



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
COMUNE DI VILLASOR**



**Provincia del Sud Sardegna (SU)**

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO  
AGRO-FOTOVOLTAICO DENOMINATO VILLASOR**

Loc. "Su Pranu", Villasor (SU) - 09034, Sardegna, Italia

Potenza Nominale 72'063,68 kWp + Sistema di accumulo di Potenza Nominale 26'340 kW

	<p><b>Coordinamento Progettisti</b> <b>INNOVA SERVICE S.r.l.</b> Via Santa Margherita n. 4 - 09124 Cagliari (CA) P.IVA 03379940921, PEC: <a href="mailto:innovaserviceca@pec.it">innovaserviceca@pec.it</a></p>	<p><b>Gruppo di lavoro VIA (S.I.G.E.A. S.r.l.)</b> Dott. Geol. Luigi Maccioni - Coordinamento VIA Ing. Manuela Maccioni - Paesaggio Dr. Nat. Roberto Cogoni - Fauna Flora Vegetazione Dott.ssa Cristiana Cilla - Archeologia Dott. Geol. Stefano Demontis – Georisorse Dott. Geol. Valentino Demurtas – Georisorse</p>
	<p><b>Coordinamento gruppo di lavoro VIA</b> <b>S.I.G.E.A. S.r.l.</b> Via Cavalcanti n. 1 - 09047 Selargius (CA) P.IVA 02698620925, PEC: <a href="mailto:sigeamaccioni@pec.it">sigeamaccioni@pec.it</a></p>	<p><b>Gruppo di lavoro Progettazione Agronomica</b> Agr.Stefano Atzeni – Agronomo</p>
	<p><b>Committente - Sviluppo progetto FV:</b> <b>ALFA ARIETE S.r.l</b> Via Mercato n. 3/5 - 20121 Milano (MI) P.IVA 11850890960, PEC: <a href="mailto:alfaarietesrl@lamiapec.it">alfaarietesrl@lamiapec.it</a></p>	<p><b>Gruppo di lavoro Progettazione Elettrica</b> Ing. Silvio Matta – Ing. Elettrico</p> <p><b>Altri Progettisti</b> Ing. Luca Marmocchi – Strutturista Arch. Giorgio Roberto Porpiglia – Progettista</p>
	<p><b>Sviluppo progetto Agricolo:</b> <b>Azienda Agricola Lotta Marco Michele</b> Via Ponti sa Murta n. 21 - 09097 San Nicolò D'Arcidano (OR) P.IVA 01134970951, PEC: <a href="mailto:marcomichelelotta@pec.it">marcomichelelotta@pec.it</a></p>	

Elaborato

**RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Codice elaborato		Scala		Formato
REL_SP_CAME				
REV.	DATA	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Giugno 2023	Ing. Silvio Matta		ALFA ARIETE S.r.l.

Note



**RELAZIONE**  
**CAMPI ELETTROMAGNETICI**

## SOMMARIO

<b>1) PREMESSA.....</b>	<b>5</b>
<b>2) DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>3) NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>4) DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI .....</b>	<b>8</b>
▪ GENERALITÀ.....	8
▪ CABINE ELETTRICHE DI CAMPO (CABINE DI RACCOLTA DI AREA) .....	11
▪ CABINA ELETTRICA DI CAMPO (CABINA DI RACCOLTA GENERALE) .....	11
▪ SISTEMA DI STORAGE .....	12
<b>5) CAMPI IN PROSSIMITA' DELLE LINEE IN AT E DELLE CABINE.....</b>	<b>12</b>
▪ ANDAMENTO DEI CAMPI .....	12
▪ I CAVI INTERRATI .....	13
<b>6) CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....</b>	<b>14</b>
▪ <b>5.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>14</b>
5.1.1 MODULI FOTOVOLTAICI.....	14
5.1.2 INVERTER .....	14
5.1.3 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA INTERNE ALL'IMPIANTO FV .....	15
5.1.4 CABINE DI RACCOLTA DI AREA .....	16
CORRENTE DI CALCOLO: .....	17
5.1.5 ALTRI CAVI.....	22
<b>7) ELETTRODOTTO PER IL COLLEGAMENTO DELL'IMPIANTO FV ALLA RTN .....</b>	<b>23</b>
<b>8) ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DEL CAMPO MAGNETICO DELLA LINEA .....</b>	<b>25</b>
<b>9) ANALISI DELLE INTERFERENZE DELLA LINEA DI CONNESSIONE ALLA RTN .....</b>	<b>26</b>
<b>10) CONCLUSIONI .....</b>	<b>27</b>

---

## 1) PREMESSA

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

In particolare saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche e ai cavidotti presenti all'interno dell'impianto fotovoltaico, individuando, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA associate a tali opere.

Nel presente studio sono state prese in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti all'interno del campo, assumendo per il calcolo le ipotesi di funzionamento più gravose.

## 2) 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) 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  $\mu$ 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  $\mu$ 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  $\mu$ 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 $\mu$ 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 (64'800 kW).

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 indicati nelle Tabelle 1 e 2:

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

<b>Intervallo di FREQUENZA (MHz)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)</b>	<b>DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m2)</b>
0,1-3	60	0,2	-
>3 – 3'000	20	0,05	<b>1</b>
>3000 – 300'000	40	0,01	<b>4</b>

**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:**

<b>Intervallo di FREQUENZA (MHz)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)</b>	<b>DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m2)</b>
0,1 – 300'000	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, così come riportato in Tabella 3:

**Tabella 3 Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate:**

<b>Intervallo di FREQUENZA (MHz)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)</b>	<b>DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m2)</b>
0,1 – 300'000	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.

---

## 4) DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

### ▪ Generalità

L'impianto fotovoltaico "VILLASOR-2" sorgerà all'interno di una vasta area pianeggiante individuata a circa 2,5 km dal paese, Villasor appunto, in provincia del Sud Sardegna (SU).

Per tale impianto è previsto il collegamento elettrico alla rete di distribuzione di TERNA tramite una nuova linea elettrica a 36 kV che collegherà direttamente la "Cabina Generale di Raccolta" dell'impianto fotovoltaico alla nuova SE a 150/36 kV "VILLASOR" che a sua volta sarà collegata in doppio entra-esce alle due linee in AT "Taloro-Villasor" e "Tuili-Villasor". Allo stato attuale del progetto la nuova SE risulta ancora in via di definizione e, pertanto, si rimanda ai rispettivi elaborati di progetto per tutti i dettagli relativi all'esatto percorso dell'elettrodotto e alle sue caratteristiche tecniche specifiche.

