



COMUNE DI SAN PIETRO IN CASALE
PROVINCIA DI BOLOGNA
REGIONE EMILIA ROMAGNA

IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO "RNE21"

Proponente

RNE21 S.R.L.

Viale San Michele del Carso, 22
20144 Milano (MI)
C.F. 13055920964

Progettazione

**SOCIETA' DI PROGETTAZIONE
GSB CONSULTING SRL**

Via Passo Rolle, 9 – 20134 Milano (MI)
P.IVA 11882750968



Preparato
Irina Giorgi

Verificato
Gianandrea Ing. Bertinazzo

Approvato
Vasco Ing. Piccoli

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

RNE21 STUDIO DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Elaborato N.

R12

Data emissione

01/10/24

Nome file

CRONOPROGRAMMA

N. Progetto

RNE21

Pagina

COVER

00

REV.

01/10/24

DATA

PRIMA EMISSIONE

DESCRIZIONE

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DI RNE21 S.R.L.. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE.
THIS DOCUMENT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF RNE21 S.R.L. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.

Sommario

1	Introduzione	4
1.1	Riferimenti normativi	4
1.2	Breve descrizione dell'impianto agrivoltaico in oggetto.....	5
1.3	Soglie limite	8
2	Verifica campo elettrico	9
3	Verifica campo magnetico	10
3.1	Moduli Fotovoltaici	10
3.2	Inverter.....	10
3.3	Container Batterie.....	10
3.4	Trasformatore BT/MT (cabine di Trasformazione e PCS)	11
3.5	Cavidotti interrati MT.....	12
3.5.1	Linee Elettriche 15kV Utente– Cabine di Trasformazione – Cabine di Raccolta e Cabine di Raccolta – Cabine Utente	12
3.5.2	Linee Elettriche 15kV di Rete – Cabina di Consegna – Cabina Primaria	20
3.6	Cabina di Raccolta	24
3.7	Cabina di Consegna	24
4	Conclusioni	25

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1 Introduzione

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto agrivoltaico avanzato "RNE21" e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione del campo elettrico e magnetico nei riguardi della popolazione. In particolare, per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche di trasformazione e ai cavidotti. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, "fasce di rispetto" per le opere sopra dette.

Per "fascia di rispetto", così come definita dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, si intende la zona all'interno della quale non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

1.1 Riferimenti normativi

Legge 22 febbraio 2001, n. 36 - Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

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

DM 29/05/08 - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti

CEI 106-11 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche AT/BT"

"Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.2 Breve descrizione dell'impianto agrivoltaico in oggetto

L'impianto agrivoltaico avanzato dotato di sistema di accumulo "RNE21" e relative opere di connessione alla rete saranno realizzate nel territorio del Comune di San Pietro in Casale, provincia di Bologna, Pieve di Cento, provincia di Bologna, e Cento, provincia di Ferrara, ed è identificato dalle seguenti coordinate geografiche relative alla posizione baricentrica dell'impianto FV:

- 44°44'49.25"N
- 11°20'56.62"E

In Figura 1 è riportata la posizione del sito interessato su immagine satellitare, inquadrato prima nel territorio dell'Emilia-Romagna, poi più specificatamente nel territorio comunale di San Pietro in Casale, Pieve di Cento e Cento.



Figura 1: Inquadramento dell'impianto su immagine satellitare

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

L'impianto agrivoltaico avanzato "RNE21" è composto da quattro impianti di generazione, ciascuno distinto dal punto di vista elettrico e configurato come "lotto d'impianti", connessi in media tensione. Ogni impianto comprende, oltre a una sezione dedicata al parco agrivoltaico, anche una sezione riservata al sistema di accumulo.

La potenza nominale complessiva dell'impianto agrivoltaico avanzato, determinata dalla somma delle potenze nominali dei moduli FV, è pari a 18'469,44 kWp, mentre la potenza in immissione in rete è determinata dalla potenza indicata sul preventivo di connessione, ed è pari a 17'250,00 kW.

I moduli fotovoltaici, realizzati in silicio mono-cristallino ad elevata efficienza, saranno collegati elettricamente in serie a formare stringhe da 24 moduli, e posizionati su strutture ad inseguimento solare mono-assiale, in configurazione a doppia fila (configurazione 2-P). I moduli saranno opportunamente innalzati dal livello del terreno e le strutture di sostegno distanziate (pitch pari a 7,85m).

L'utilizzo di tracker consente la rotazione dei moduli FV attorno ad un unico asse orizzontale avente orientazione Nord-Sud, al fine di massimizzare la radiazione solare captata dai moduli stessi e conseguentemente la produzione energetica del generatore FV.

Per l'impianto FV in oggetto si prevede l'utilizzo di inverter di stringa, posizionati direttamente in campo, a ciascuno dei quali saranno collegate fino ad un massimo di 14 stringhe.

All'interno dei confini dell'impianto FV è prevista l'installazione di otto cabine di trasformazione (due per ogni lotto di impianto) realizzate tramite soluzione containerizzata, contenenti fondamentalmente il trasformatore MT/BT e i quadri elettrici MT e BT.

Il Sistema di Accumulo, invece, è costituito da dispositivi, apparecchiature e logiche di gestione e controllo, progettato per assorbire e rilasciare energia elettrica. Funziona in modo continuativo con la rete di distribuzione e, in questo caso specifico, è integrato con l'impianto di produzione fotovoltaica. In particolare, il Sistema di Accumulo rilascerà l'energia elettrica accumulata in modo da garantire che la potenza immessa in rete non superi mai quella indicata da Enel Distribuzione nel preventivo di connessione ricevuto.

