttore lineare di lunghezza infinita è espressa tramite la legge di Biot e Savart:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r} \text{ [T]}$$

essendo:

- B l'induzione magnetica [Tesla = T = Wb / m²]
- μ_0 la permeabilità magnetica nel vuoto, pari a $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ H/m
- I la corrente elettrica percorrente il conduttore espressa in Ampere [A]
- r la distanza radiale "r" del punto P dal conduttore [m]

Il calcolo dei campi magnetici è stato eseguito mediante il software Magnetic Induction Calculation (MAGIC®) della società Be Shielding s.r.l. che è uno strumento per l'analisi di impatto ambientale dei campi magnetici e per la determinazione delle fasce di rispetto per linee elettriche e cabine di trasformazione. MAGIC® permette di analizzare:

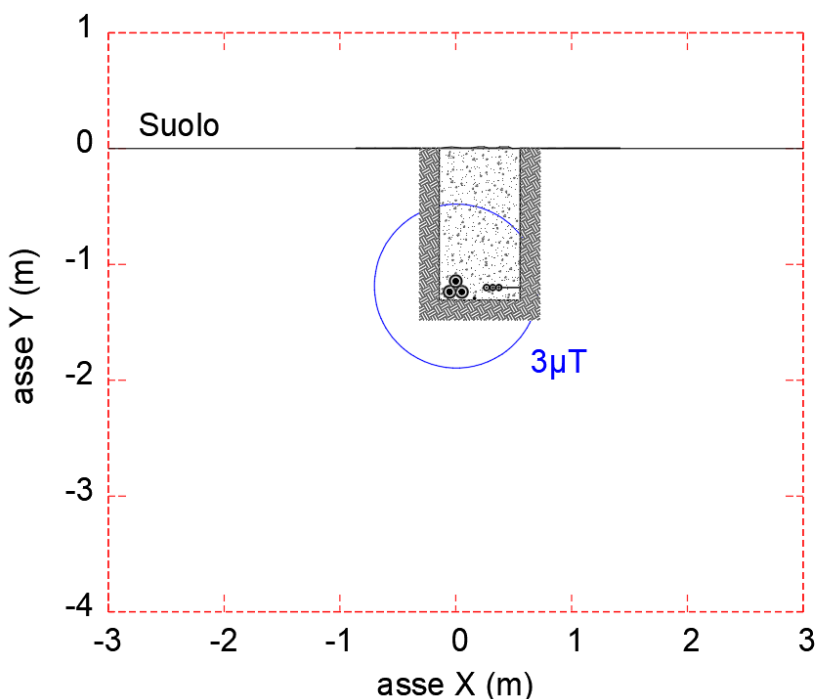
- Singole sorgenti (linee elettriche, cavi, sistemi multiconduttori, trasformatori) mediante configurazioni bidimensionali e tridimensionali attraverso l'integrazione della legge di Biot-Savart.
- Sistemi complessi, come le cabine elettriche di distribuzione e di trasformazione, tenendo conto della reale posizione dei componenti e della sovrapposizione degli effetti.

6.1 Calcolo DPA cavidotti a 36 kV

Con riferimento alla tabella riportata nel precedente § 4.2.1., nei seguenti paragrafi, sono stati determinati i valori di induzione magnetica e sono riportate le Distanze di Prima Approssimazione (DPA) per ogni tipologia di cavidotto che è stata individuata in funzione delle varie combinazioni dell'impianto di "Castellana Sicula", in relazione al numero di terne di cavi e alle relative correnti massime nominali, alla tensione di esercizio di 36 kV e con i cavi disposti a trifoglio sotto alla quota di 1,2 m dal suolo.

6.1.1 Cavidotto composto da una terna di tipologia T1-A

Nella seguente figura viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da una terna di cavi 3x1x70 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale pari a 122 A.



I parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software sono:

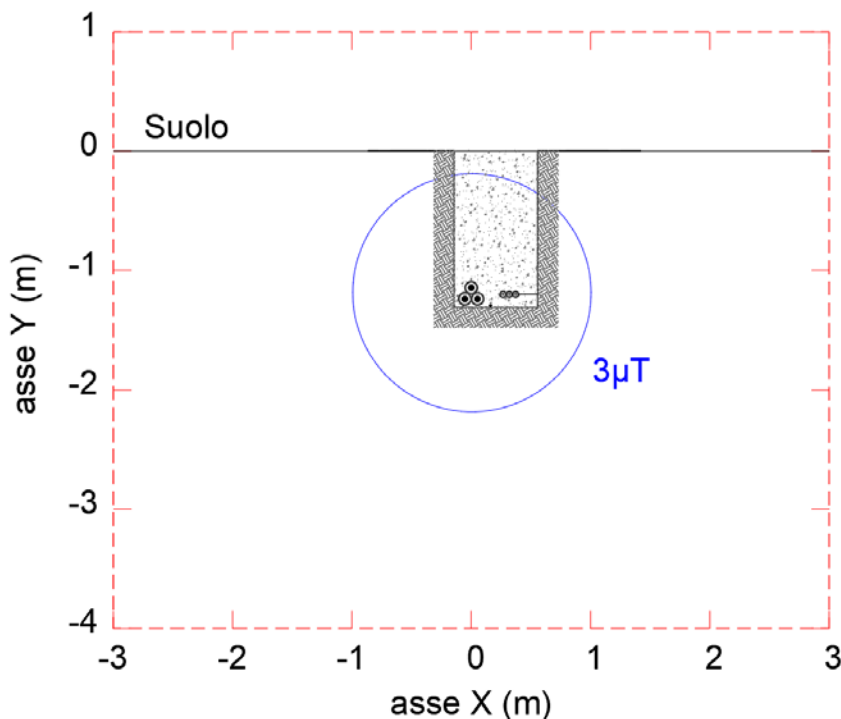
Parametri considerati per la simulazione

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×70	122	1,20	0,05

L'analisi effettuata con i parametri sopra riportati evidenzia che i valori di induzione magnetica dell'elettrodotto sono sempre inferiori alla soglia di 3 μT . Pertanto, la DPA risulterà essere nulla.

6.1.2 Cavidotto composto da una terna di tipologia T1-B

Nella seguente figura viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da una terna di cavi 3x1x150 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale pari a 243 A.



I parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software sono:

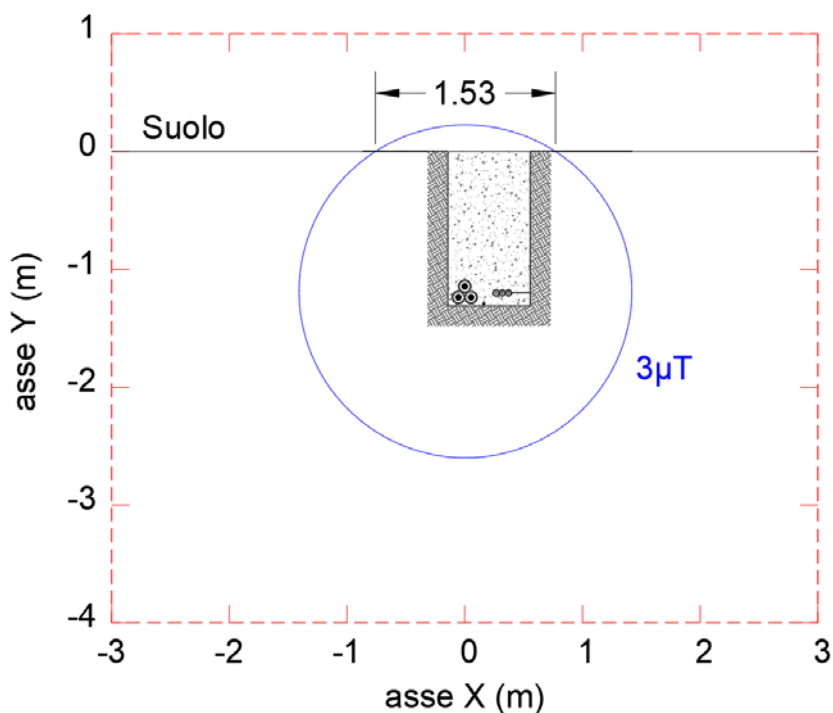
Parametri considerati per la simulazione

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×150	243	1,20	0,05

L'analisi effettuata con i parametri sopra riportati evidenzia che i valori di induzione magnetica dell'elettrodotta sono sempre inferiori alla soglia di 3 μT . Pertanto, la DPA risulterà essere nulla.