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico a terra con sistema ad inseguitori monoassiali, con una potenza complessiva installata pari a 72'063.68 kWp e una potenza in immissione alla RTN (P.O.I.) pari a 64'450.00 kW.

L'impianto prevede l'utilizzo di pannelli fotovoltaici monocristallini di tipo bifacciale con potenza di 680 vWp, collegati elettricamente in stringhe da 26 pannelli, che meccanicamente saranno alloggiati in strutture ad inseguimento monoassiale (Tracker) in due formati:

- Tracker 2x26 V, configurate per movimentare ciascuna n° 52 moduli fotovoltaici;
- Tracker 2x13 V, configurate per movimentare ciascuna n° 26 moduli fotovoltaici ;

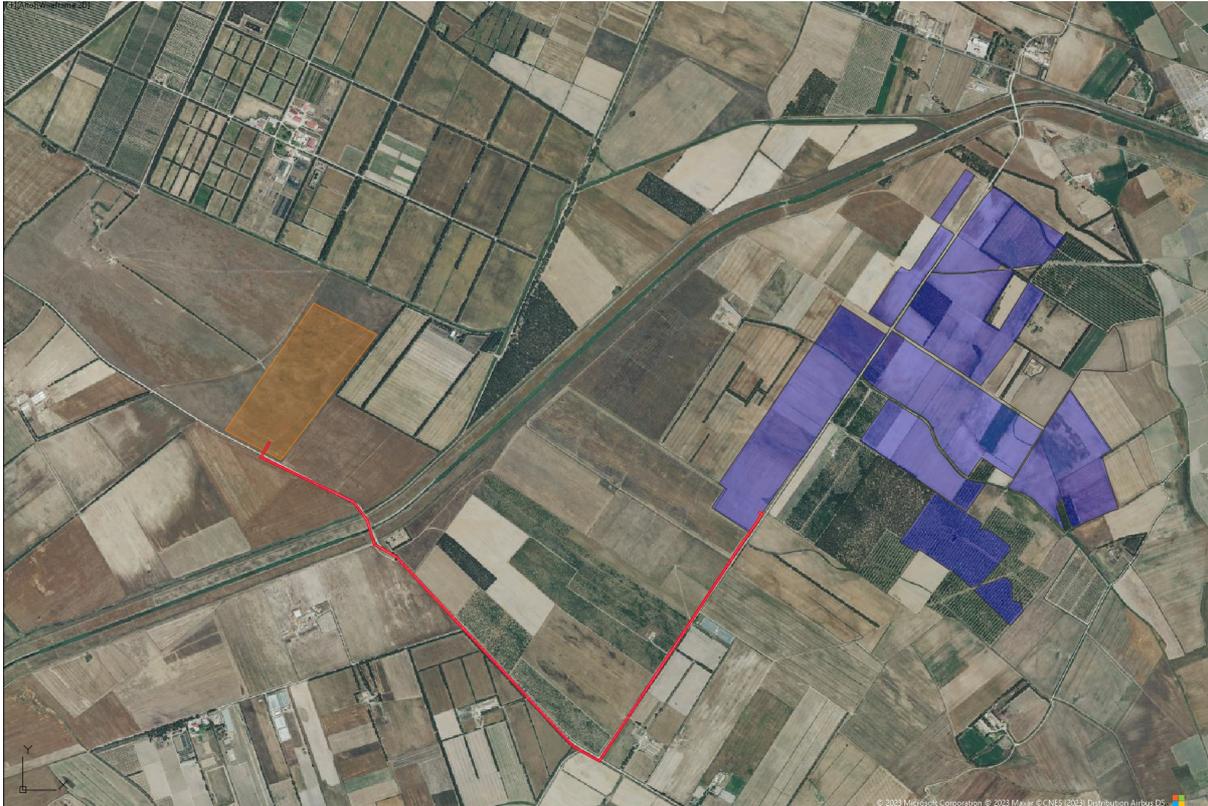
Complessivamente saranno connessi 105'976 pannelli fotovoltaici a formare 4'076 stringhe di 26 pannelli ciascuna, la cui energia sarà convertita dalla forma "continua" a quella "alternata" mediante 244 inverter trifase tipo HUAWEI di cui 174 di tipo SUN2000-330KTL-H1 da 300 kVA e 70 di tipo SUN2000-185KTL-H1 da 175 kVA, dislocati all'aperto in apposita struttura di supporto e posizionati in maniera baricentrica rispetto alle aree da essi servite.

L'impianto è internamente suddiviso in Aree, contenenti ciascuna la propria "Cabina di Raccolta di Area", che ha al suo interno di un trafo da 3'400 kVA che raccoglierà l'energia prodotta da 9+4 inverter, con l'esclusione di sole 3 cabine che raccolgono una potenza inferiore (rispettivamente 3.00, 2.275 MW e 1.375 MW), a causa della conformazione dell'impianto stesso.

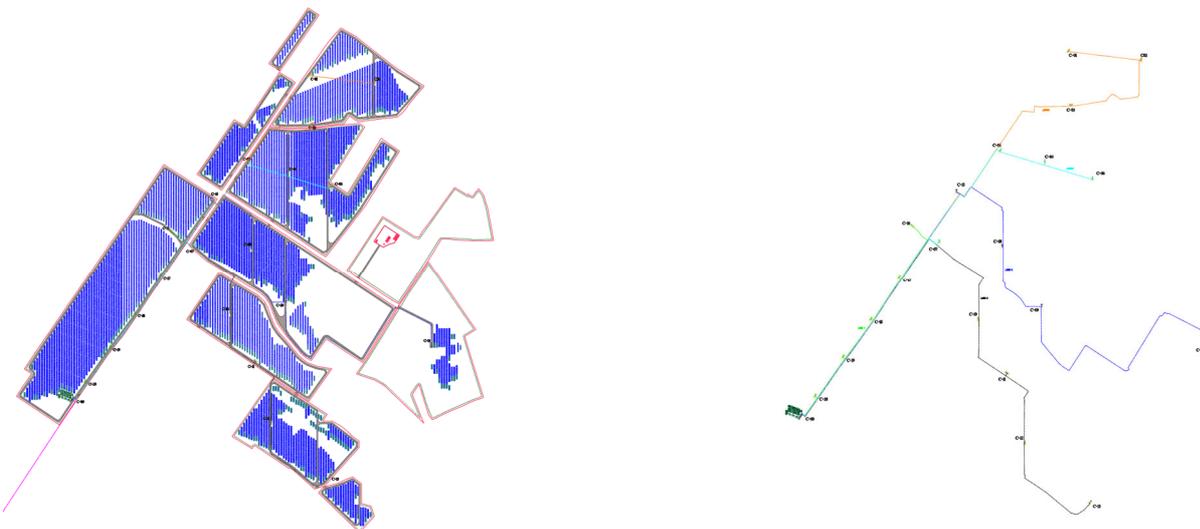
Le stringhe immettono l'energia dei pannelli tramite linee elettriche in corrente continua alla tensione di circa 1'019 V. Gli inverter trasformano la potenza ricevuta e la erogano ad una tensione di 800 V trifase alternata, veicolandola tramite apposite linee elettriche interrato verso i rispettivi dispositivi di sezionamento e protezione (interruttori) presenti all'interno delle Cabine di Raccolta di Area (Power Station). La linea di collegamento tra il Quadro Elettrico Generale di BT e il trafo BT/AT porta l'energia captata fino al trasformatore appunto, per effettuarne la modifica dei valori di tensione e corrente.