In estrema sintesi il Sistema di Accumulo, complessivamente, è caratterizzato dai seguenti dati nominali:

$$40,12\text{MWh} - 10\text{MW}_{AC}$$

L'energia generata dall'impianto agrivoltaico avanzato dotato di accumulo viene raccolta tramite una rete di elettrodotti interrati in Media Tensione eserciti a 15 kV che confluiscono presso le quattro cabine di consegna situate nel comune di Cento al Foglio 41 p.lla 375, in posizione accessibile dalla viabilità pubblica, presso le quali è ubicato il punto di consegna dell'energia generata alla rete di distribuzione.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Figura 2: Inquadramento impianto e opere di connessione su ortofoto

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

1.3 Soglie limite

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione per la protezione della popolazione dall'esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti. Si riporta di seguito uno stralcio degli articoli di particolare rilevanza per la corrente analisi:

Art. 3. Limiti di esposizione e valori di attenzione

1. 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.
2. 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. 4. Obiettivi di qualità

1. 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.

Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ($B=3\mu T$) di cui al sovra-menzionato art. 4 ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale fascia di rispetto lo spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2 Verifica campo elettrico

Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto sarebbero determinate fasce di rispetto (calcolate in funzione del limite di esposizione, nonché valore di attenzione, pari a 5kV/m) che sono sempre inferiori a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

L'obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di 3 μ T.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3 Verifica campo magnetico

Nel seguente capitolo viene riportata l'analisi del campo magnetico generato dai principali componenti d'impianto e, ove previsto, il calcolo della relativa "fascia di rispetto".

3.1 Moduli Fotovoltaici

I moduli fotovoltaici generano energia elettrica in corrente e tensione continue; per cui la generazione di campi magnetici variabili è limitata ai soli transistori di corrente (durante la ricerca del punto di massima potenza da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) i quali risultano di ridotta entità e di breve durata.

Nelle procedure di certificazioni dei moduli fotovoltaici secondo le serie di norme IEC 61215 e IEC 61730 non sono infatti previste prove di compatibilità elettromagnetica, in quanto irrilevanti per questi componenti.

3.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature il cui scopo principale è di convertire l'energia generata dai moduli FV da corrente continua a corrente alternata. Gli inverter selezionati per il presente progetto impiegano componentistica elettronica operante ad alte frequenze al fine di minimizzare le perdite di conversione. È comunque opportuno considerare che tali apparecchiature elettroniche, per poter essere commercializzabili, siano corredate delle necessarie certificazioni di compatibilità elettromagnetica 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.

Per quanto riguarda il progetto relativo alla presente analisi, si prevede l'utilizzo di inverter, multi-stringa (ubicati in campo) e centralizzati (ubicati nei container batteria), conformi alla normativa CEM, ed in particolare alle norme IEC 55011 e IEC 61000-6-2.

3.3 Container Batterie

Ogni modulo batterie risponde ai requisiti della normativa vigente (IEC 61000) per quanto riguarda l'emissione elettromagnetica. Ogni modulo è equipaggiato con un set di opportuni filtri, che saranno in grado di evitare la trasmissione di disturbi a frequenze elevate attraverso i conduttori di potenza. La messa a terra dei containers e la gestione del sistema DC isolato da terra, consentiranno di evitare i disturbi anche attraverso modalità di accoppiamento di modo comune. L'emissione irradiata sarà schermata attraverso l'installazione dei componenti in container o la realizzazione di box metallici.

In sintesi, l'impatto elettromagnetico generato dai moduli batterie è nullo in quanto la Distanza di Prima Approssimazione calcolata per 3 μ T (obiettivo di qualità) ad esse associata, nell'assetto di progetto, ricadrà interamente nell'intorno dell'apparecchiatura.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.4 Trasformatore BT/MT (cabine di Trasformazione e PCS)

Per quanto riguarda le cabine di trasformazione, considerabili alla stregua di cabine secondarie di trasformazione, è stata determinata la distanza di prima approssimazione tramite il metodo di calcolo descritto nel par. 5.2.1 dell'allegato al DM 29/05/2008.

La distanza di prima approssimazione corrisponde alla distanza dalle pareti esterne della cabina, e viene calcolata considerando una linea trifase con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in ingresso al trasformatore, considerando una distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo.

La DPA è calcolabile tramite la seguente formula:

$$DPA = 0.40942 \times x^{0.5241} \times \sqrt{I}$$

Dove:

- DPA = Distanza di Prima Approssimazione [m];
- I = corrente nominale [A];
- X = diametro reale dei cavi [m].

Per il presente impianto agrivoltaico vengono quindi considerati trasformatori BT/MT di taglia rispettivamente pari a 2'000 kVA a 2'500 kVA avente una corrente nominale circolante nell'avvolgimento secondario pari rispettivamente a circa 1'445 A e 1'807 A.

Ipotizzando per il collegamento tra inverter e trasformatore l'impiego di cavi ARG16R16 aventi sezione pari a 300 mm², il diametro esterno dei cavi in bassa tensione è pari a 27,9 mm.

La DPA così calcolata, arrotondata per eccesso al numero intero superiore, risulta essere pari rispettivamente a 2,4 m e 2,7 m.

È opportuno evidenziare che le cabine di trasformazione e i PCS sono posizionate all'interno del campo agrivoltaico, quindi non accessibili a personale non autorizzato, ed in condizioni di normale esercizio non sono presidiate. Si può quindi escludere qualsiasi rischio per la salute pubblica.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.5 Cavidotti interrati MT

La scelta di prevedere esclusivamente linee interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo nelle immediate prossimità dei cavi.

Per quanto riguarda il campo magnetico, l'utilizzo di cavi cordati ad elica implica l'esclusione di tale tipologia di linea dalla valutazione, in base a quanto prescritto dal D.M.29/05/2008 al punto 3.2 (e art. 7.1.1 CEI 106-11) in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

Sebbene la scelta sia quella di utilizzare cavi cordati ad elica, si è deciso comunque di analizzare l'induzione magnetica generata nel caso peggiore, ovvero nel caso di utilizzo di terne unipolari disposte a trifoglio.