6.1.3 Cavidotto composto da una terna di tipologia T1-C

Nella seguente figura viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da una terna di cavi 3x1x630 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale pari a 487 A.



I parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software sono:

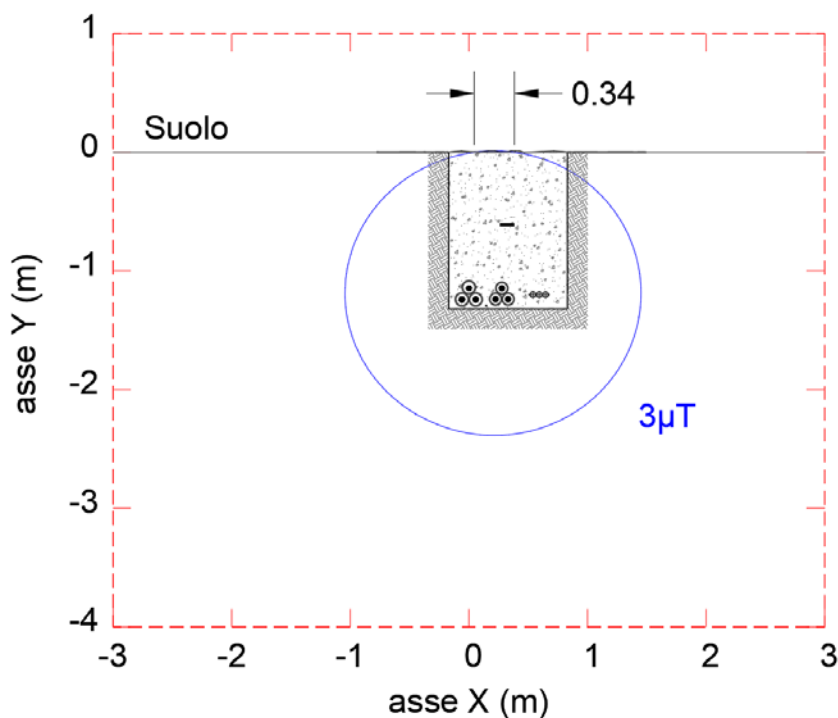
Parametri considerati per la simulazione

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×630	487	1,20	0,05

L'analisi effettuata con i parametri sopra riportati evidenzia che i valori di induzione magnetica dell'elettrodotto sono inferiori alla soglia di 3 µT per una distanza di circa 1,53 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto e tale valore corrisponde alla DPA. Cautelativamente si assumerà la fascia di rispetto pari a 2 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto considerato.

6.1.4 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-A

Nella seguente figura viene illustrata graficamente la curva equivello a 3 µT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da due terne di cavi 3x1x70 mm² e 3x1x150 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati rispettivamente dalle correnti nominali pari a 122 A e 243 A.



I parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software sono:

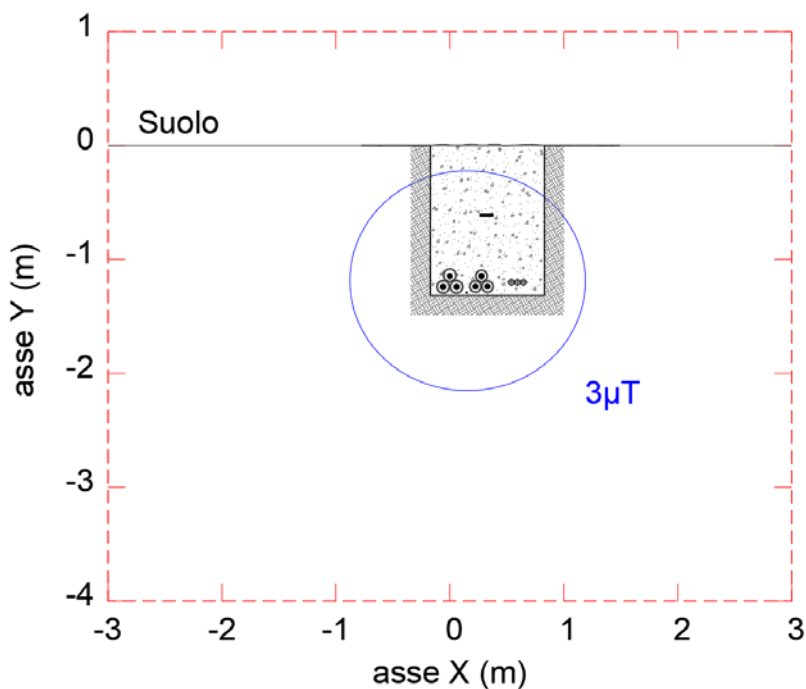
Parametri considerati per la simulazione