I trasformatori di elevatori all'interno di ciascuna cabina BT/AT della potenza di 3'400 kVA e presumibilmente del tipo ONAN o ONAF, ricevono dagli inverter l'energia captata ad una tensione di 800 V a.c. trifase e la elevano a 36 kV per la successiva trasmissione su lunga distanza su apposito elettrodotto interrato che viaggia all'interno del campo fotovoltaico fino alla Cabina Generale di Raccolta a bordo lotto.

*Planimetria generale dell'impianto fotovoltaico e del cavidotto di collegamento tra l'impianto FV e la RTN di TERN, con indicazione anche della nuova S.E. a cui l'impianto FV verrà collegato.*

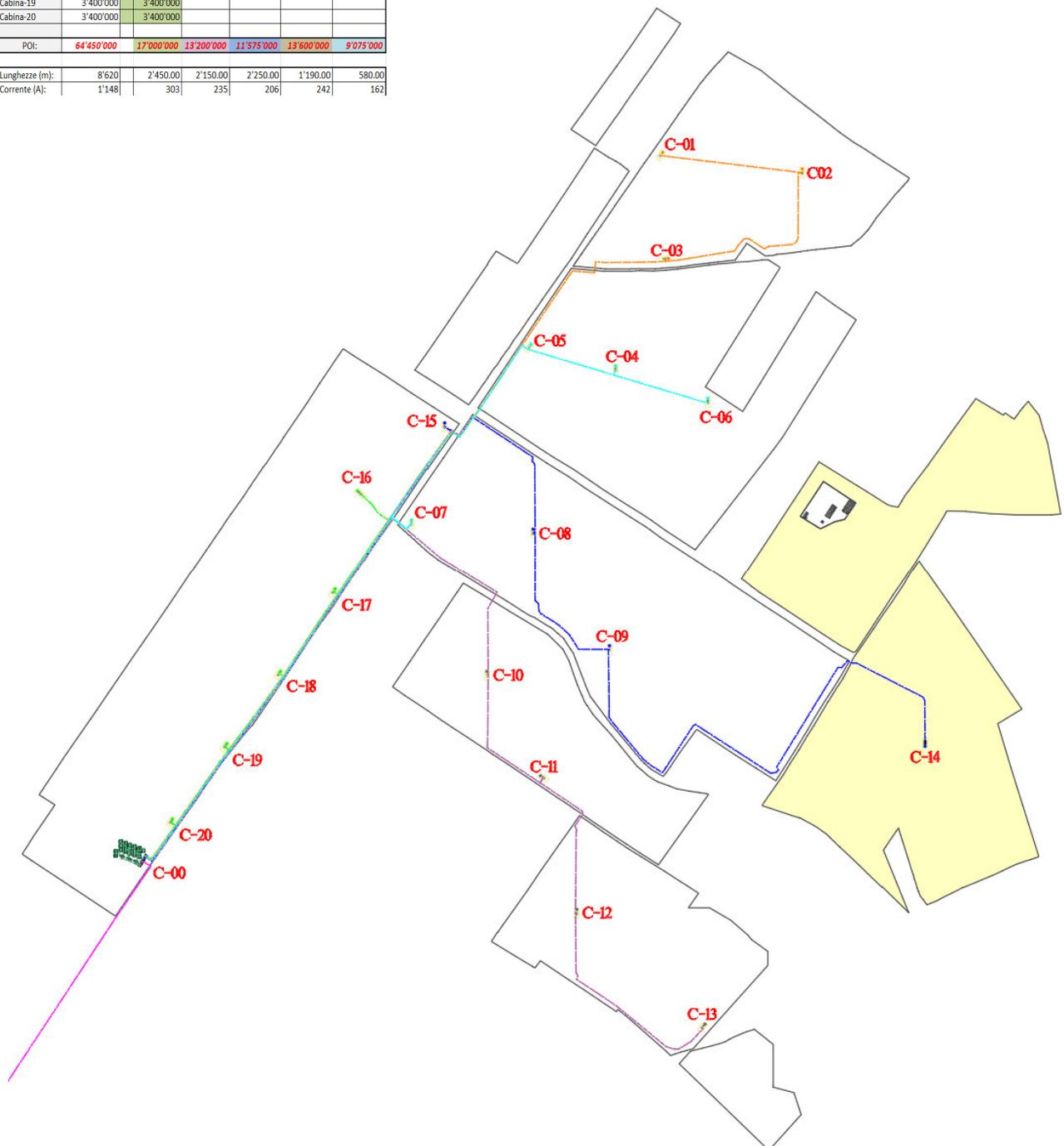


*Layout generale dell'impianto FV (a sinistra) e schema per il collegamento delle Cabine di Raccolta di Area e dei cavidotti interrati in AT a 36 kV per la loro connessione alla Cabina di Raccolta Generale (a destra)*



