



Regione Sicilia

Comune di Vizzini (CT)



Progetto per la realizzazione di un Impianto Agrovoltaico della potenza di 150 MW e relative opere connesse nel Comune di Vizzini (CT), C.da Santa Domenica

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Proponente:

1-4-9 Invest Sicily P4 Dev S.r.l.

Vicolo Gumer, 9 - 39100 Bolzano
C.F. e P.Iva: 03122340213 - Numero REA: BZ-233961
pec: 1_4_9investsicilyp4dev@legalmail.it
Tel: +39 0471 067150



1-4-9 Invest Sicily P4 Dev S.r.l.

Progettazione:

Verde Ambiente Sicilia s.r.l.s.

90123 Palermo, via Serraglio Vecchio n. 28
C.F./P.IVA n. 06775290825
email: verdeambientesicilia@gmail.com - PEC: verdeambientesicilia@pec.it



Consulenti:



Titolo: **Relazione calcoli elettromagnetici**

Tavola:

CODICE identificativo : RS06REL0003A0

PROG_38

INDICE

1 PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. IL SITO DI IMPIANTO	6
4. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO	10
5. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	13
5.1. Campi elettromagnetici dell'impianto agrovoltaiico.....	13
5.2 Campi elettromagnetici delle opere connesse	15
5.3. Calcolo del campo magnetico indotto	18

1 PREMESSA

La società 1-4-9 Invest Sicily P4 Dev s.r.l., in ottemperanza a quanto previsto dell'art. 27-bis del D.Lgs. 152 del 2006, intende attivare la procedura di Valutazione d'Impatto Ambientale nell'ambito del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR per la realizzazione e la messa in esercizio di un impianto Agrovoltaico della potenza nominale quantificabile in 150 MW di immissione, la cui ubicazione ricade interamente nel Comune di Vizzini (CT) in contrada "Santa Domenica".

L'impianto è composto da 26 sottocampi. Ciascuno sottocampo fa capo ad un inverter centralizzato (modulare) con trasformatore di potenza lato AC fino a 7,2 MW con tensione d'uscita pari a 30 kV.

La superficie complessivamente occupata dall'impianto è pari a circa ettari.

L'impianto Agrovoltaico, realizzato su un'area estesa 322,45 ettari sarà del tipo a strutture fisse ad inseguimento ed è stato suddiviso in 26 sottocampi con potenza installata totale di 182,62 MWp ogni sottocampo ha una potenza compresa tra 5600 MW e 7.200 MW interconnessi da una rete elettrica a MT e collegati alla cabina principale dell'impianto MT/AT (stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV) posta in area limitrofa alla strada provinciale n. 28 III. La connessione con la rete nazionale Terna verrà attuata attraverso la realizzazione di un cavidotto interrato da 150 kV che collegherà la stazione di trasformazione utente alla nuova cabina di consegna (ubicata in prossimità della SE "Vizzini") e successivamente collegata alla RTN tramite un breve raccordo di linea AT interrata 150 kV.

La totalità delle aree interessate dall'impianto agrovoltaico, dalla cabina di consegna e dal cavidotto interrato AT 150 kV ricadono nel territorio comunale di Vizzini.

Scopo della presente relazione è quella di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

In particolare, per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel DPCM 8 Luglio 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", vengono fissati 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 e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

"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 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];

"A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), 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, comma 2];

"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]

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 150.000 kW ac).

Come detto, il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Tabella 1 Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1-3	60	0.2	-
3 - 3000	20	0.05	1
3000 - 300000	40	0.01	4

Tabella 2 Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 - 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz - 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

Tabella 3 Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio 2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensita' di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensita' di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001.

Documenti di riferimento.

- [1] DPCM 8 luglio 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”.
- [2] DL 9 aprile 2008 n° 81 “Testo unico sulla sicurezza sul lavoro”.
- [3] Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”.
- [4] Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.
- [5] 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.”
- [6] DM del MATTM del 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

3. IL SITO DI IMPIANTO

L'area interessata dall'impianto Agrovoltaiico è ubicata a nord del centro abitato di Vizzini a circa 1,5 Km dal perimetro più prossimo, in una zona occupata da terreni agricoli e distante da agglomerati residenziali.

Il sito risulta accessibile dalla viabilità statale costituita dalla SS n. 194 “Catania-Ragusa”, dalla SS. 517 “di Chiaramonte” dalla viabilità provinciale costituita dalla SP n° 28III e da viabilità vicinale in parte sterrata.

Nella cartografia del Catasto Terreni l'area di impianto è ricompresa nei Fogli 15, 17, 19, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 37 e 38 del Comune di Vizzini, in località Santa Domenica, per un'estensione complessiva di Ha 311 circa le cui particelle interessate risultano le seguenti:

- Comune di Vizzini foglio di mappa 15 particelle 16, 39, 42;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 17 particelle 14, 21, 34;

- Comune di Vizzini foglio di mappa 19 particelle 81, 35, 85, 27, 76, 79, 22, 24, 34, 38, 23, 66, 68;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 23 particelle 32, 60, 61, 85, 47, 73, 17, 22, 55, 72, 76, 18, 39, 48, 64, 65, 66, 68, 67;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 24 particelle 159, 2, 20, 21, 213, 219, 22, 221, 223, 225, 23, 25, 26, 29, 19, 28, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 129, 132, 135, 165, 167, 168, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 201, 204, 205, 207, 112, 214, 215, 222, 133, 206, 237, 239, 241, 238, 240, 170, 242;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 25 particelle 10, 11, 15, 16, 27, 29, 30, 31, 37, 33, 32, 17, 25, 7, 8;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 26 particelle 30, 31, 255, 256, 28, 29, 36, 15, 229, 10, 12, 13, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 35, 37, 40, 41, 42, 277, 45, 46, 109, 110, 111, 112, 113, 259;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 29 particelle 4, 7, 5, 6, 9, 14, 15, 8;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 30 particelle 11, 8, 2, 5, 1;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 37 particelle 49, 45, 61, 40, 41, 42, 140, 14, 19, 8, 16, 15, 11, 12, 46;
- Comune di Vizzini foglio di mappa 38 particelle 12, 13, 55, 5.

Il nuovo impianto fotovoltaico insisterà su tre distinti macro-lotti, tutti in territorio del Comune di Vizzini (CT), Contrada Santa Domenica, posti a poche centinaia di metri l'uno dall'altro.