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×70	122	1,20	0,05
3×1×150	243	1,20	0,05

L'analisi effettuata con i parametri sopra riportati evidenzia che i valori di induzione magnetica dell'elettrodotto sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 0,34 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto e tale valore corrisponde alla DPA. Cautelativamente si assumerà la fascia di rispetto pari a 0,5 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto considerato.

6.1.5 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-B

Nella seguente figura viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da due terne di cavi 3x1x95 mm² e 3x1x95 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati entrambi dalle correnti nominali pari a 122 A.



I parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software sono:

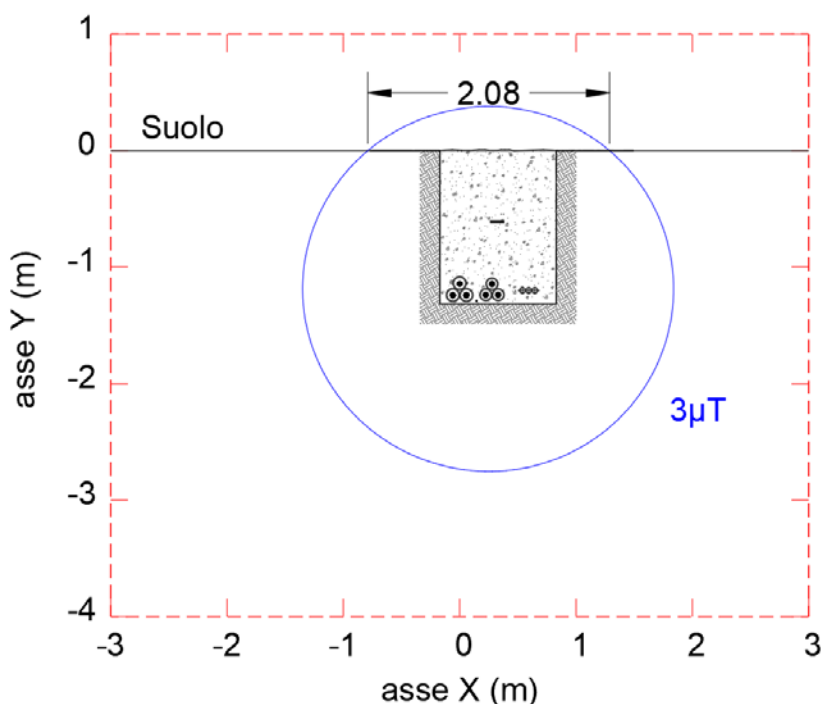
Parametri considerati per la simulazione

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×95	122	1,20	0,05
3×1×95	122	1,20	0,05

L'analisi effettuata con i parametri sopra riportati evidenzia che i valori di induzione magnetica dell'elettrodotto sono sempre inferiori alla soglia di 3 μT. Pertanto, la DPA risulterà essere nulla.

6.1.6 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-C

Nella seguente figura viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da due terne di cavi 3x1x70 mm² e 3x1x630 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati rispettivamente dalle correnti nominali pari a 122 A e 487 A.



I parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software sono:

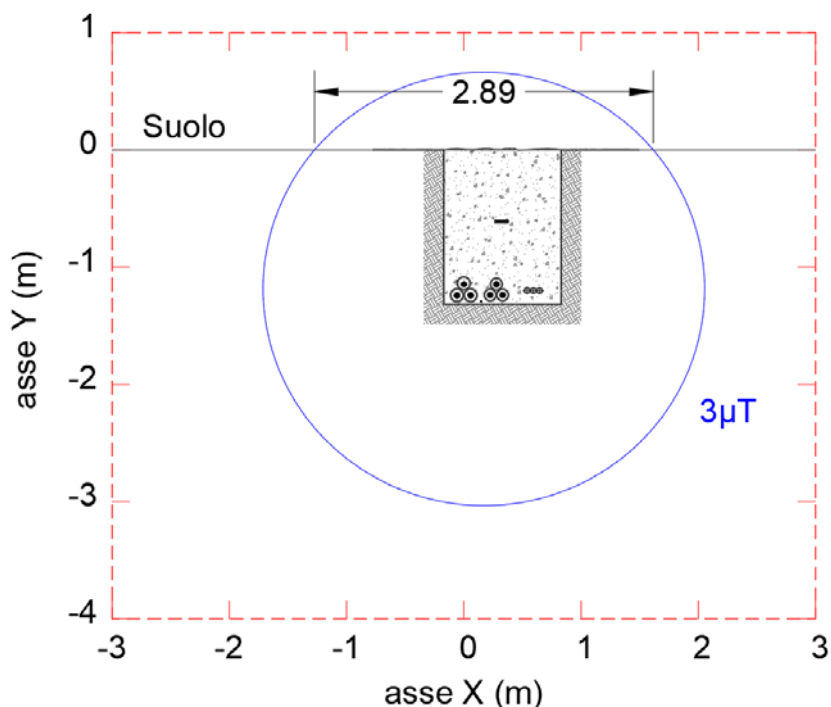
Parametri considerati per la simulazione

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×70	122	1,20	0,05
3×1×630	487	1,20	0,05

L'analisi effettuata con i parametri sopra riportati evidenzia che i valori di induzione magnetica dell'elettrodotto sono inferiori alla soglia di 3 µT per una distanza di circa 2,08 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto e tale valore corrisponde alla DPA. Cautelativamente si assumerà la fascia di rispetto pari a 2,5 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto considerato.

6.1.7 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-D

Nella seguente figura viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 µT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da due terne di cavi 3x1x500 mm² e 3x1x630 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati rispettivamente dalle correnti nominali pari a 365 A e 487 A.



I parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software sono:

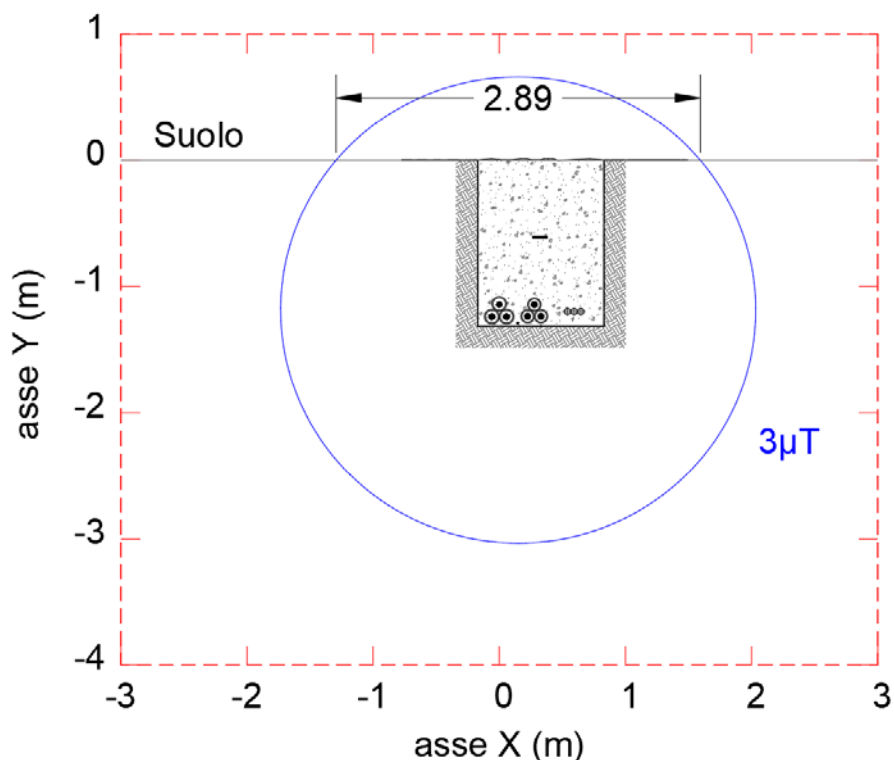
Parametri considerati per la simulazione

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×500	365	1,20	0,05
3×1×630	487	1,20	0,05

L'analisi effettuata con i parametri sopra riportati evidenzia che i valori di induzione magnetica dell'elettrodotto sono inferiori alla soglia di 3 µT per una distanza di circa 2,89 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto e tale valore corrisponde alla DPA. Cautelativamente si assumerà la fascia di rispetto pari a 3,0 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto considerato.