3.5.1 Linee Elettriche 15kV Utente– Cabine di Trasformazione – Cabine di Raccolta e Cabine di Raccolta – Cabine Utente

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

Per lo studio e la valutazione dei campi elettromagnetici generati dagli elettrodotti con tensione di esercizio 15 kV, sono state individuate le caratteristiche più critiche dei cavidotti interni al campo fotovoltaico e caratterizzati da:

- Posa di n.4 cavi a trifoglio posizionati adiacentemente ad una profondità minima di 1,0 mt esternamente al campo fotovoltaico (dalla cabina di raccolta alle cabine di consegna);
- Posa di n.7 cavi interrati a trifoglio posizionati adiacentemente ad una profondità minima di 1,3 mt internamente al campo;

Per quanto concerne i cavidotti MT in esame, si consideri la seguente tabella riepilogativa dove sono riportate le formazioni dei cavi in uscita da ciascun campo:

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Tabella 1: Tabella riepilogativa configurazioni cavidotti MT

TRATTA		L [km]	Tipologia Cavo	Configurazione cavo	Pn [kW]	In [A]	Ilorda [A]
C2.1	C1.1	0,43	ARE4H5EX	3//(1x95)	2000,00	77,1	217,0
C1.1	R	0,02	ARE4H5EX	3//(1x240)	4400,00	169,6	363,0
R	CC1	5,10	ARE4H5EX	3//(1x240)	4400,00	169,6	363,0
C2.2	C2.1	0,12	ARE4H5EX	3//(1x95)	2000,00	77,1	217,0
C2.1	R	0,30	ARE4H5EX	3//(1x400)	4400,00	169,6	470,0
R	CC2	5,10	ARE4H5EX	3//(1x240)	4400,00	169,6	363,0
C3.2	C3.1	0,14	ARE4H5EX	3//(1x95)	2000,00	77,1	217,0
C3.1	R	0,37	ARE4H5EX	3//(1x400)	4400,00	169,6	470,0
R	CC3	5,10	ARE4H5EX	3//(1x240)	4400,00	169,6	363,0
C4.2	C4.1	0,11	ARE4H5EX	3//(1x95)	2000,00	77,1	217,0
C4.1	R	0,42	ARE4H5EX	3//(1x400)	4400,00	169,6	470,0
R	CC4	5,10	ARE4H5EX	3//(1x240)	4400,00	169,6	363,0
PCS1	R	0,46	ARE4H5EX	3//(1x240)	2500,00	96,3	363,0
PCS2	R	0,46	ARE4H5EX	3//(1x240)	2500,00	96,3	363,0
PCS3	R	0,46	ARE4H5EX	3//(1x240)	2500,00	96,3	363,0
PCS4	R	0,46	ARE4H5EX	3//(1x240)	2500,00	96,3	363,0

Con R si intende la cabina di Raccolta ubicata in campo, mentre con CC1, CC2, CC3 e CC4 si intendono rispettivamente le quattro cabine di consegna.

Nexans Ref. Code	Formation	Nominal Conductor Diameter	Nominal Insulation Thickness	Nominal Insulation Diameter	Nominal Sheath Thickness	Nominal Phase Diameter	Nominal Cable Diameter	Indicative Cable Weight
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[kg/km]
-	3x1x95	11,5	4,9	21,9	4,0	34,5	74,4	2.910
-	3x1x120	13,1	4,9	23,5	4,0	36,2	78,0	3.270
-	3x1x150	14,3	4,9	24,7	4,0	37,5	80,7	3.600
-	3x1x185	16,0	4,9	26,4	4,0	39,3	84,6	4.050
-	3x1x240	18,5	4,9	28,9	4,0	41,9	90,3	4.760
-	3x1x300	20,7	4,9	31,1	4,0	44,2	95,2	5.430
-	3x1x400	23,5	4,9	33,9	4,0	47,1	101,6	6.360
-	3x1x500	26,5	4,9	37,2	4,0	50,6	109,1	7.590

Nexans Ref. Code	Formation	Electrical resistance @ 20°C - d.c. max	Electrical resistance @ 90°C - a.c.	X Phase Reactance @ 50 Hz	C Capacitance	Current capacity in ground @ 20°C	Current capacity in air @ 30°C	Short circuit current conductor Tmax 250°C	Short circuit current screen Tmax 150°C
		[Ω/km]	[Ω/km]	[Ω/km]	[μF/km]	[A]	[A]	kA x 1s	kA x 0,5s
-	3x1x95	0,320	0,411	0,125	0,231	217	275	9,0	1,6
-	3x1x120	0,253	0,325	0,12	0,253	247	319	11,3	1,7
-	3x1x150	0,206	0,265	0,117	0,270	276	360	14,2	1,8
-	3x1x185	0,164	0,211	0,113	0,293	313	414	17,5	1,9
-	3x1x240	0,125	0,161	0,108	0,328	363	491	22,7	2,0
-	3x1x300	0,100	0,129	0,104	0,358	410	564	28,3	2,1
-	3x1x400	0,0778	0,101	0,100	0,396	470	659	37,8	2,3
-	3x1x500	0,0605	0,080	0,097	0,441	536	767	47,2	2,5

Note
 formation: trefoil
 laying depth: 0,8 [m]
 soil thermal resistivity: 1,5 [°Cm/W]
 metallic layers connection: "solid bonding" (earthed at both ends)

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

Si rimanda all'elaborato "RNE21.PD.T.10.00-Layout Dettagliato Cavidotti MT" per la disposizione dei cavidotti MT.