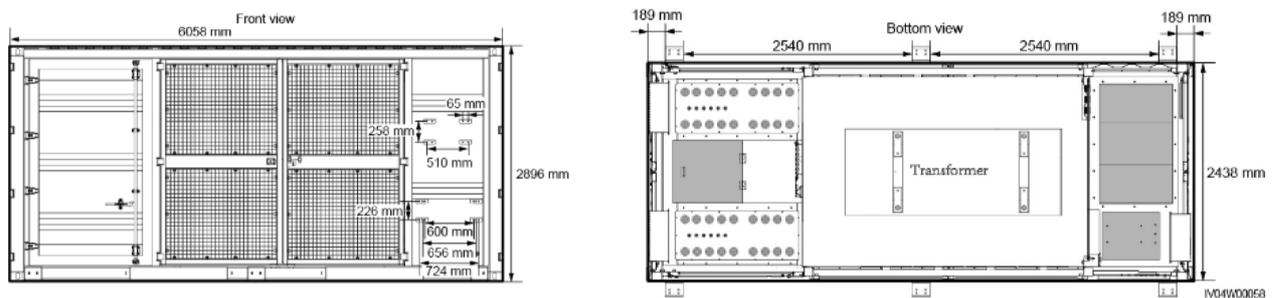
Planimetria delle linee a 36 kV (cavidotti interrati) per il collegamento delle Cabine di Raccolta di Area alla Cabina di Raccolta Generale (C-00), e tabella di ripartizione delle potenze delle Cabine di Raccolta di Area sulle linee dorsali in AT interne al Campo Fotovoltaico

Cabina N°	P out:	Linea-1	Linea-2	Linea-3	Linea-4	Linea-5
Cabina-01	2'275'000					2'275'000
Cabina-02	3'400'000					3'400'000
Cabina-03	3'400'000					3'400'000
Cabina-04	3'400'000				3'400'000	
Cabina-05	3'400'000				3'400'000	
Cabina-06	3'400'000				3'400'000	
Cabina-07	3'400'000				3'400'000	
Cabina-08	3'400'000			3'400'000		
Cabina-09	3'400'000			3'400'000		
Cabina-10	3'400'000		3'400'000			
Cabina-11	3'400'000		3'400'000			
Cabina-12	3'400'000		3'400'000			
Cabina-13	3'000'000		3'000'000			
Cabina-14	1'375'000			1'375'000		
Cabina-15	3'400'000			3'400'000		
Cabina-16	3'400'000	3'400'000				
Cabina-17	3'400'000	3'400'000				
Cabina-18	3'400'000	3'400'000				
Cabina-19	3'400'000	3'400'000				
Cabina-20	3'400'000	3'400'000				
POI:	64'450'000	17'000'000	13'200'000	11'575'000	13'600'000	9'075'000
Lunghezze (m):	8'620	2'450.00	2'150.00	2'250.00	1'190.00	580.00
Corrente (A):	1'148	303	235	206	242	162



## ▪ Cabine elettriche di Campo (Cabine di Raccolta di Area)

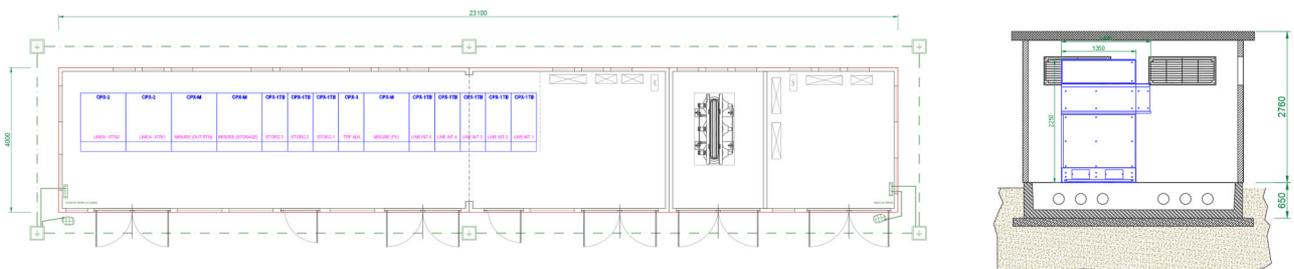
Le Cabine di Raccolta di Area saranno del tipo prefabbricato, su apposito box-container metallico, munite di accessi con porte in metallo e griglie di areazione grigliato metallico. Il basamento di fondazione, anch'esso prefabbricato, sarà del tipo a vasca, posate se necessario su basamento in cls cementizio di livellamento e ripartizione carichi al suolo. Nel caso sia presente all'interno un trasformatore in Olio, la stessa sarà dotata di apposita vasca di raccolta per eventuali fuoriuscite di olio dal trasformatore, secondo quanto previsto dalle attuali normative in materia. Per le caratteristiche tecniche si rimanda alla consultazione delle relative schede tecniche.



## ▪ Cabina elettrica di Campo (Cabina di Raccolta Generale)

La Cabina di Raccolta Generale, unica, a cui conferiranno energia tutte le 20 cabine interne dell'impianto fotovoltaico, sarà del tipo prefabbricato in c.a.v. in monoblocco, munita di accessi con porte in metallo e griglie di areazione anch'esse in metallo o in vetroresina. Il basamento di fondazione, anch'esso prefabbricato, sarà del tipo a vasca, posate se necessario su basamento in cls cementizio di livellamento e ripartizione carichi al suolo. Per le caratteristiche tecniche si rimanda alla consultazione delle relative schede tecniche.

Tale cabina conterrà al suo interno tutti i dispositivi di sezionamento e protezione per le linee in AT in arrivo dalle diverse Cabine di Area in cui è stato suddiviso l'impianto e dalle sezioni di Storage. Inoltre saranno presenti i dispositivi per la protezione dell'intero impianto (dispositivi di interfaccia) e quelli per il sezionamento e protezione della linea elettrica che collegherà l'impianto FV alla RTN di TERNA. La cabina non contiene al suo interno trasformatori di potenza ma, se dal caso, solo un piccolo trasformatore per alimentare i servizi ausiliari indispensabili al funzionamento della cabina stessa.

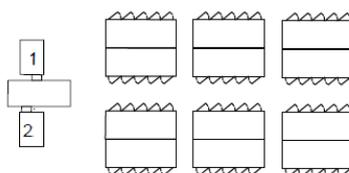
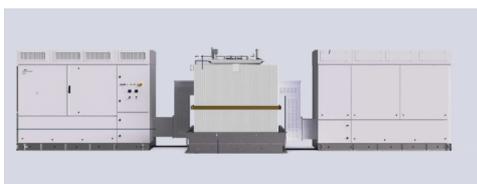


---

## ▪ Sistema di Storage

Il sistema di Storage previsto per questo impianto fotovoltaico sarà di tipo “modulare” e composto da un certo numero di container metallici all’interno dei quali sono immagazzinate le batterie

-La configurazione adottata prevede un gruppo “trafo-inverter doppio” già ingegnerizzati e assemblati in forma compatta, alimentati da un sistema modulare di container contenenti le batterie e i sistemi di gestione e controllo delle stesse, come schematicamente indicato di seguito:



Le batterie sono disposte in rack all’interno dei container, e sono messe in parallelo tramite dei bus che a loro volta le collegano agli inverter. Le potenze in gioco sono di circa 1,375 MW per container e pertanto inferiori alle potenze già viste per le Cabine di Raccolta di Area (3,4 MW) da cui si può dedurre che anche le DPA siano inferiori secondo quanto già descritto.