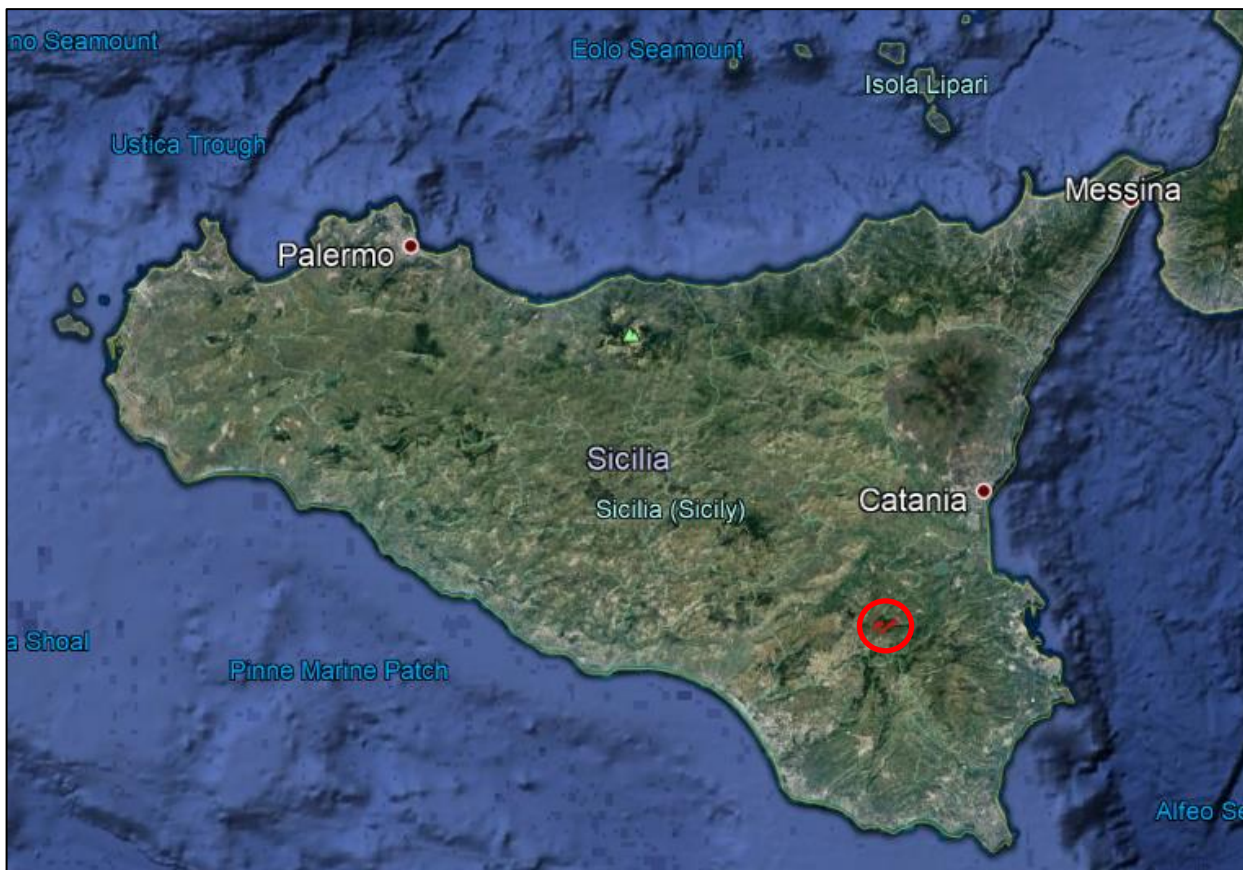


Figura 1 Localizzazione dell'impianto su vista satellitare Google Earth

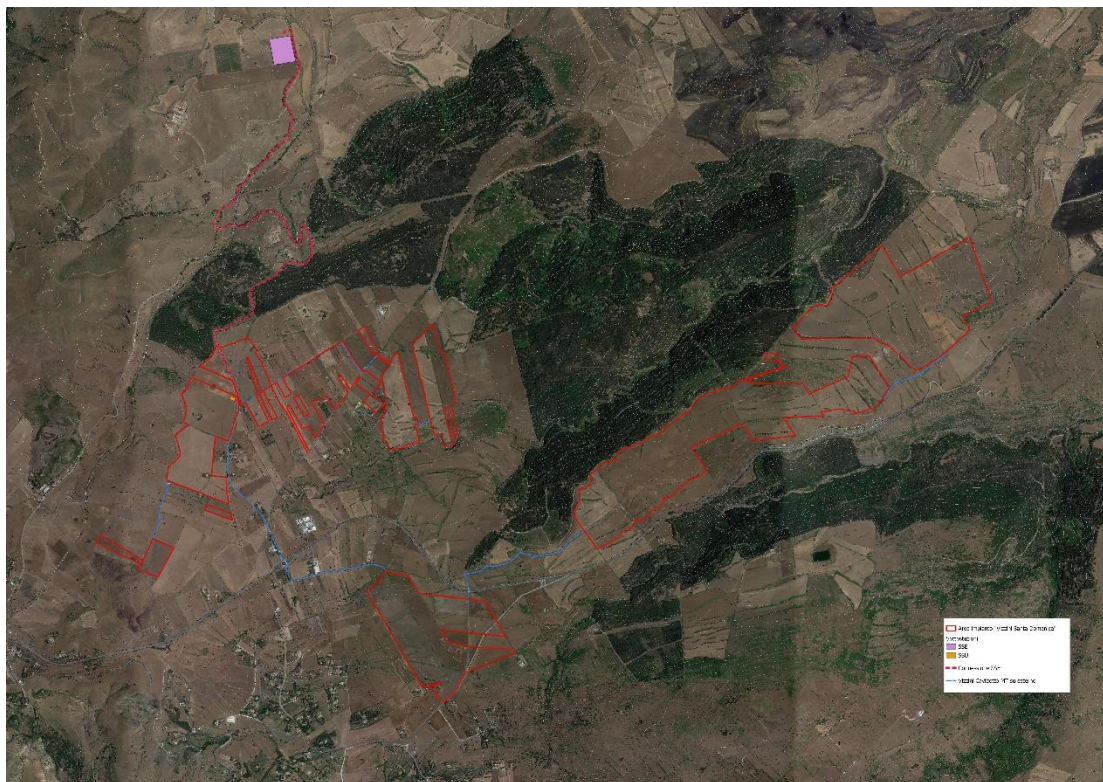


Figura 2 : Localizzazione dell'impianto su vista satellitare Google Earth.

La sottostazione elettrica di connessione ricade anch'essa nel territorio del

Comune di Vizzini (CT) ubicata in prossimità della erigenda SEE “Vizzini”.

Di seguito si riportano le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 dell’impianto agrovoltaico e della sottostazione elettrica:

SISTEMA UTM 33 WGS84 – COORDINATE ASSOLUTE			
Posizione	E	N	H
Impianto AV Lotto NE (baricentro area)	37° 11' 48''	14°47' 49''	645 m
Impianto AV Lotto NO (baricentro area)	37° 11' 35''	14° 45' 14''	641 m
Impianto AV Lotto S (baricentro area)	37° 10' 52''	14° 46' 04''	683 m
SSE Utente di trasformazione 150 kV/30 Kv	37°11' 49''	14° 45' 00''	6617 m
SSE Utente di consegna	37° 13' 19''	14° 45' 12''	542 m