Per la determinazione del campo magnetico generato da cavi percorsi da corrente, nel caso di un sistema trifase quale quello in oggetto, si può fare riferimento alla norma CEI 106-11 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT" la quale fornisce la relazione di calcolo di cui alla formula seguente:

$$B = 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2}$$

dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] è il raggio del campo magnetico del valore di 3 μ T, S [m] è il diametro del cavo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terre e calcolare, attraverso un modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale dei cavidotti in esame, possiamo differenziare le due seguenti casistiche:

1. Quadrupla Terna Interrata (cavi esterni al campo fotovoltaico) per cui il campo magnetico generato dall'elettrodotto può essere calcolato attraverso la seguente formula:

$$B = 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(R - x_1)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_2 \times I_2}{(R - x_2)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_3 \times I_3}{(R - x_3)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_4 \times I_4}{(R - x_4)^2}$$

Dove:

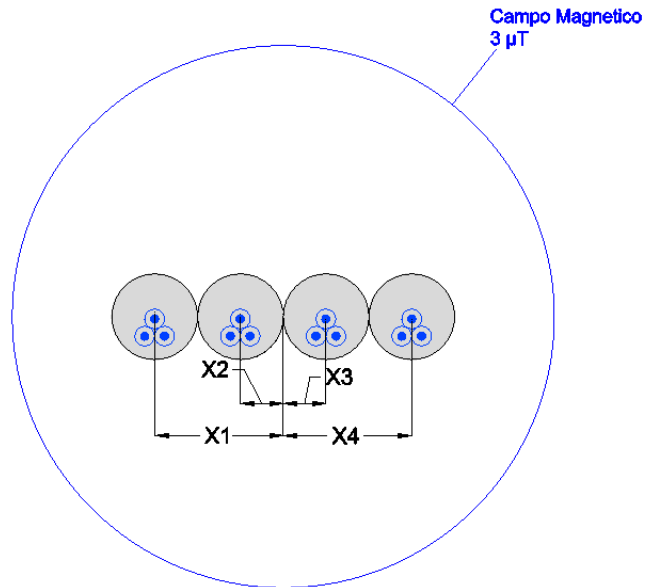
- S = diametro reale del cavo;
- I = corrente circolante nel cavo;
- R= Raggio del campo magnetico di valore pari a 3 μ T;
- X1/X2/X3/X4=distanza tra i conduttori rispetto al centro del campo magnetico B di valore pari 3 μ T.

In particolare:

- X2 e X3 sono pari a D/2, dove D è il diametro del tubo corrugato previsto;
- X1 e X4 sono pari a D + D/2, dove D è il diametro del tubo corrugato previsto.

Si riporta di seguito una rappresentazione geometrica della situazione.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



Considerando una corrente di 170 A (vedi tabella 1), pari alla portata dei cavi in esame, aventi una sezione di 240mm^2 ed un diametro reale di 41,9 mm, il valore di $3\text{ }\mu\text{T}$ è raggiunto ad una distanza pari a **1,7 m** dall'asse dello scavo.

Si riporta di seguito una rappresentazione grafica della DPA sia nel caso di terreno agricolo/strada sterrata, sia di strada asfaltata.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

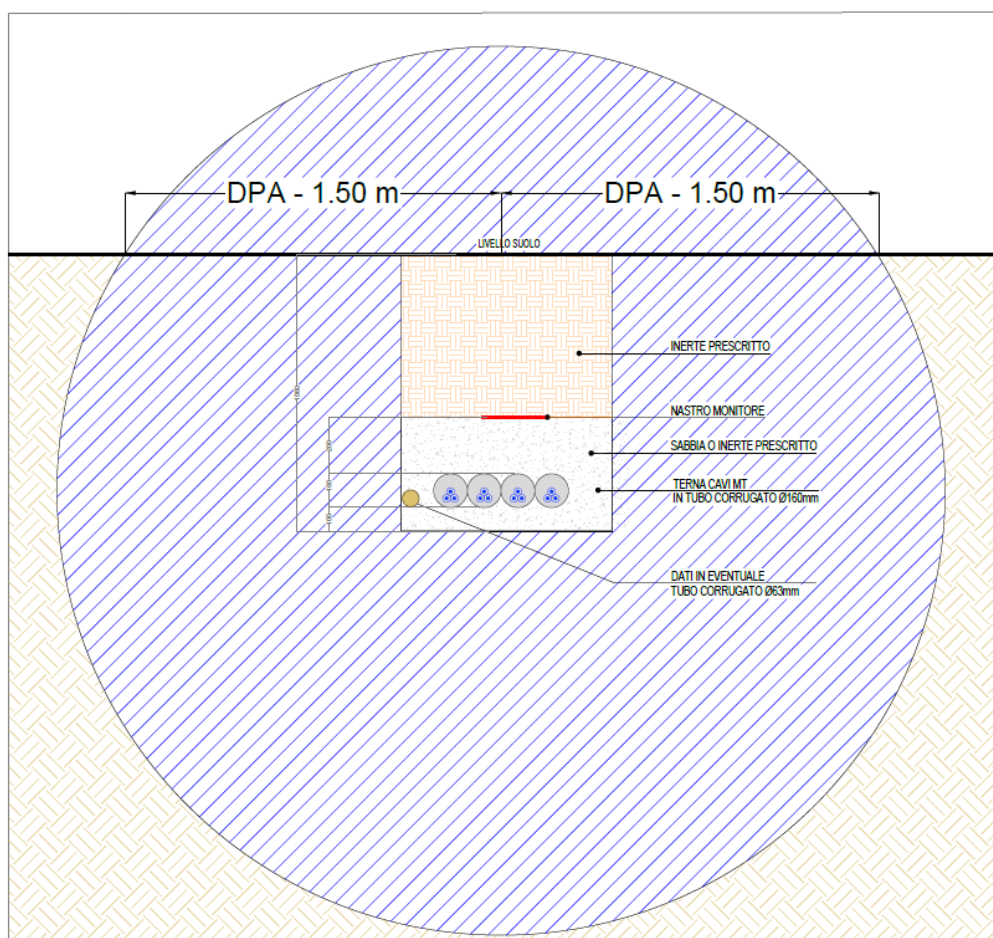


Figura 3: DPA - Strada Sterrata/Terreno Agricolo – Cavo Utente esterno al campo

Si assume quindi una DPA di **1,5 m** per l'opera in esame nel caso di terreno agricolo o strada sterrata.