## 5) CAMPI IN PROSSIMITA' DELLE LINEE IN AT E DELLE CABINE

Quando si parla degli elettrodotti per il trasporto e la distribuzione dell’energia elettrica, date le elevate tensioni e correnti in gioco, non si può non pensare alle elevate intensità di campo elettrico e magnetico da essi generati.

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi i campi (B ) decrescono molto rapidamente con la distanza.

Tuttavia nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche **rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è **sempre garantito** indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

## ▪ Andamento dei campi

Alla frequenza di 50 Hz, le componenti del campo magnetico ed elettrico possono essere considerate separatamente.

---

Esaminiamo, allora, distintamente.

**Il campo elettrico** è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della linea e si attenua, allontanandosi da essa, come l'inverso della distanza dai conduttori.

Contrariamente alle correnti, i valori efficaci delle tensioni sulle linee non variano in maniera apprezzabile nel tempo: l'intensità del campo elettrico può considerarsi, quindi, praticamente costante. La configurazione della linea, se a singola oppure a doppia terna, influenza il campo così come, nelle linee a doppia terna, la disposizione delle fasi di ciascuna terna. L'andamento ed il valore massimo delle intensità dei campi dipenderà anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea.

Anche il **campo magnetico**, così come il campo elettrico, è dato dalla risultante di tre contributi, in questo caso, le tre correnti del sistema trifase. Dall'intensità di tali correnti e dall'ordine delle fasi dipenderà l'ampiezza del campo magnetico.

Inoltre, poichè dipende dalle correnti in transito che, durante la giornata, possono variare sensibilmente, allora il campo magnetico non sarà costante durante la giornata, ma negli andamenti temporali sarà possibile individuare dei valori minimi, in genere nelle ore notturne, e dei valori massimi, in corrispondenza delle ore di maggior carico.

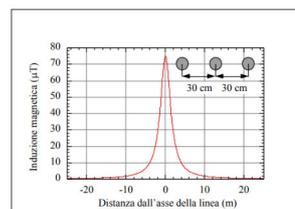
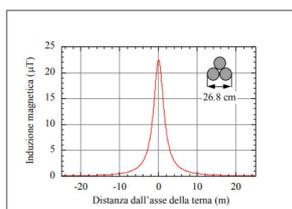
Rispetto a quanto visto per il campo elettrico, il campo magnetico decade molto rapidamente allontanandosi dalle linee.

## ▪ I cavi interrati

Attualmente le linee interrate sono una delle soluzioni possibili per ridurre l'intensità dei campi. La possibilità di poter avvicinare i conduttori consente di ridurre l'intensità del campo elettrico e magnetico rispetto alle linee aeree.

Le linee interrate sono formate da terne trifasi in cavo, **disposte linearmente** sullo stesso piano, secondo una disposizione detta a terna piana, oppure **disposte a triangolo**, secondo una disposizione detta a trifoglio. Per la trasmissione di energia elettrica ad alte tensioni viene utilizzato un cavo isolato con polietilene reticolato (XLPE).

Nelle Figure sottostanti, come esempio, sono riportati gli andamenti teorici del campo di induzione magnetica al suolo, relativi ad una terna piana ed a triangolo di cavi, interrati alla profondità di 1.5 m dal suolo. Il cavo utilizzato è in XLPE.



---

Il campo elettrico, non riportato nelle figure, risulta ridotto in maniera significativa data la possibilità di avvicinare i cavi e per l'effetto schermante dovuto alla guaina metallica ed al terreno.

La riduzione del campo elettrico, operata grazie all'effetto combinato dell'azione schermante del terreno e dalla maggior prossimità reciproca tra i conduttori della linea, è in parte annullata dalla possibilità, per gli individui, di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, che sono di solito interrati a soli 1.5 m di profondità.

Al contrario, il campo magnetico non risente di questi effetti schermanti ed in particolare sull'asse di una terna interrata assume un valore massimo più elevato di quello prodotto da una linea aerea che trasporta la stessa potenza.

## 6) CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

### ▪ 5.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

#### 5.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente continua, 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), peraltro di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici secondo la Norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono pertanto menzionate prove di compatibilità elettromagnetica ***poiché assolutamente irrilevanti***.

#### 5.1.2 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). Gli inverter presentano un THD globale inferiore all' 1%;
  - i disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle proprie linee;
-

- 
- le variazioni di tensione e frequenza. Gli effetti sulla rete di tali variazioni sono limitati dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Tuttavia, le fluttuazioni di tensione e frequenza hanno per lo più origine dalla rete stessa; si rendono quindi necessarie finestre di taratura abbastanza ampie per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico;
  - la componente continua immessa in rete. La presenza del trasformatore elevatore permette di bloccare tale componente. Ad ogni modo, anche 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.

### 5.1.3 Linee elettriche in corrente alternata interne all'impianto FV

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  $\mu$ 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, in quanto frequentate da persone professionalmente esposte.

Si precisa peraltro che il tracciato dei cavi BT ed AT si sviluppa completamente all'interno dell'impianto fotovoltaico stesso, e inoltre le linee elettriche transitano su cavidotti interrati (quelle in AT prevedono una profondità minima di posa di 1.50 m) per l'intera lunghezza dei percorsi, che vanno da ciascuna Cabina di Raccolta di Area alla Cabina di Raccolta Generale. Per quanto riguarda invece l'elettrodotto di connessione tra l'impianto fotovoltaico e la nuova SE della RTN di Terna, con livello di tensione pari a 36 kV, si rimanda al relativo paragrafo successivo, e per maggiori dettagli ai relativi elaborati di progetto.