Tabella 1 Localizzazione topografica dell’impianto AV e SSE

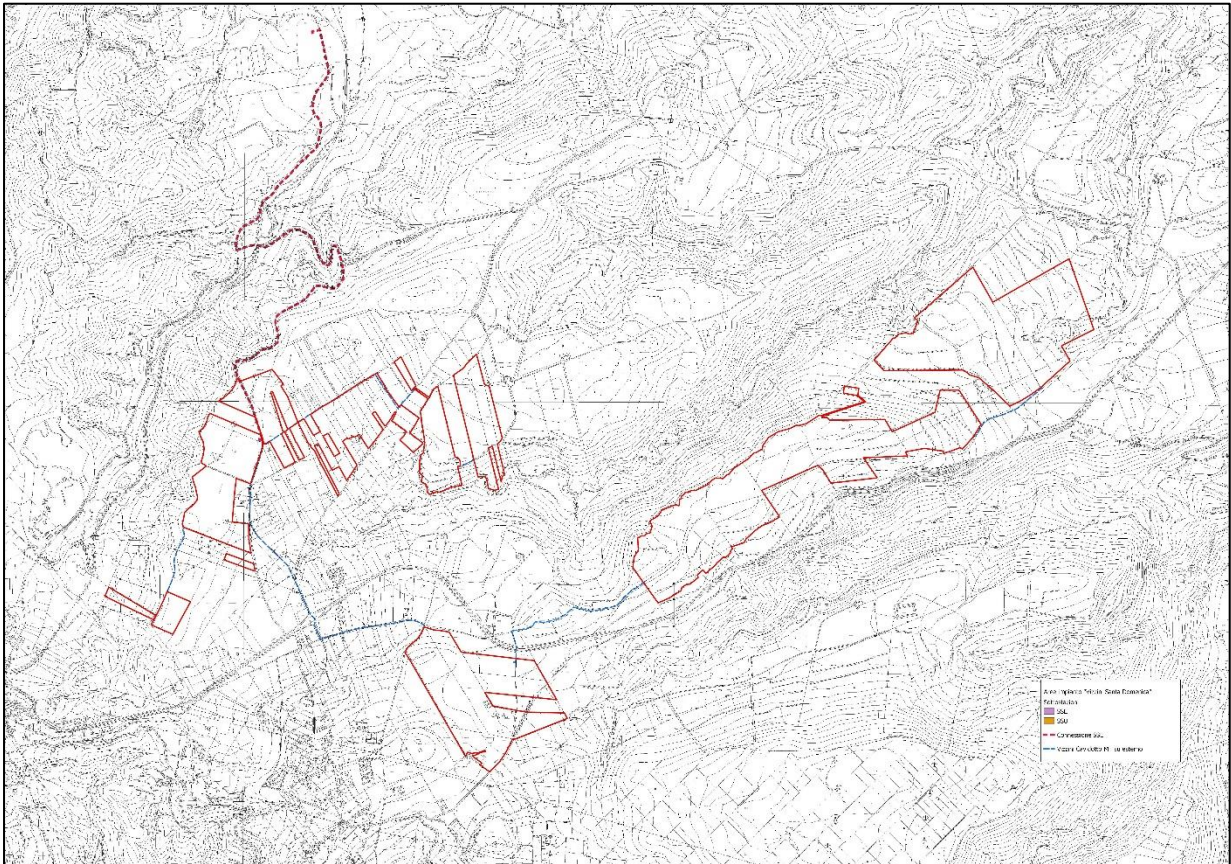


Figura 3 Localizzazione dell'Impianto su CTR

4. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO

L'impianto nel suo complesso sarà costituito delle seguenti componenti:

- Un collegamento elettrico dell'impianto Agrovoltaico alla rete di trasmissione di alta tensione (RTN), che avverrà tramite uno stallo dedicato presso la Stazione Elettrica (SE) di futura realizzazione denominata "Vizzini";
- Una sottostazione consegna utente (SSE AT/AT) sita nelle vicinanze della SE. La SSE verrà collegata al sistema di sbarre generale AT della SE attraverso una linea in cavo AT interrato a tensione pari a 150 kV, di lunghezza pari a circa 300 m;
- Una terna AT in cavo interrato, a tensione pari a 150 kV, di lunghezza pari a circa 5 km, che collega il sistema di sbarre generale AT della sottostazione consegna utente al sistema di sbarre della sottostazione utente, il cui tracciato è evidenziato nella tavola di progetto denominata "Layout generale dell'impianto su CTR";
- Una sottostazione utente di trasformazione AT/MT 150/30 kV, composta da una protezione generale e da un sistema di sbarre a 150 kV alle quali collegare in parallelo, attraverso 3 stalli in AT, altrettanti trasformatori AT/MT 50 MVA ONAF e i relativi

dispositivi di protezione e sezionamento;

- Tre linee interrate, all'interno della sottostazione, per il collegamento dei quadri MT agli stalli AT/MT 150/30 kV;
- Tre scomparti di cabina dedicati ai quadri MT, posti all'interno della SSE a ciascuno dei quali confluiranno tre linee MT che collegheranno in entra-esce (configurazione radiale) i diversi sottocampi, come meglio dettagliato nei successivi capitoli;
- 26 sottocampi, ciascuno con le seguenti componenti principali:
 - Una stazione di conversione preposta alla conversione dell'energia elettrica, prodotta dai moduli, da corrente continua a corrente alternata e ad elevare la tensione da bassa tensione a media tensione; le cabine di conversione avranno configurazioni uguali in termini di inverter e potenza del trasformatore BT/MT. Come accennato, tali cabine saranno collegate tra loro in entra-esce in numero variabile così da realizzare più rami in configurazione radiale. Ciascun ramo convergerà al quadro MT a 30 kV installato all'interno della stazione di conversione MT/AT;
 - Gli String Box che raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie, convogliando l'energia prodotta dai moduli verso le PS;
 - I moduli fotovoltaici installati su strutture metalliche di sostegno.

L'impianto è completato da:

- Tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di trasmissione nazionale;
- Opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, antintrusione, telecontrollo.

L'impianto nel suo complesso è in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad es: quadri di alimentazione, illuminazione).

Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza potranno essere alimentati da un generatore temporaneo diesel di emergenza e da un sistema di accumulo ad esso connesso (sola predisposizione).

Il generatore fotovoltaico avrà una potenza nominale complessiva pari a **182.619,36 kWp** kWp, intesa come somma delle potenze di targa o nominali di ciascun modulo misurata in condizioni di prova standard (STC), ossia considerando un irraggiamento pari a 1000 W/m², con distribuzione dello spettro solare di riferimento (massa d'aria AM 1,5) e temperatura delle celle di 25°C, secondo norme CEI EN 904/1-2-3.

Il generatore sarà composto complessivamente da 276696 moduli fotovoltaici in silicio

Relazione di calcolo dei campi Elettromagnetici

monocristallino bifacciali di potenza nominale paria 660 Wp, collegati in serie, in un numero di 21, tra loro così da formare gruppi di moduli denominati stringhe, la cui corrente vengono raccolte da inverter modulari centralizzati.

Da tali string box si dipartono le linee di collegamento verso le Power station, giungendo così in ingresso agli inverter, i quali prevedono già a bordo macchina il sezionamento e la protezione dalle sovratensioni e dalle correnti di ricircolo.

Nella seguente tabella si riporta la composizione dei 26 sottocampi e la linea MT di riferimento:

Sottocampi	Potenza kW	Potenza Pannello kW	n. Pannelli x Sottocampo	n. Pannelli x Stringa	n. Stringhe x Sottocampo	Potenza Inverter kW	N. inverter	Stringhe per inverter	Rapporto AC/DC	DORSALE	DORSALE (kW)	FORMAZIONE CAVI MT
1	7151,76	0,660	10836	21	516	300	20	16 4 26 25	1,192	1	21455,28	3 x (1x400) mmq
2	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192				
3	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192				
4	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192	2	20734,56	3 x (1x400) mmq	
5	7096,32	0,660	10752	21	512	300	18 1 27 26	1,245				
6	6486,48	0,660	9828	21	468	300	8 9 27 28	1,272				
7	7096,32	0,660	10752	21	512	300	18 1 27 26	1,245	3	21344,4	3 x (1x400) mmq	
8	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192				
9	7096,32	0,660	10752	21	512	300	18 1 27 26	1,245				
10	7096,32	0,660	10752	21	512	300	18 1 27 26	1,245	4	21011,76	3 x (1x400) mmq	
11	6763,68	0,660	10248	21	488	300	16 2 27 28	1,253				
12	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192				
13	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192	5	21399,84	3 x (1x400) mmq	
14	7040,88	0,660	10668	21	508	300	14 5 27 26	1,235				
15	7207,2	0,660	10920	21	520	300	20 0 26 25	1,201				
16	7207,2	0,660	10920	21	520	300	20 0 26 25	1,201	6	21510,72	3 x (1x400) mmq	
17	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192				
18	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192				
19	7040,88	0,660	10668	21	508	300	14 5 27 26	1,235	7	21233,52	3 x (1x400) mmq	
20	7151,76	0,660	10836	21	516	300	16 4 26 25	1,192				
21	7040,88	0,660	10668	21	508	300	14 5 27 26	1,235				
22	7096,32	0,660	10752	21	512	300	18 1 27 26	1,245	8	14026,32	3 x (1x300) mmq	
23	6930	0,660	10500	21	500	300	13 6 26 27	1,216				
24	7040,88	0,660	10668	21	508	300	14 5 27 26	1,235				
25	7096,32	0,660	10752	21	512	300	18 1 27 26	1,245	9	19902,96	3 x (1x400) mmq	
26	5765,76	0,660	8736	21	416	300	16 0 26 25	1,201				

Tabella 1 Dettaglio composizione sottocampi

La superficie complessiva captante dell'impianto è pari a mq. 1.724.770.

5. CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.

5.1. Campi elettromagnetici dell'impianto Agrovoltaico.

Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2

(CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6))

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10);
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime

è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico;

- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale;

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

Linee elettriche in corrente alternata

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a $3 \mu\text{T}$, anche se per la particolarità dell'impianto le aree al suo interno sono da classificare ai sensi della normativa come luoghi di lavoro, e quindi con livelli di riferimento maggiori rispetto a questi ultimi.

Per i cavi in media tensione non elicordati, di tipo unipolare posati a trifoglio si rimanda al capitolo 0 per il calcolo puntuale delle DPA in funzione di ciascuna configurazione.

Cabine elettriche di trasformazione e di campo

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 4800 kVA collocati nelle cabine di trasformazione.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel citato cap.5.2.1 e cioè:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che I=2280 A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è 3(6x240)mm², con diametro esterno pari a circa 29,2mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 3 m.

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

Cautelativamente questi valori possono essere presi a riferimento anche per la cabina di impianto.

Altri cavi

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato.

5.2 Campi elettromagnetici delle opere connesse

Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrato, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Configurazioni di calcolo

Per il calcolo dei campi magnetici dei collegamenti MT con la stazione di trasformazione di utenza sono state esaminate le configurazioni in funzione del tipo di posa di cavidotti sia su strade sterrate che per strade asfaltate.

Per quanto concerne i cavidotti MT esterni, per il collegamento di ciascun sotto campo

al quadro MT della stazione d'utenza, è prevista la partenza con terne di cavi in parallelo con l'utilizzo di cavi unipolari di sezione compresa tra 300 e a 400 mm², posati a trifoglio. All'interno del cavidotto in esame quindi si trovano sempre cavi MT unipolari aventi sezione variabile con conduttore in alluminio, posate in differenti configurazioni determinate dalla presenza delle linee di collegamento dai diversi campi di cui è composto l'impianto fotovoltaico.

La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

ID Dorsale	Tratta da - a		Tensione [kV]	P [kW]	I [A]	Circuito	Lung h. [m]	Formazione	Sigla cavo	Cavi/fase	Sez. [mm ²]	Portata cavo [A]	ΔP [%]	Check I<Iz
DR01	QMT0 ₃	QMT0 ₂	30	7.151,76	152,93	RST	1.200	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,161	OK
DR01	QMT0 ₂	QMT0 ₁	30	14.303,52	305,86	RST	1.400	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,38	OK
DR01	QMT0 ₁	QMT CABIN A UTENTE	30	21.455,28	458,79	RST	12.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	1,19	OK
DR02	QMT0 ₆	QMT0 ₅	30	6.486,48	138,70	RST	900	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,110	OK
DR02	QMT0 ₅	QMT0 ₄	30	13.582,80	290,45	RST	1.300	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,332	OK
DR02	QMT0 ₄	QMT CABIN A UTENTE	30	20.734,56	443,37	RST	10.500	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	1,01	OK
DR03	QMT0 ₉	QMT0 ₈	30	7.096,32	151,74	RST	800	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,11	OK
DR03	QMT0 ₈	QMT0 ₇	30	14.248,08	304,67	RST	950	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,25	OK
DR03	QMT0 ₇	QMT CABIN A UTENTE	30	20.734,56	443,37	RST	10.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	0,96	OK
DR04	QMT1 ₂	QMT1 ₁	30	7.151,76	152,93	RST	1.400	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,19	OK
DR04	QMT1 ₁	QMT1 ₀	30	13.915,44	297,56	RST	1.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,26	OK
DR04	QMT1 ₀	QMT CABIN A UTENTE	30	21.011,76	449,30	RST	9.500	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	0,92	OK

Relazione di calcolo dei campi Elettromagnetici

DR05	QMT1 5	QMT1 4	30	7.207,2 0	154,1 1	RST	1.300	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,18	OK
DR05	QMT1 4	QMT1 3	30	14.248, 08	304,6 7	RST	1.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,27	OK
DR05	QMT1 3	QMT CABIN A UTEN TE	30	21.399, 84	457,6 0	RST	9.000	2X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	0,89	OK
DR06	QMT1 8	QMT1 7	30	7.151,7 6	152,9 3	RST	1.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,13	OK
DR06	QMT1 7	QMT1 6	30	14.303, 52	305,8 6	RST	1.100	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,30	OK
DR06	QMT1 6	QMT CABIN A UTEN TE	30	21.510, 72	459,9 7	RST	5.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	0,50	OK
DR07	QMT1 21	QMT1 9	30	7.040,8 8	150,5 6	RST	1.200	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,16	OK
DR07	QMT1 9	QMT1 8	30	14.192, 64	303,4 9	RST	1.400	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,37	OK
DR07	QMT1 8	QMT CABIN A UTEN TE	30	21.233, 52	454,0 4	RST	7.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	0,69	OK
DR08	QMT2 3	QMT2 2	30	6.930,0 0	148,1 9	RST	800	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,10	OK
DR08	QMT2 2	QMT CABIN A UTEN TE	30	14.026, 32	299,9 3	RST	6.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	300	472	0,50	OK
DR09	QMT2 6	QMT2 5	30	5.765,7 6	123,2 9	RST	900	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,10	OK
DR09	QMT2 5	QMT2 4	30	12.862, 08	275,0 3	RST	1.000	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	95	251	0,24	OK
DR09	QMT2 4	QMT CABIN A UTEN TE	30	19.902, 96	425,5 9	RST	7.000	2X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	0,64	OK
Ausiliario	QMT2 6	QMT CABIN A UTEN TE	30	19.902, 96	425,5 9	RST	815	1X	ARE4H1R 18/30kV	3	400	540	0,07	OK

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede la posa dei cavi a trifoglio, con un valore di corrente però pari alla portata massima di ciascuna linea

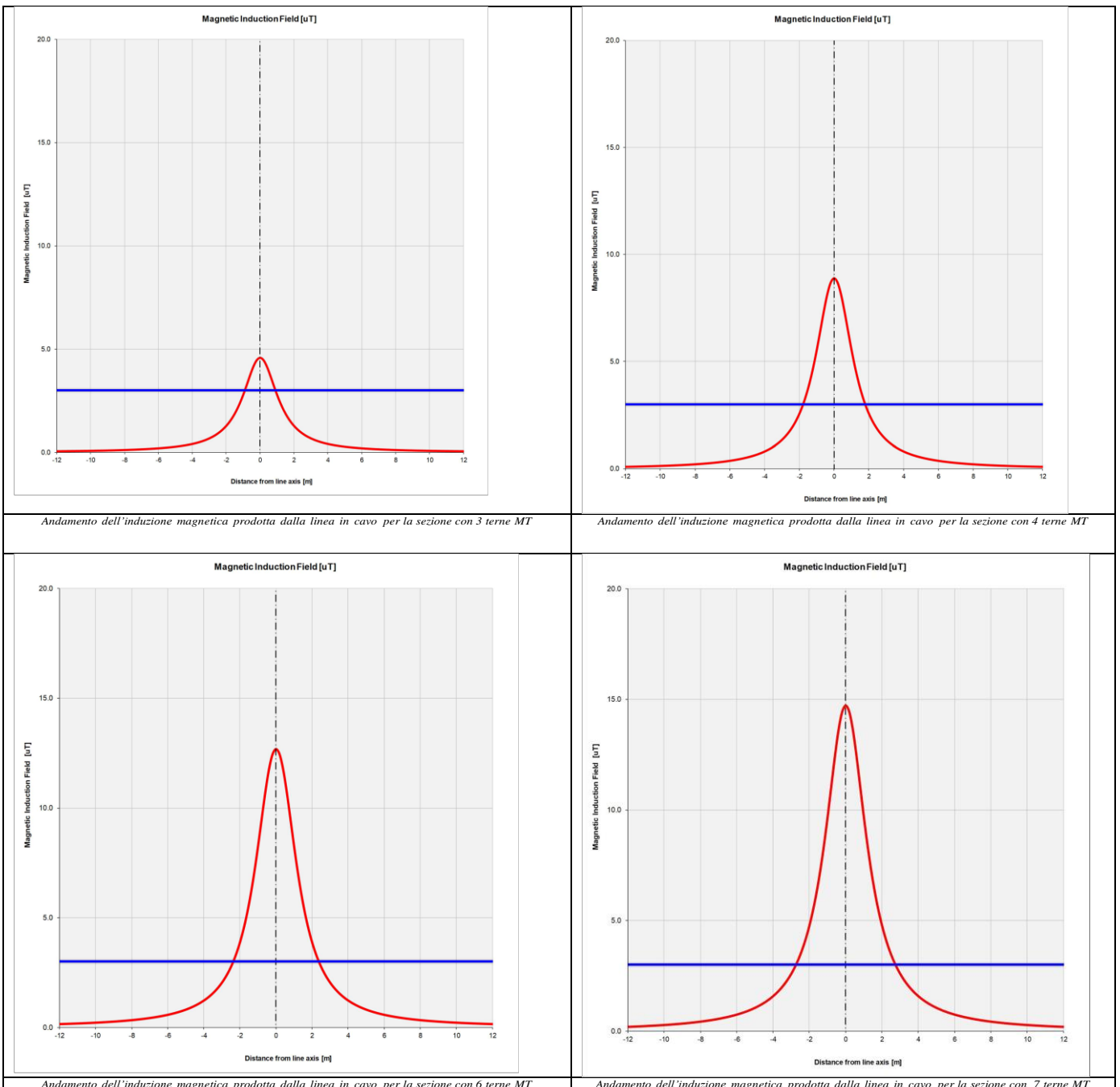
elettrica in cavo nelle condizioni normali, senza correzioni, secondo la Norma CEI 20-21. Le condizioni di calcolo sono pertanto più gravose di quelle effettive.