Nel caso in cui, invece, l'opera venga posata su strada asfaltata, la DPA è pari a **1,2 m** (Figura 4).

È importante sottolineare che il tracciato dei cavidotti MT di collegamento tra la cabina di raccolta e le cabine di consegna, è posato su strade esistenti, se non per l'unico tratto di attraversamento del fiume Reno.

La DPA calcolata non riguarda aree in cui le persone si fermano per più di 4 ore consecutive, pertanto, è possibile escludere qualsiasi rischio per la salute pubblica.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

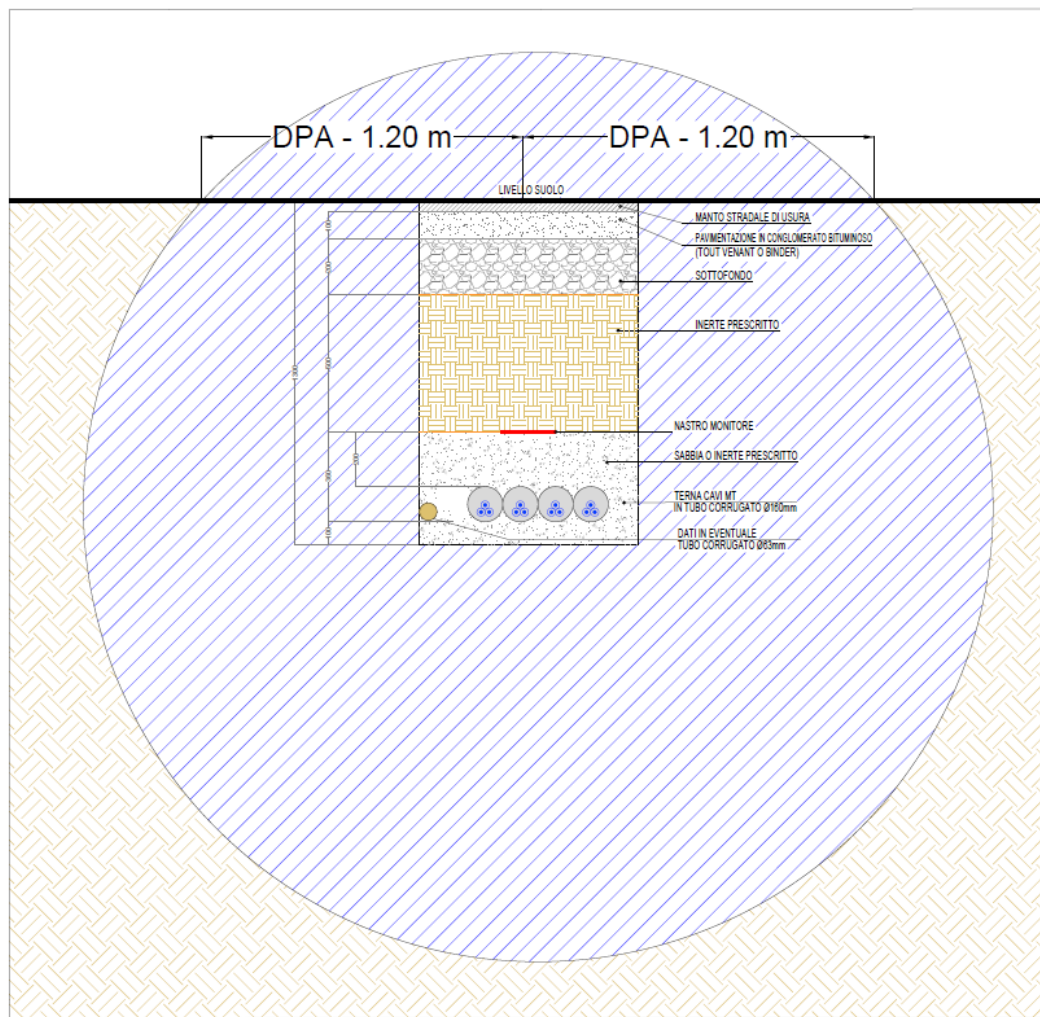


Figura 4: DPA - Strada Asfaltata – Cavo Utente esterno al campo

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

2. Sette Terne interrate (cavi interni al campo fotovoltaico) per cui il campo magnetico generato dall'elettrodotto può essere calcolato attraverso la seguente formula:

$$B = 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(R - x_1)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(R - x_2)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(R - x_3)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_4 \times I_4}{(R)^2} \\ + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_5 \times I_5}{(R - x_5)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_6 \times I_6}{(R - x_6)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_7 \times I_7}{(R - x_7)^2}$$

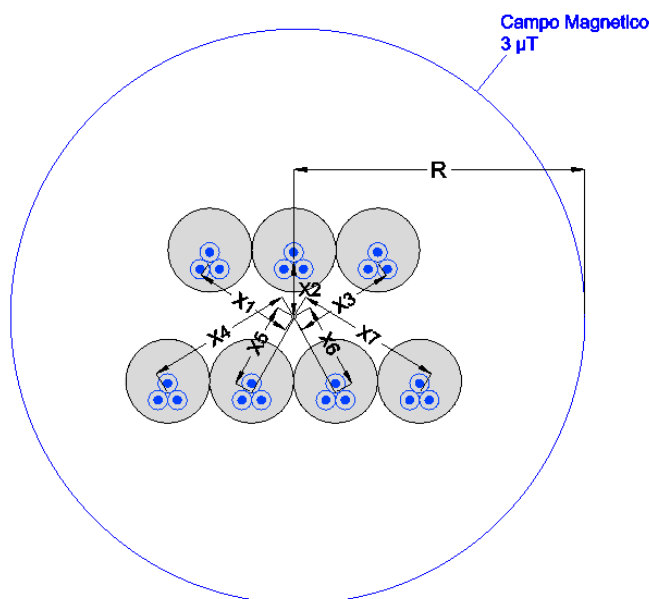
Dove:

- S = diametro reale del cavo;
- I = corrente circolante nel cavo;
- R= Raggio del campo magnetico di valore pari a 3 μ T;
- X1/X2/X3/X4/X5/X6/X7=distanza tra i conduttori e il centro del campo magnetico di valore pari a 3 μ T.