Il livello di tensione previsto in uscita dall'impianto fotovoltaico, così come il livello di tensione previsto per la nuova connessione che si richiede all'Ente Gestore della RTN, è pari a **36 kV** in osservanza alla nuova tipologia di soluzione tecnica di connessione alla RTN per gli impianti di produzione indicate nella ultima versione dell'Allegato A.2 del Codice di Rete del 15/10/2021 (TERNA), che dovrebbe consentire una *"migliore integrazione degli impianti di produzione di energia elettrica di potenza fino a 100 MW attraverso soluzioni di connessione alla RTN più efficienti e adeguate alla taglia dei medesimi impianti di produzione"*.

Questo nuovo livello di tensione dal punto di vista della attuale normativa è classificato come alta tensione (AT) e tuttavia, considerando il fatto che 36 kV è una tensione che si discosta poco da 30 kV (diversamente dai successivi livelli di tensione "Alta Tensione" standardizzati nelle RTN quali il 110 kV, 150 kV, e superiori), e pertanto si può ragionevolmente ritenere che le considerazioni e gli andamenti qualitativi dei campi elettrici e magnetici di una linea da 36 kV siano poco dissimili da quelli di una linea in MT a 30 kV, anche in virtù del fatto che queste grandezze sono in funzione della frequenza, tensione e soprattutto della corrente in gioco.

Si evidenzia dunque che per il trasporto della potenza prodotta dall'intero campo fotovoltaico il progetto prevede l'impiego di cavi AT a 36 kV di tipo unipolare con posa interrata, disposti in linea (per correnti e relativi campi di minor valore) o a triangolo, per i quali si ritiene valga quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

---

Inoltre, come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$ , anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (distanza dell'ordine del metro e mezzo) dall'asse del cavo stesso.

Si fa notare anche il fatto che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata.

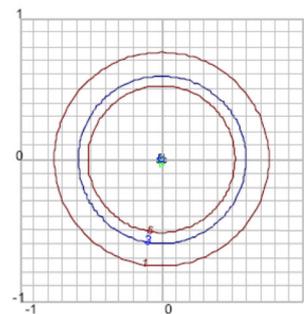


Figura 5.1.3<sup>es</sup>: Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea interrata (da CEI 106-11)

Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 2,0 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto all'interno della fascia di asservimento della linea. L'ampiezza della fascia di rispetto sale a 3,5 metri per la sola linea per connettere l'intero impianto fotovoltaico alla RTN (per il fatto che il cavo risulta comunque interrato a una profondità di 1.60m dal livello del terreno), secondo quanto indicato nei paragrafi successivi.

Discorso analogo ovviamente per i tratti in cui il cavidotto interrato prevede il passaggio di tutte e 5 le linee in AT che ovviamente sommano la potenza dell'intero impianto, nell'ultima porzione di percorso (di circa 100 metri, dalla cabina C20 alla Cabina di Raccolta Generale C00) in cui le stesse si riuniscono per giungere alla Cabina di Raccolta Generale di impianto.

#### 5.1.4 Cabine di Raccolta di Area

Per le Cabine di Raccolta di Area (cabine elettriche di campo) la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/AT, della potenza di 3'400 kVA (17 cabine hanno al loro interno un trasformatore di tale potenza, mentre tre cabine hanno invece un trasformatore di minor potenza, rispettivamente da 3'000 kVA, 2'200 kVA e da 1'400 kVA).

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

Nel caso di **cabine elettriche**, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

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

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso.

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la Dpa da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una "box", la Dpa va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del DM 29.05.08).

Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Come prescritto all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 i proprietari/gestori provvedono a comunicare non solo l'ampiezza delle fasce di rispetto, ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle autorità competenti, trasmessi mediante relazione contenente i dati caratteristici delle linee o cabine e le relative DPA, come riportati negli **allegati A e B** della presente Linea Guida, rispettivamente per linee AT/Cabine Primarie e per linee MT/Cabine Secondarie.

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 la formula di cui al citato cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m) [da arrotondare al mezzo metro superiore]

I = corrente nominale (A)

X = diametro dei cavi (m)

Pertanto si hanno i seguenti:

#### Corrente di calcolo:

##### ▪ Cabine di Raccolta di Area (BT/AT dislocate all'interno del campo fv):

Potenza del **trasformatore** BT/AT della Cabina: 3'400 kW

- Corrente corrispondente in AT (36 kV, ~ 50Hz, trifase): 60.6 A
- Corrente corrispondente in BT (800 V, ~ 50Hz, trifase): 2'767.9 A

---

Considerando che per un trasformatore da 3'400 kVA con il secondario ad 800 V la corrente in uscita è calcolata pari a  $I=2'726.38$  A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore per veicolare tale potenza risulta essere  $3(6 \times 1 \times 240)$  mm<sup>2</sup> per fase. Il diametro esterno del cavo da 240 mmq è pari a circa 30.4 mm, mentre il diametro equivalente dei 6 cavi in parallelo può essere determinato analiticamente/graficamente in circa 93.5 mm; con questo valore si ottiene un valore della DPA di circa 8,31 m, che arrotondato per eccesso al mezzo metro superiore dà una **DPA pari a 8,50 m**.

Le cabine di campo sono posizionate all'aperto, lontane dal confine dell'impianto fotovoltaico e da eventuali aree che possano essere adibite ad attività che prevedono la presenza di persone in maniera continuativa per tempi superiori ai 60 minuti, e le DPA ricadono interamente all'interno di quest'ultima senza interessare luoghi con permanenza di persone pubbliche superiori a 4 ore.

▪ **Cabine di Raccolta Generale (BT/AT posizionata a bordo impianto):**

Potenza in arrivo / in transito nella Cabina:	64'450 kW
○ Corrente corrispondente in AT (36 k V, ~ 50Hz, trifase, cosfi= 0.90):	1'148.46 A
○ Corrente corrispondente in AT (36 kV, ~ 50 Hz, trifase, cosfi= 0.95):	1'088 A

Il cavo necessario per il trasporto di questa potenza (una possibile formazione del cavo) risulta essere del tipo TRATOS® HV - 38/66 kV-(72.5 kV), con formazione di  $3 \times (2 \times 1 \times 630)$  mmq con un diametro esterno pari a 280 mm da cui risulta una DPA pari a 7.12 m che viene arrotondata al mezzo metro superiore per cui: **DPA=7,50 m**.