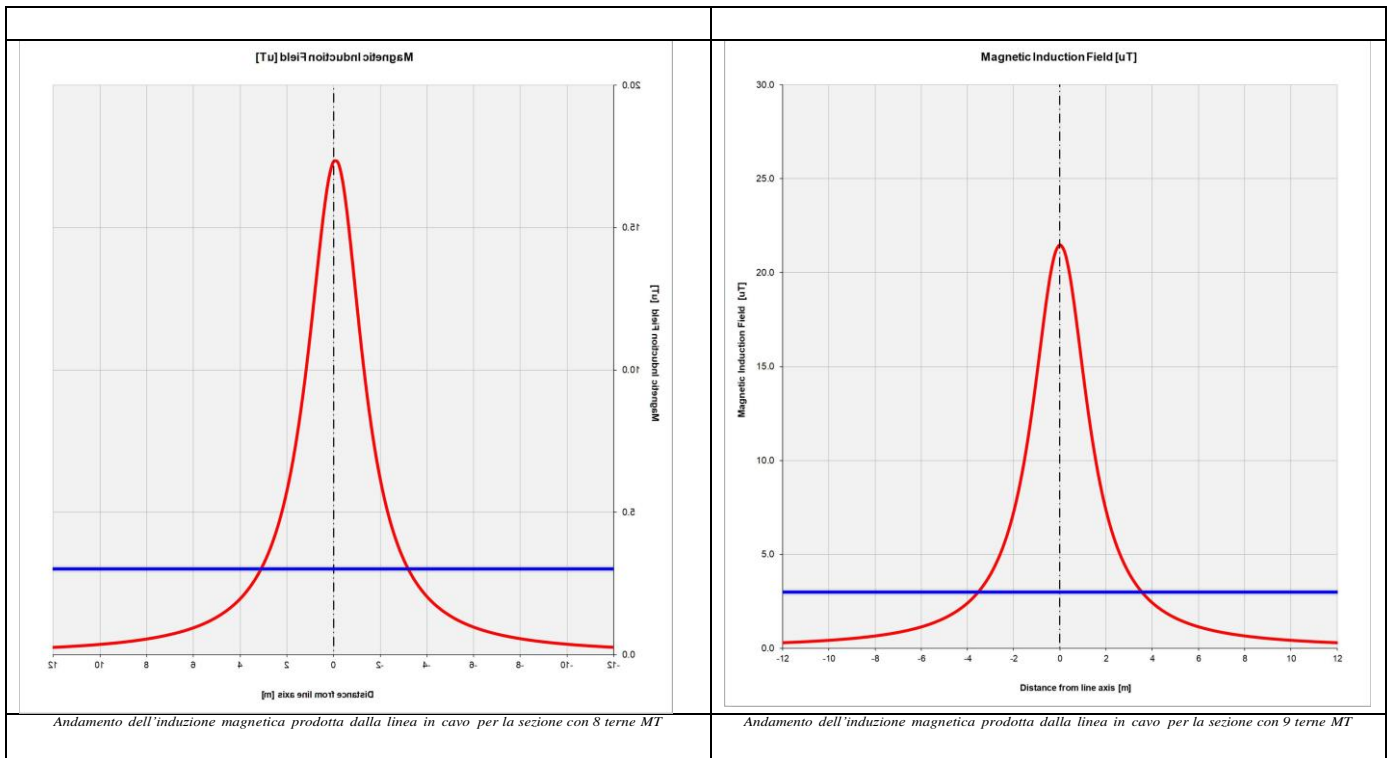
La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato al suolo.

5.3. Calcolo del campo magnetico indotto

Nelle seguenti figure sono riportati gli andamenti dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, per le diverse sezioni rappresentative.

Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.