In particolare:

- X1/X3 sono pari a 256 mm. Tale valore è stato calcolato tramite il teorema di Pitagora;
- X2 è pari a 200 mm;
- X4/X7 sono pari a 312 mm. Tale valore è stato calcolato tramite il teorema di Pitagora;
- X5/X6 sono pari a 215 mm. Tale valore è stato calcolato tramite il teorema di Pitagora.

Si riporta di seguito una rappresentazione geometrica della situazione.



Considerando una corrente di 170 A (vedi tabella 1) pari alla portata dei cavi in esame, aventi una sezione di 400mm² ed un diametro reale di 47,1 mm, il valore di 3 μ T è raggiunto ad una distanza pari a **5,3 m** dall'asse dello scavo.

Si riporta di seguito una rappresentazione grafica della DPA.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

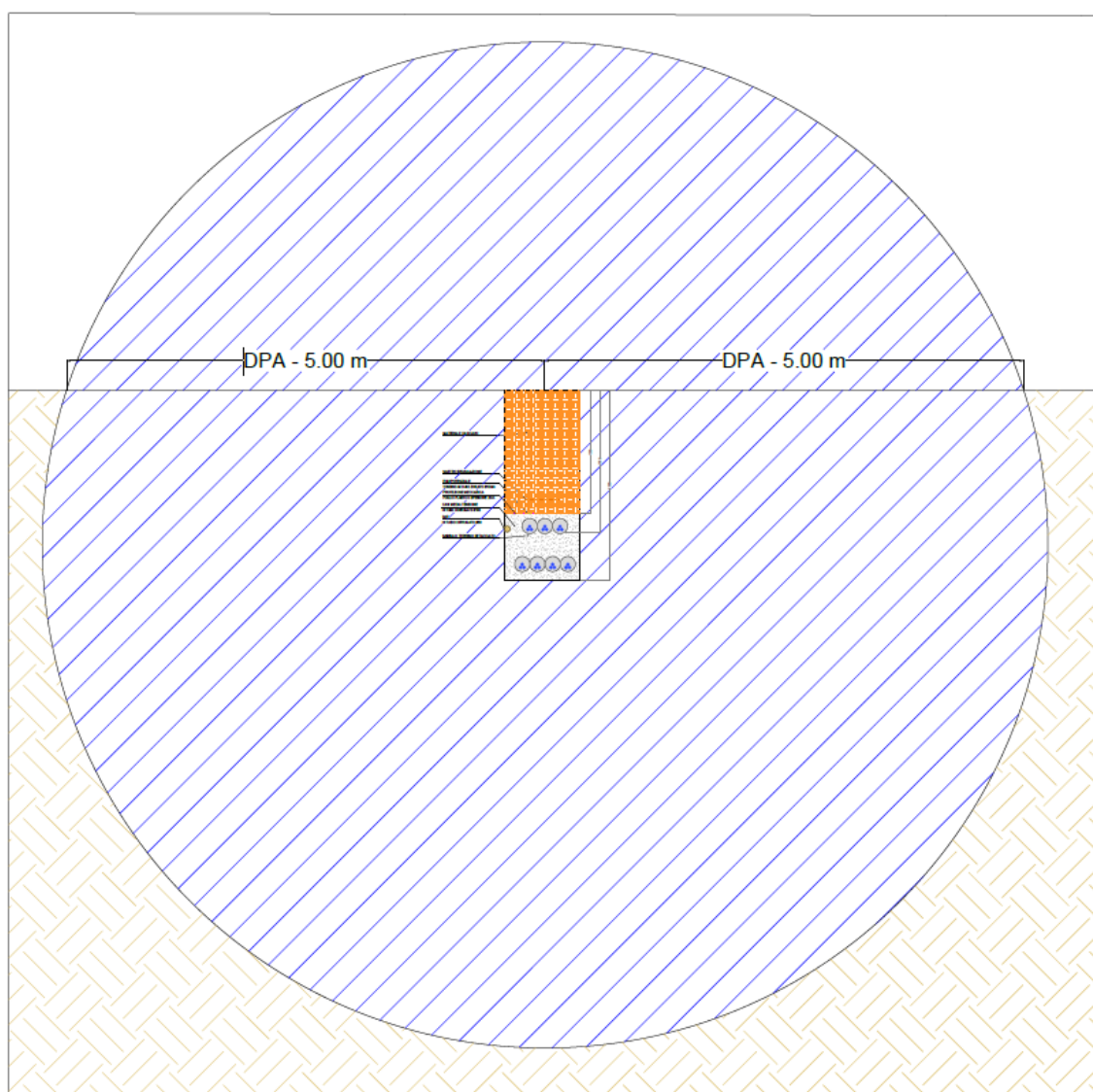


Figura 5: DPA -Cavi interrati interni al campo

Si considera quindi una DPA pari a **5,0 m** per l'opera in analisi.

È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto è stato considerato che tutti e 7 i cavi abbiano medesima sezione e portata. In realtà, nella condizione reale, si avranno 3 terne da 240mm² con una portata di 94 A e 4 terne da 400mm² con una portata di 170 A.