6.1.8 Cavidotto composto da una terna di tipologia T2-E

Nella seguente figura viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 µT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da due terne di cavi 3x1x500 mm² e 3x1x500 mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati entrambi dalle correnti nominali pari a 426 A.



I parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software sono:

Parametri considerati per la simulazione

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×500	426	1,20	0,05
3×1×500	426	1,20	0,05

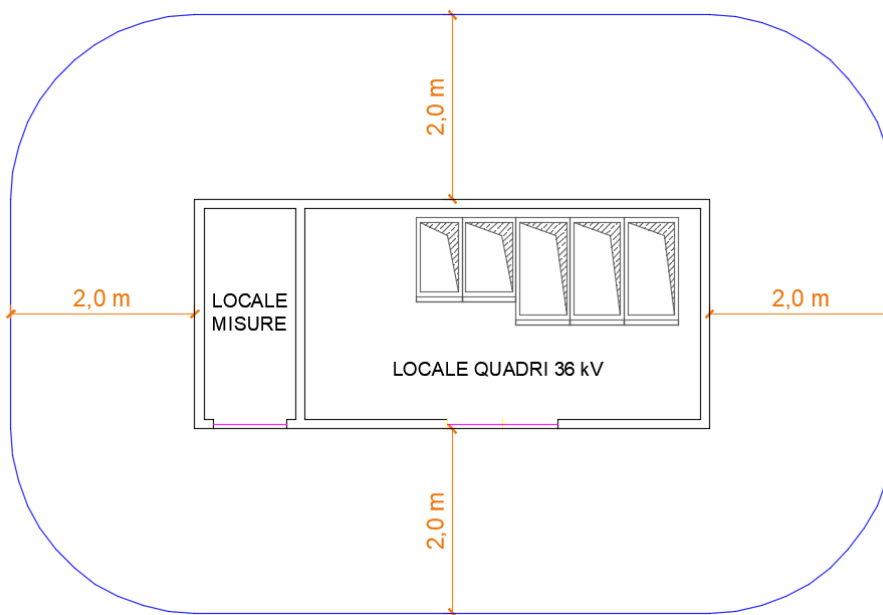
L'analisi effettuata con i parametri sopra riportati evidenzia che i valori di induzione magnetica dell'elettrodotto sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 2,89 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto e tale valore corrisponde alla DPA. Cautelativamente si assumerà la fascia di rispetto pari a 3,0 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto considerato.

6.2 Calcolo DPA cabine di sezionamento e cabina utente

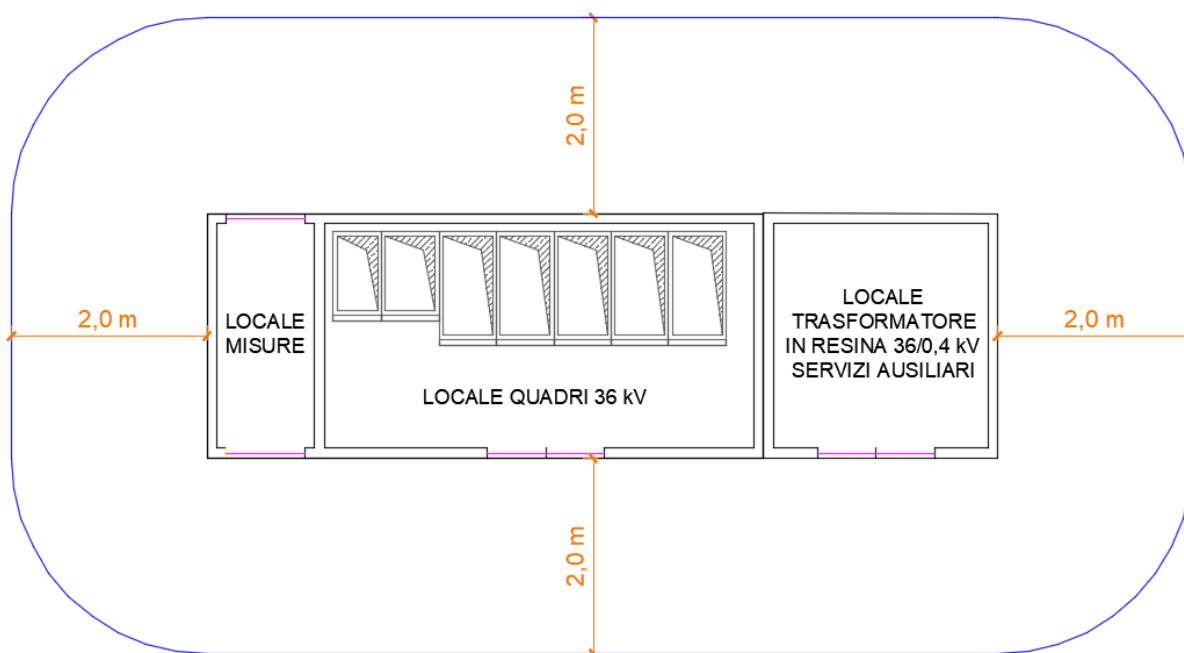
Le cabine elettriche dell'impianto eolico, n. 2 cabine di sezionamento e cabina utente, contengono armadi per le varie apparecchiature, collegate alle linee a 36 kV, con una disposizione che sarà definita nel progetto esecutivo.