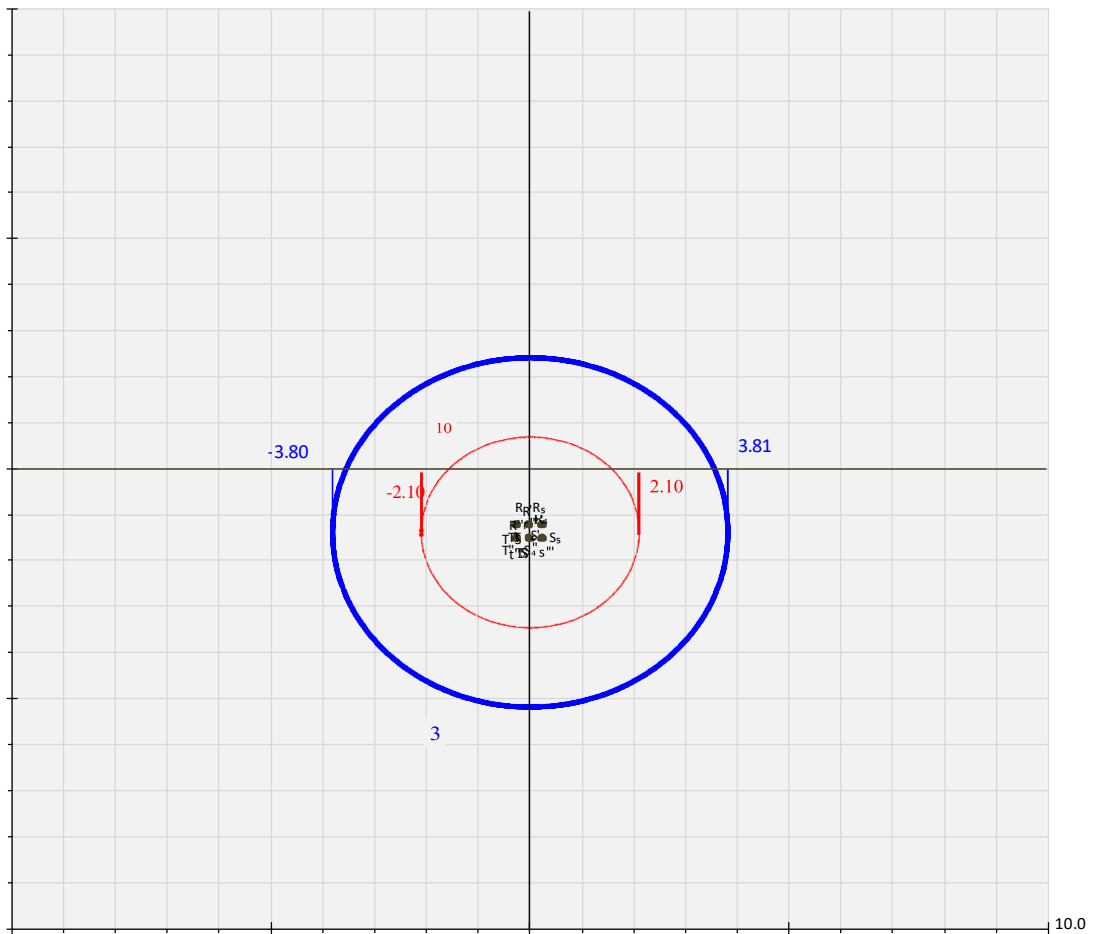


Si può osservare come nel caso peggiore, il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 3,50 m dall'asse del cavidotto. E' da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che è certamente inferiore a quella di calcolo.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede un' permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è esclusa la presenza di tali ricettori all'interno della fascia calcolata.

Calcolo delle fasce di rispetto

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso più gravoso con 9 terme MT



Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT (9 terne MT)

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto vari tra 1,55 m (casi con meno di 3 Terne MT), a cavallo dell'asse del cavidotto, nel caso della sezione con una terna fino a circa 3,81 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, nel caso della sezione con 9 terne.

Come si può vedere dall'elaborato CV.1 "Inquadramento impianto su mappa catastale", non ci sono recettori sensibili all'interno delle fasce suddette.

Stazione elettrica d'utenza

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati).

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 150 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. 10 m di distanza da queste ultime.

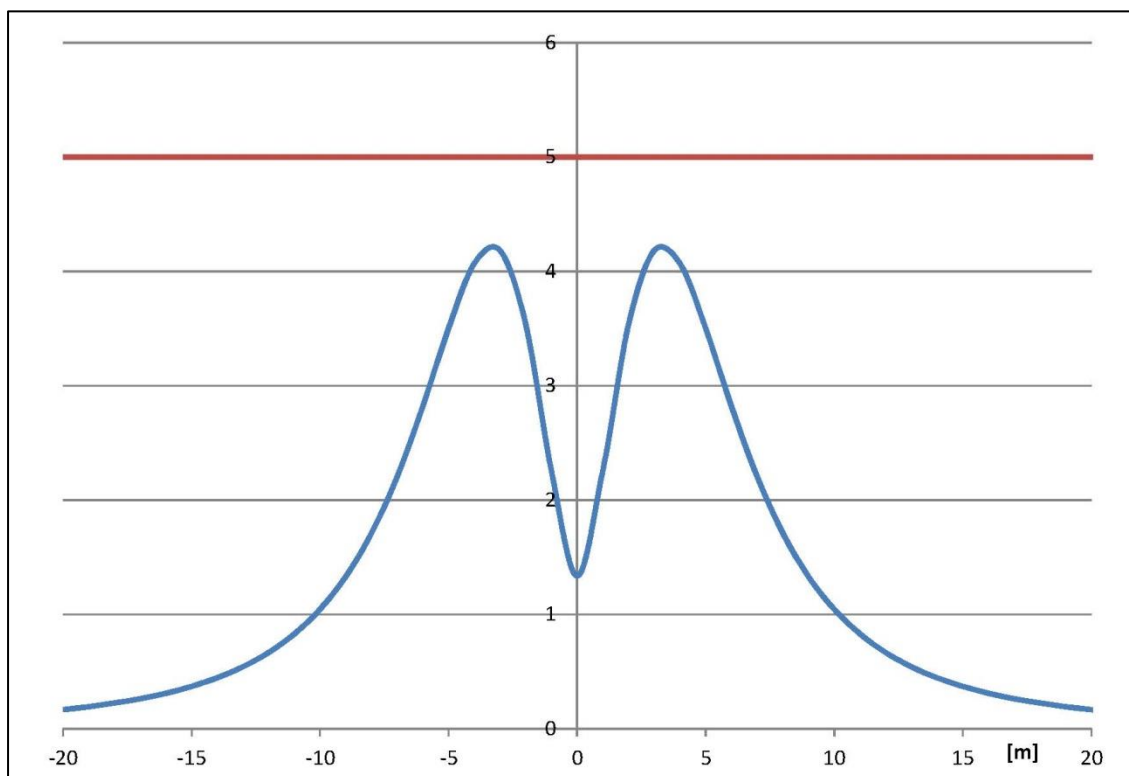


Figura 17: Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle zone cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3 μ T a 4 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema

trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre presenti in stazione, considerando una corrente massima di 2000 A pari alla corrente massima sopportabile dalle sbarre stesse. Nella seguente figura è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione d'utenza.

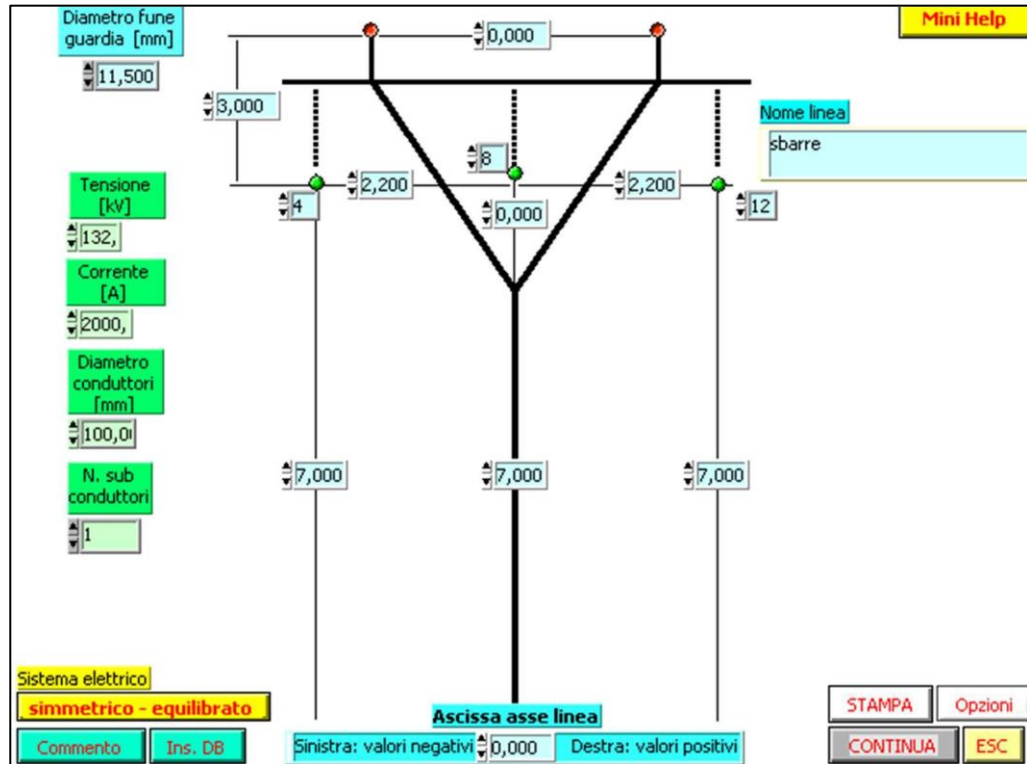


Figura 18: Linea AT con disposizione conduttori in piano assimilabile ad un sistema semplice sbarra a 132/150 kV

Con conduttori percorsi da una terna trifase equilibrata di correnti di 2000 A (corrente max sopportabile dalle sbarre), estremamente cautelativa rispetto alla max corrente reale, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura seguente.