È inoltre opportuno sottolineare che i cavidotti MT di collegamento tra le cabine di trasformazione e la cabina di raccolta sono posizionati all'interno del campo fotovoltaico, un'area non accessibile a personale non autorizzato, e che, in condizioni di normale esercizio, non sono presidiati. Pertanto, si può escludere qualsiasi rischio per la salute pubblica.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.5.2 Linee Elettriche 15kV di Rete – Cabina di Consegna – Cabina Primaria

Per quanto concerne i cavidotti MT in esame, secondo quanto previsto dal preventivo di connessione ricevuto, si utilizzeranno cavi da 240 mm². Di seguito si riporta il datasheet del cavo considerato:

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5EX

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
conductor cross-section	open air installation	underground installation trefoil p=1 °C m/W	underground installation trefoil p=2 °C m/W
(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	1730	550
70	9,7	20,8	29	1940	570
95	11,4	22,1	30	2230	590
120	12,9	23,2	32	2510	630
150	14,0	24,3	33	2800	660
185	15,8	26,1	35	3260	700
240	18,2	28,5	37	3930	740
300	20,8	31,7	42	4730	820

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	186	175	134
70	230	214	164
95	280	256	197
120	323	291	223
150	365	325	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371

Per quanto riguarda il calcolo del campo magnetico generato, sarà considerata la situazione peggiore data dalla posa di una doppia tripla terna di cavi interrati disposti a trifoglio, aventi le seguenti caratteristiche:

- A = 240 mm²;
- d = 37 mm.

In tale configurazione il campo magnetico generato dall'elettrodotti può essere calcolato attraverso la seguente formula:

$$B = 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_1 \times I_1}{(R - x_1)^2} + 0.1 \times \sqrt{6} \times \frac{S_2 \times I_2}{(R - x_2)^2}$$

Dove:

- S = diametro reale del cavo;
- I = corrente circolante nel cavo;
- R= distanza dall'asse centrale ai due conduttori;
- X1/X2=distanza tra il centro dei due conduttori, pari a D/2 dove D è il diametro del tubo corrugato, ovvero 160mm.

Si riporta di seguito una rappresentazione geometrica della situazione.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