Sulla base delle configurazioni riportate negli elaborati grafici "cabine elettriche sezionamento" (doc. IT/EOL/E-CASI/PDF/C/PLN/025-a) e "Cabina elettrica utente" (doc. IT/EOL/E-

CASI/PDF/C/PLN/026-a), quest'ultima solo per quanto riguarda i locali contenenti armadi dei quadri elettrici a 36 kV e il trasformatore di servizio 36/0,4 kV da 100 VA per i servizi ausiliari, sono state verificate alcune ipotesi per la determinazione delle Distanze di Prima Approssimazione che, con arrotondamenti ampiamente cautelativi, sono state arrotondate ad un valore di 2 m attorno alle pareti esterne, come rappresentato nelle figure seguenti.



Distanze di prima approssimazione cabine di sezionamento



Distanze di prima approssimazione cabina utente (locali con apparecchiature a 36 kV)

7. CONCLUSIONI

La presente relazione ha valutato le distanze di prima approssimazione (DPA) per le fonti di emissione dei campi elettromagnetici dell'impianto eolico di "Castellana Sicula" nell'ambito del progetto definitivo.

Le parti di impianto, assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:

- aerogeneratori;
- cavidotti interrati a 36 kV per la interconnessione degli aerogeneratori;
- cabine utente e di sezionamento.

Dal punto di vista del calcolo delle fasce di rispetto si può concludere che:

- per gli aerogeneratori, considerato che la navicella si trova ad una altezza superiore a 135 m dal suolo e che qualsiasi campo elettromagnetico residuo resta circoscritto a notevole distanza dal suolo, viene assunta una DPA nulla;
- per le linee a 36 kV relative alle interconnessioni tra gli aerogeneratori e le cabine dell'impianto eolico, la DPA varia a seconda della tipologia dello scavo individuata nel presente studio e riassunto nella seguente tabella;

Tipologia cavidotto	DPA [m]	Da considerare
T1 - A	0	trascurabile
T1 - B	0	trascurabile
T1 - C	2	a cavallo mezzaria elettrodotto
T2 - A	0,5	a cavallo mezzaria elettrodotto
T2 - B	0	trascurabile
T2 - C	2,5	a cavallo mezzaria elettrodotto
T2 - D	3,0	a cavallo mezzaria elettrodotto
T2 - E	3,0	a cavallo mezzaria elettrodotto

- per le cabine di sezionamento e cabina utente si è considerata cautelativamente una DPA di 2 m dalle pareti esterne.

All'interno delle DPA determinate non sono previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere.

In conclusione, si può affermare che il valore dell'induzione magnetica prodotta dall'impianto eolico di "Castellana Sicula" comporta distanze di prima approssimazione non significative

rispetto alle distanze da aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

Con le considerazioni e le valutazioni sopra esposte, tenuto conto delle tolleranze attribuibili al modello di calcolo adottato, si può ritenere che la realizzazione e l'esercizio dell'impianto eolico in progetto risultano ampiamente compatibili con i limiti di legge per la salvaguardia delle persone.