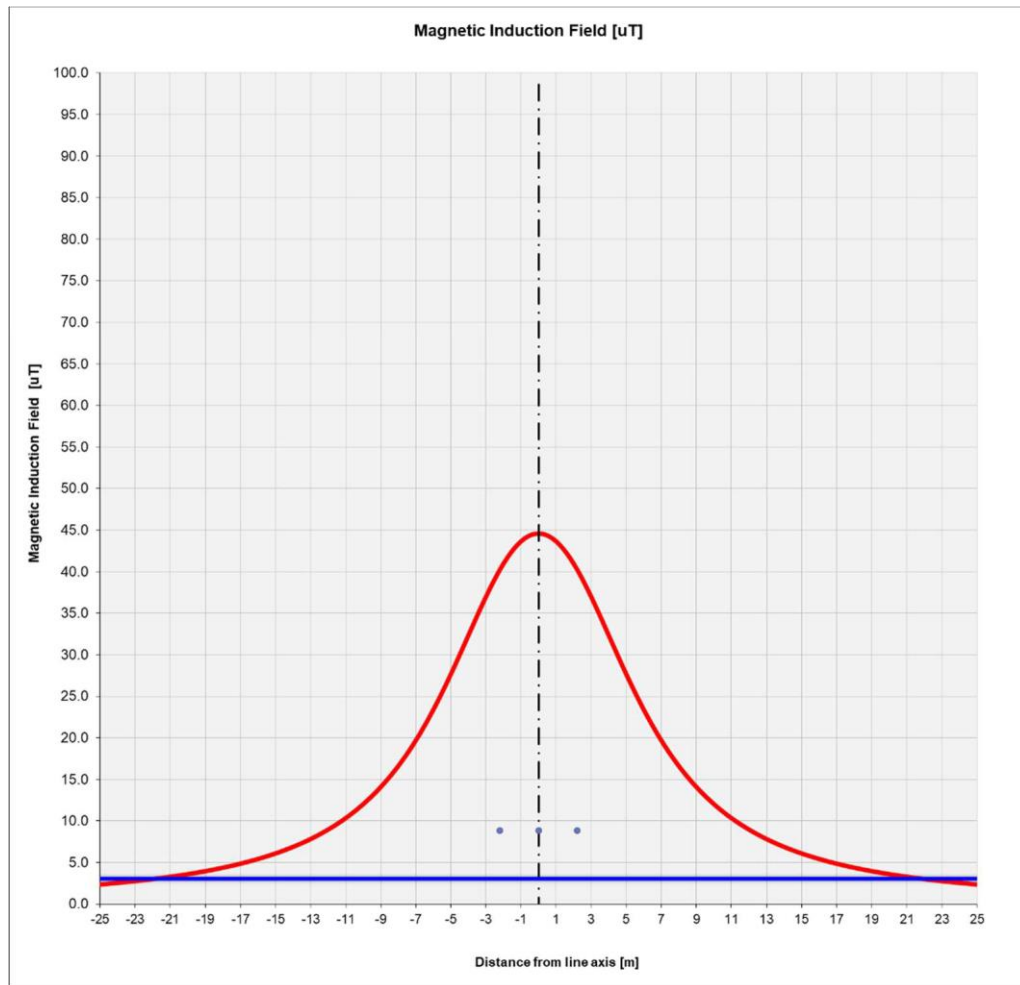


Figura 19: Andamento del campo di induzione magnetica per $I = 2000 A$

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetica è inferiore al valore di 3 μT .

Data la localizzazione della stazione non si rilevano recettori sensibili a distanze inferiori a quella sopra calcolata.

Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione

Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 800 mm² tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in politene con grafitatura esterna.

DATI TECNICI DEL CAVO

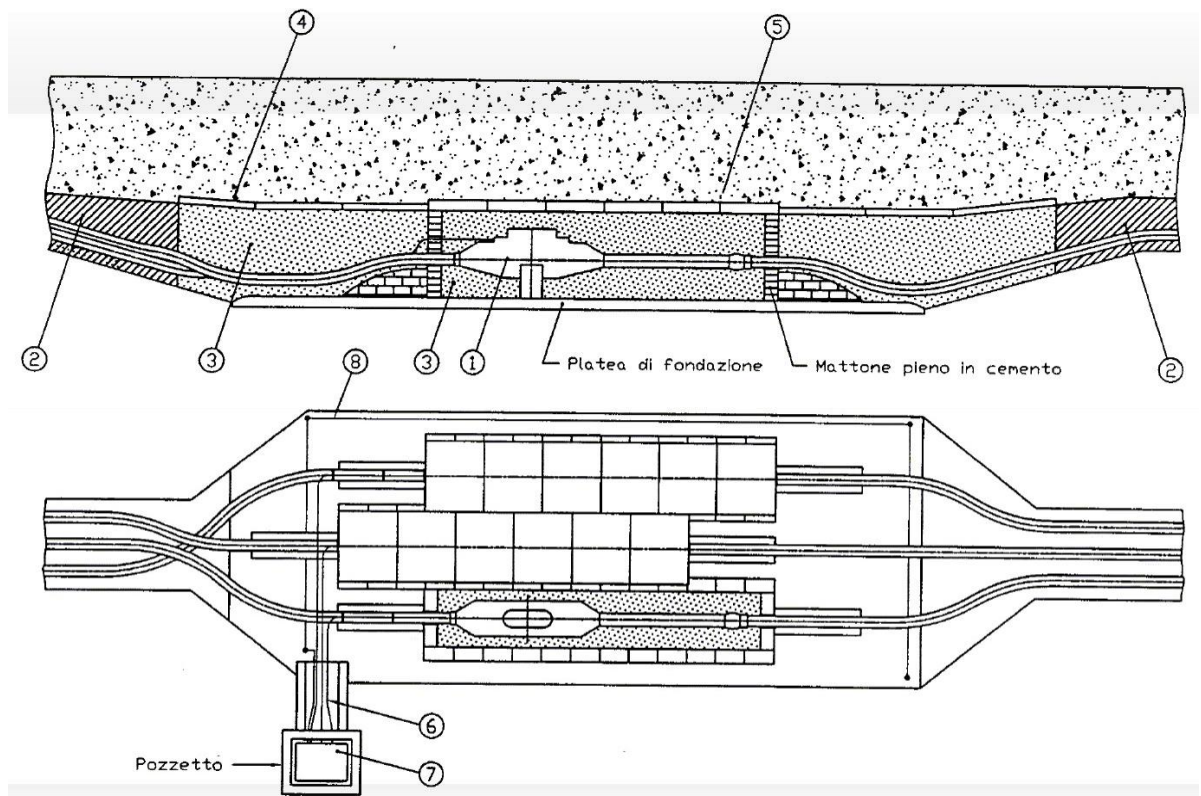
Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	800 mm ²
Materiale del conduttore	Corde di alluminio compatta
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina anticorrosiva	Polietilene, con grafite refrigerante (opzionale)
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	170 kV

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività termica
Messa a terra degli schermi	“cross bonding” o “single point-bonding”
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,60 m
Formazione	Una terna a Trifoglio o in Piano
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h 0,50 m
Profondità del riempimento	Minimo 1,10 m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	spessore minimo 5 cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di Nastro Monitore in PVC – profondità	1,00 m circa

Data la lunghezza del collegamento, pari a circa 5 chilometri, si prevede l'installazione di 30 giunti (10 giunti per conduttore, ipotizzando bobine di cavo AT da 600m). Lo schema tipico della buca giunti è rappresentato nella figura seguente.