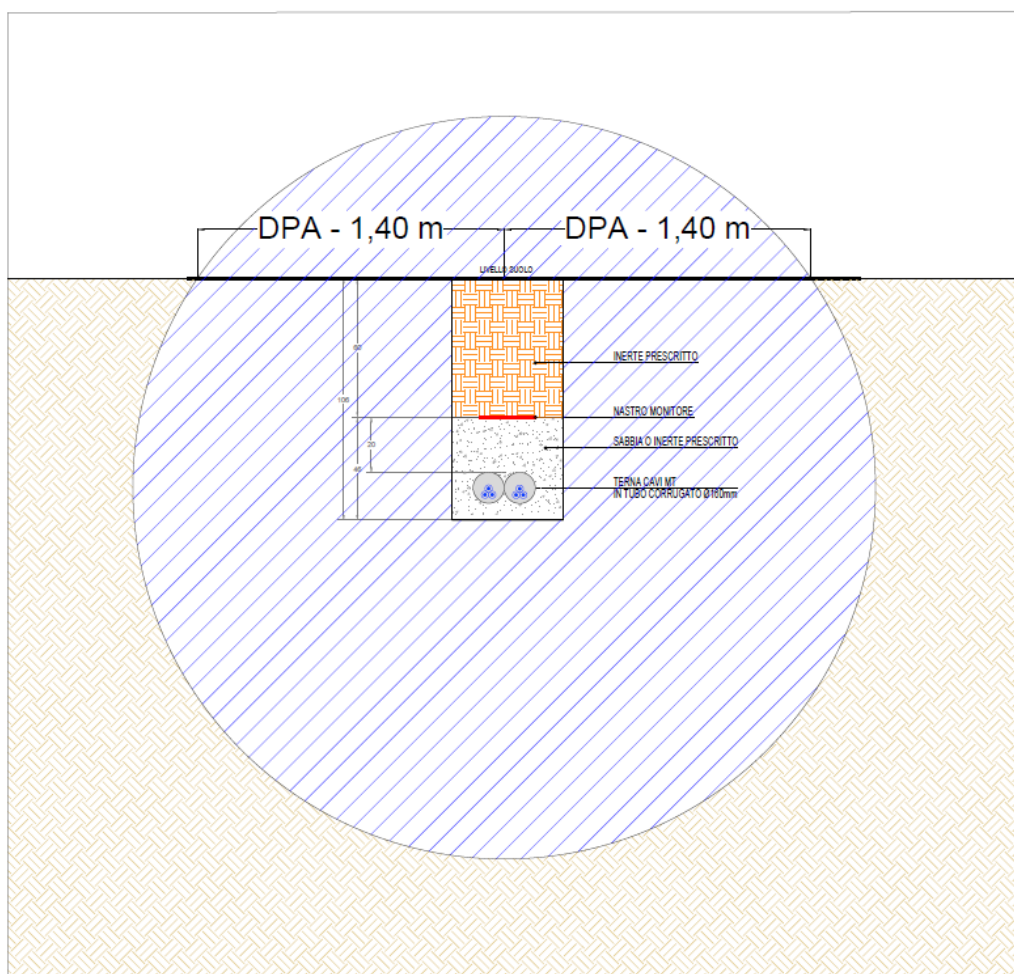


Figura 6: DPA - Strada Sterrata/Terreno Agricolo - Cavo Rete

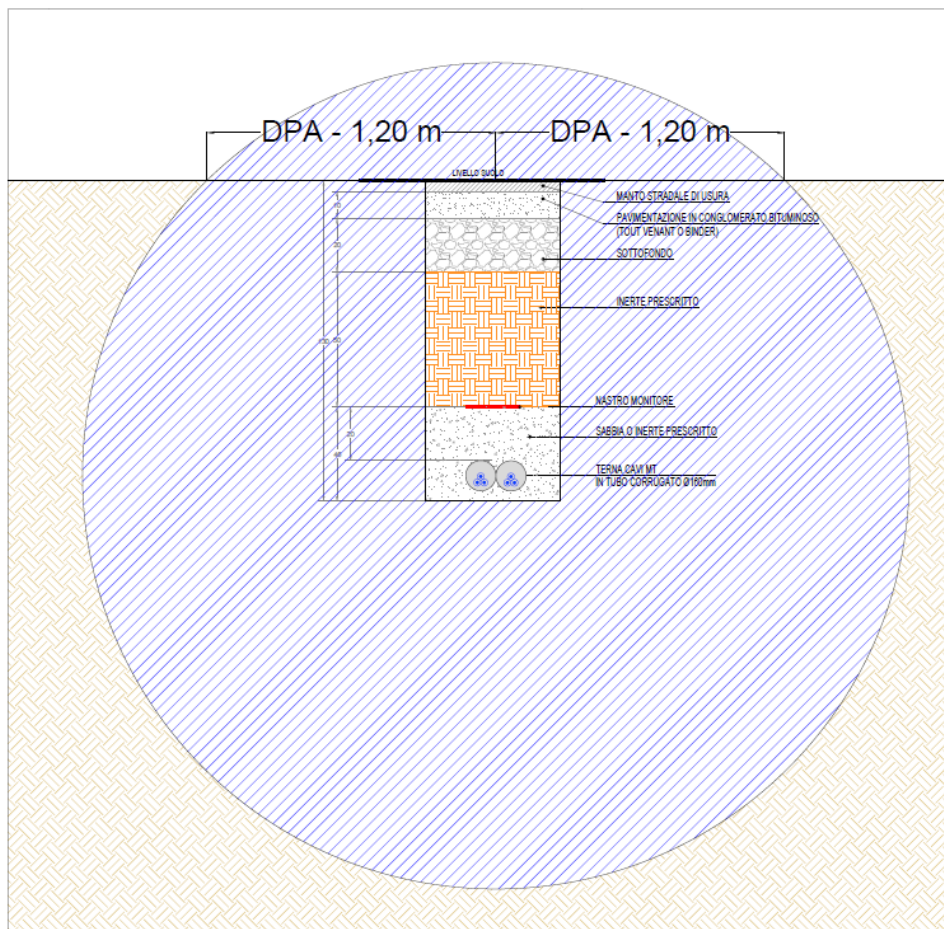
Si assume, quindi, una DPA di **1,4 m** per l'opera in esame nel caso di terreno agricolo o strada sterrata.

Nel caso in cui, invece, l'opera venga posata su strada asfaltata, la DPA è pari a **1,2 m** (Figura 7).

È da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente massima che può interessare le linee di collegamento MT in oggetto è inferiore alla corrente massima nominale del cavo.

Si segnala inoltre che il tracciato dei cavidotti MT di collegamento tra le cabine di consegna e la cabina primaria attraversa esclusivamente terreni agricoli e strade esistenti, lontano da scuole o altri edifici. La DPA calcolata non considera aree in cui le persone soggiornano per più di 4 ore consecutive, pertanto, si può escludere qualsiasi rischio per la salute pubblica.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione



00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

3.6 Cabina di Raccolta

I condotti sbarre hanno una bassissima emissione elettromagnetica: nei condotti infatti l'involucro in lamiera di acciaio funge da schermo per il campo elettrico e l'estrema vicinanza fra i conduttori di fase riduce notevolmente anche l'emissione della componente magnetica. L'eventuale involucro in alluminio riduce l'emissione EMF.

Si può quindi considerare la DPA relativa alla cabina di smistamento di entità trascurabile.

3.7 Cabina di Consegna

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto resta da considerare le cabine elettriche di consegna. A questa cabina confluiscono i cavidotti MT provenienti dalla cabina di raccolta. All'interno di tale cabina, la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT in quanto in questo caso il trasformatore MT/BT, se presente, è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari e dà luogo a correnti di esiguo valore.

Si precisa inoltre che Enel ha unificato sul territorio nazionale le fasce di rispetto in caso di opere elettriche esercite in media tensione presso i propri impianti. Secondo quanto riportato nella "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", per Cabine Secondarie di sola consegna MT la DPA da considerare è quella della linea MT entrante/uscente, ovvero **2.5 mt.**

Le medesime DPA saranno rispettate per la realizzazione delle opere relative al progetto in oggetto.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione

4 Conclusioni

A seguito delle valutazioni preliminari effettuate, tenendo conto delle inevitabili approssimazioni dovute alla complessità geometrica della sorgente emissiva, si presume che l'opera proposta, per le sue caratteristiche emissive e la posizione scelta, rispetti i vincoli legislativi riguardanti la protezione della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici, magnetici ed elettrici.

Infatti, le aree di prima approssimazione identificate non includono luoghi in cui le persone possano permanere abitualmente per più di 4 ore; di conseguenza, non interessano né abitazioni civili né locali pubblici o spazi di svago.

Una volta realizzato e attivato l'impianto, il rispetto dei limiti di esposizione potrà essere verificato tramite misurazioni dirette in campo, se necessario.

In aggiunta, è importante sottolineare che le condizioni di massima producibilità dell'impianto non possono essere considerate continuative, ma sono solitamente limitate a poche ore al giorno. Ciò implica che non ci sarà una persistenza delle emissioni superiori a 4 ore consecutive.

Inoltre, poiché tutti i componenti dell'impianto sono dotati di schermature o parti metalliche collegate a un sistema di messa a terra, i campi elettrici risultanti sono trascurabili (le relative fasce di rispetto sono ridotte e rientrano in quelle per i campi magnetici) o nulli.

Pertanto, si ritiene che l'impatto elettromagnetico, secondo la normativa vigente, possa essere considerato nullo.

00	01-10-2024	Prima Emissione
Revisione	Data	Descrizione