RIF.	DESCRIZIONE DEI MATERIALI	Dimensioni standard della buca giunti sezionati		
		Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Profondita' (m)
1	Giunti unipolari sezionati GMS 1170/1245	8	2,5	2
2	Cemento magro			
3	Sabbia a bassa resistività termica			
4	Lastra protezione cavi			
5	Lastra protezione giunti			
6	Cavo concentrico			
7	Cassetta sezionamento guaine			
8	Colleg. di messa a terra guaine metalliche			

Figura 20: Buca giunti

Di seguito viene esposto il grafico dell'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse dell'elettrodotto.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,6 m, con un valore di corrente pari a 1190 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.

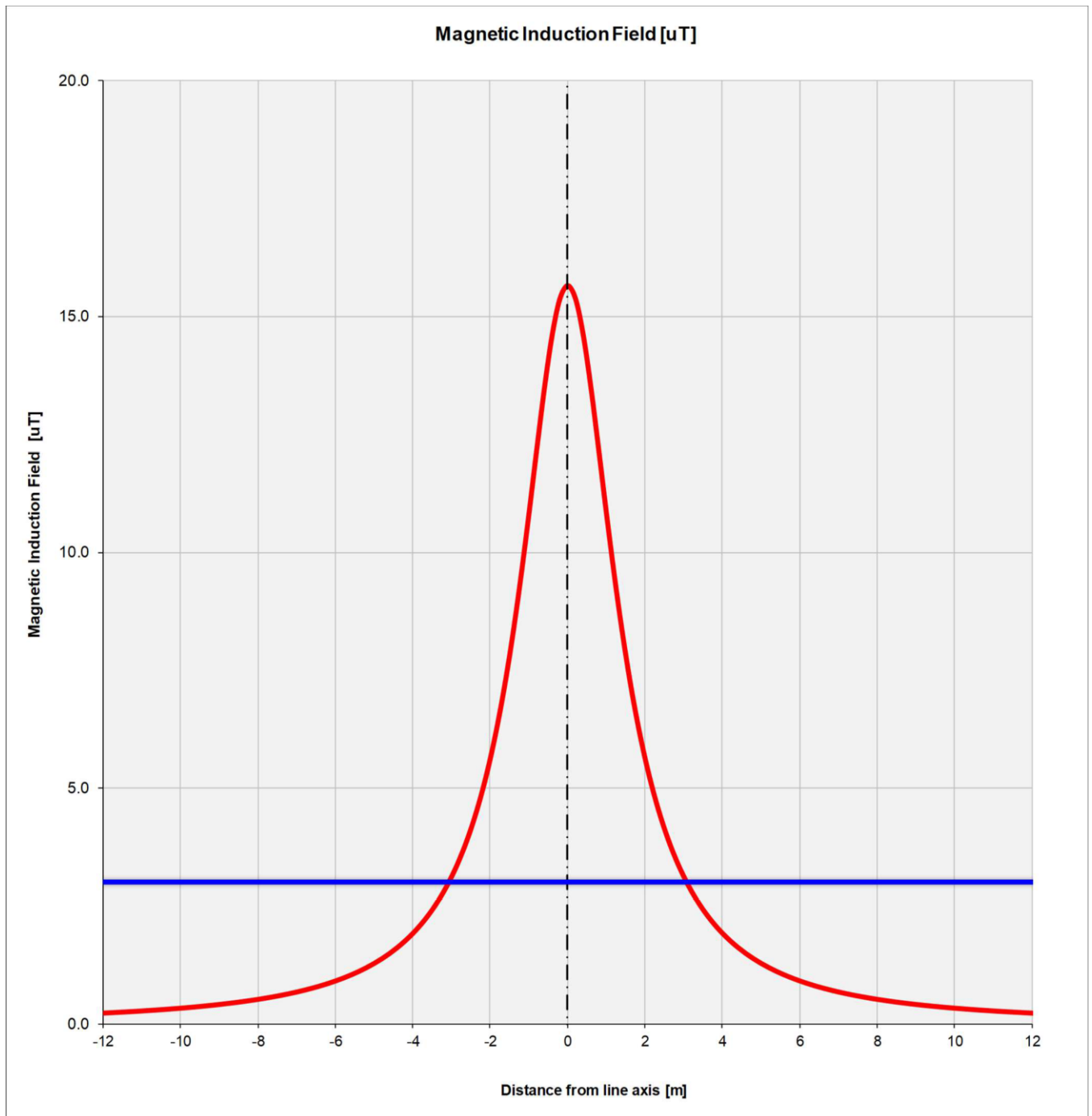


Figura 21: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo AT

Il limite di 3 μT si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 3,4 m.

Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

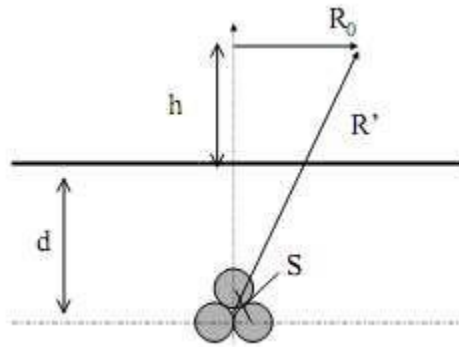
Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a $3 \mu\text{T}$.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ [m]}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$$S = 0.12 \text{ m}$$

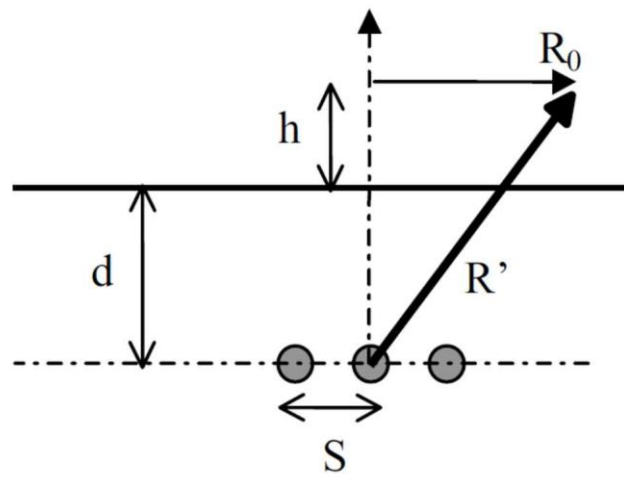
$$I = 1190 \text{ A}$$

$$\text{Si ottiene: } R' = 3.4 \text{ m}$$

Che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto paria a 4 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

Allo stesso modo si può calcolare la fascia di rispetto nel caso delle buche giunti per i cavi AT, riconducibile alla condizione di cavi posati in piano, come da figura seguente:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R'^2} \quad [\mu T] \quad R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$



Dove:

$$S = 0,7 \text{ m } I = 1190 \text{ A}$$

Si ottiene: $R' = 9,81 \text{ m}$

Che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto paria a 10 m per parte, rispetto all'asse del giunto. La collocazione dei giunti è stata effettuata con riguardo alla presenza delle abitazioni o recettori sensibili nell'area circostante, per cui non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

Analisi dei risultati ottenuti

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di $3 \mu T$, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti MT esterni e del cavidotto AT; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva massima di circa 3.81m dalla mezzeria di tutto il cavidotto MT, con un minimo di 1.55m.

D'altra parte trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 4 m attorno alle cabine di trasformazione, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT e del cavidotto AT.

Infatti, anche per la stazione d'utenza, ad eccezione che in corrispondenza degli ingressi e delle uscite linea, al di fuori della recinzione della stazione, i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

5. CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 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 di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, realizzati

mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della semi- fascia di rispetto pari al massimo a 3.81 m e con un minimo di 1,55 m, mentre per il cavidotto AT la semi-fascia calcolata è pari a 3,4m: sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 2 x 3100 kVA), già a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa. Analogo ragionamento può essere fatto per la stazione di trasformazione, per cui i valori di campo magnetico al di fuori della recinzione sono sicuramente inferiori ai valori limite di legge. Considerando che nelle cabine di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto del campo elettromagnetico pertanto può pertanto essere considerato non significativo.