▪ **Linee interrato in AT per il trasporto dell'energia internamente al campo fotovoltaico (caso più elevato):**

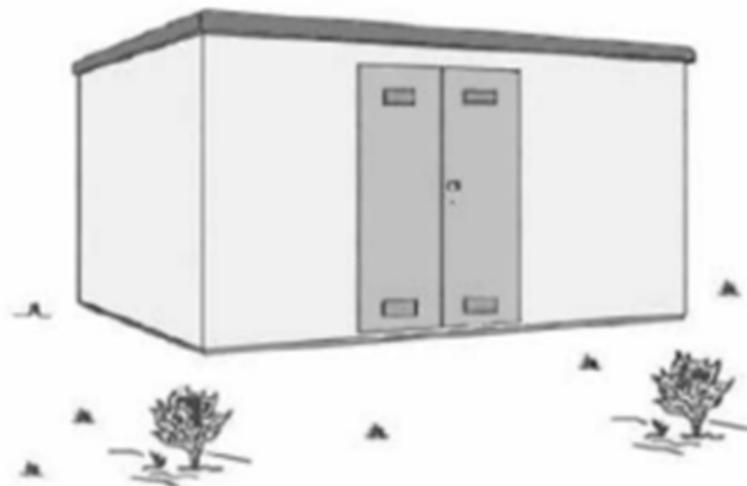
Potenza della <b>linea di trasmissione</b> tra le cabine interne (la più caricata):	17'000 kW
○ Corrente corrispondente in AT (36 k V, ~ 50Hz, trifase):	302.9 A

Il cavo necessario per il trasporto di una tale potenza risulta essere del tipo TRATOS® HV - 38/66 kV-(72.5 kV), con formazione di  $2 \times (1 \times 150)$  mmq con un diametro esterno pari a 218.0 mm da cui risulta una DPA pari a 3.26 m che viene arrotondata al mezzo metro superiore per cui: **DPA=3.50 m**.

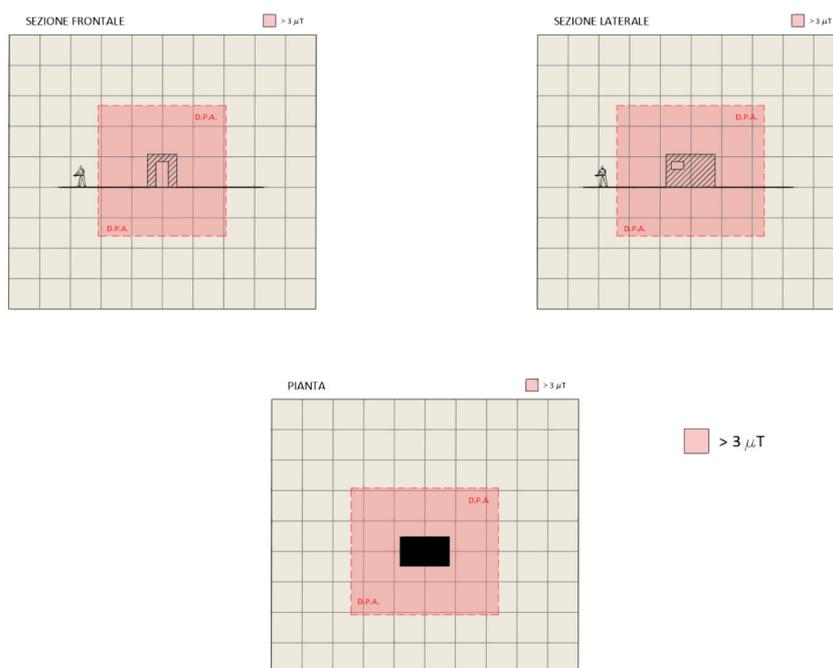
Per quanto riguarda i cavi BT, come sopra detto, i relativi cavidotti si sviluppano totalmente all'interno dell'area di impianto e l'ampiezza delle DPA è tale da non invadere zone con la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

**CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO – TENSIONE 36 kV**

**CABINA BT/AT**



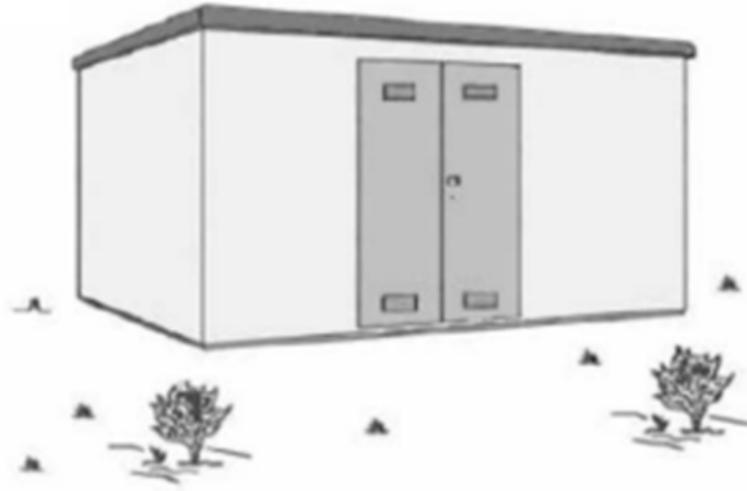
**RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLE D.P.A.**



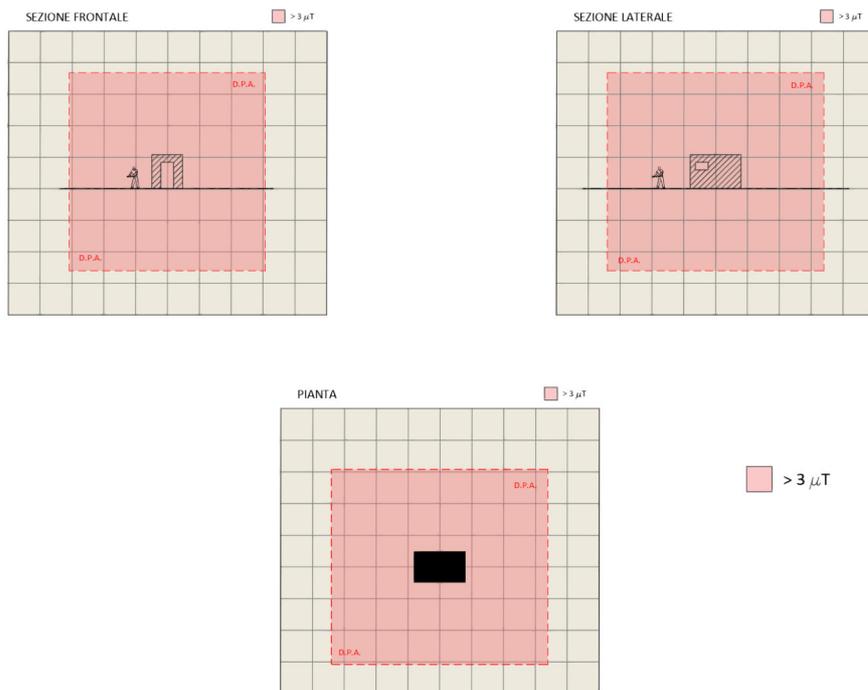
FORMAZIONE CAVI IN BT (800 V)	DIAMETRO DEI CAVI (mm)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (kVA)	CORRENTE (V=800V~) (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
3(5x1 x 300)	165.0	3'400	2'727	8.5	
3(5x1 x 300)	165.0	3'000	2'046	8.5	
3(3x1 x 300)	99.0	2'200	1'767	5.5	
3(2x1x300)	66.0	1'400	1'123	3.5	

**CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO – TENSIONE 36 kV**

**CABINA CONSEGNA AT**

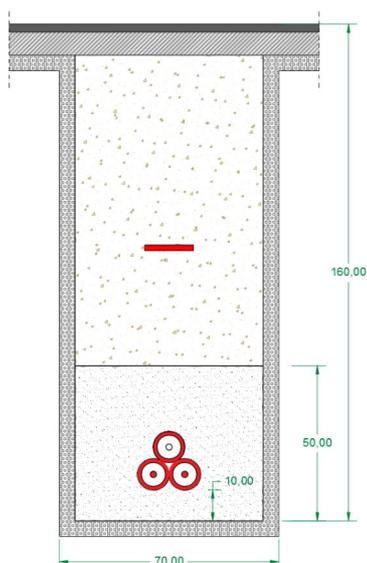


**RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLE D.P.A.**

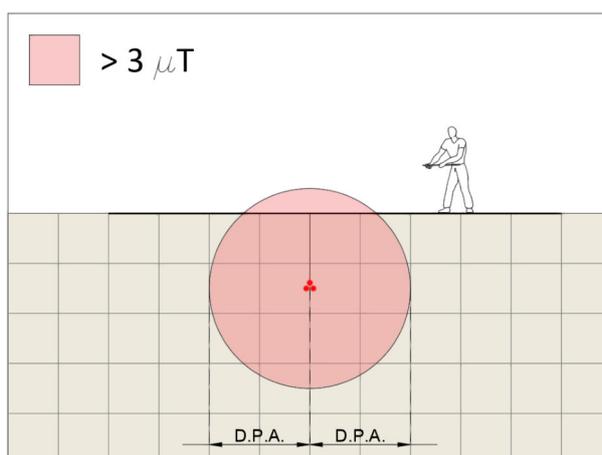


FORMAZIONE CAVI IN AT (36 kV)	DIAMETRO DEI CAVI (mm)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (kVA)	CORRENTE (V=800 V~) (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
3(2 x 300)	144.8	Nessun trafo	1'155	5,50	

CAVI INTERRATI – Semplice Terna cavi disposti a trifoglio – TENSIONE 36 kV



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLE D.P.A.



			CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
			Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mmq]	CEI- 11-60		Rif.
					Corrente (V=36 kV) [A]	D.P.A. [m]	
Linea		[MW]					
INTERNE	Linea L1	17.00	218.00	2x150	302.93	3.50	
	Linea L2	13.20	111.70	1x185	235.22	2.00	
	Linea L3	11.58	109.00	1x150	206.26	2.00	
	Linea L4	13.60	111.70	1x185	242.34	2.00	
	Linea L5	9.08	94.70	1x120	161.71	1.50	

LINEE IN AT SU CAVIDOTTO INTERRATO

N°	TRATTO DEL PRECORSO		NUMERO DI LINEE	POTENZA [MW]	TENSIONE [kV]	CORRENTE [I]			IPOTESI CAVO		DPA	
									Sez eq	Diam eq	calcolo	DPA
									[mm]	[mm]	[m]	[m]
1	C01	C02	1	2.28	36	40.54	0.90	49.44	70	87.30	0.73	1.00
2	C02	C03	1	5.68	36	101.13	0.90	123.32	95	91.30	1.17	1.50
3	C03	PN01	1	9.08	36	161.71	0.90	197.21	120	94.70	1.51	1.50
4	C06	C04	1	3.40	36	60.59	0.90	73.89	70	87.30	0.89	1.00
5	C04	C05	1	6.80	36	121.17	0.90	147.77	95	91.30	1.29	1.50
6	C05	PN01	1	10.20	36	181.76	0.90	221.66	120	94.70	1.60	2.00
7	PN01	PN02	2	19.28	36	343.47	0.90	418.87	240	117.00	2.46	2.50
8	C14	C09	1	1.38	36	24.50	0.90	29.88	70	87.30	0.56	1.00
9	C09	C08	1	4.78	36	85.09	0.90	103.77	95	91.30	1.08	1.50
10	C08	PN02	1	8.18	36	145.67	0.90	177.65	120	94.70	1.44	1.50
11	PN02	PN03	3	27.45	36	489.14	0.90	596.52	2x150	261.90	4.49	4.50
12	C15	PN03	2	11.58	36	206.26	0.90	251.54	150	109.00	1.84	2.00
13	PN03	PN05	3	39.03	36	695.40	0.90	1007.83	2x240	234.00	5.04	5.50
14	C13	C12	1	3.00	36	53.46	0.90	65.19	70	87.30	0.83	1.00
15	C12	C11	1	6.40	36	114.04	0.90	139.08	95	91.30	1.25	1.50
16	C11	C10	1	9.80	36	174.63	0.90	253.09	150	109.00	1.69	2.00
17	C10	PN04	1	13.20	36	235.22	0.90	340.89	185	111.70	1.99	2.00
18	C07	PN04	2	3.40	36	60.59	0.90	73.89	70	87.30	0.89	1.00
22	PN04	PN05	3	16.60	36	295.80	0.90	360.74	185	111.70	2.23	2.50
23	C16	PN05	1	3.40	36	60.59	0.90	73.89	70	87.30	0.89	1.00
24	PN05	C17	2	50.85	36	906.12	0.90	1313.22	3x240	305.00	6.61	7.00
25	C17	C18	5	54.25	36	966.71	0.90	1584.76	4x240	360.00	7.45	7.50
25	C18	C19	5	57.65	36	1027.29	0.90	1684.08	4x240	360.00	7.68	8.00
25	C19	C20	5	61.05	36	1087.88	0.90	1783.41	4x240	360.00	7.90	8.00
25	C20	C00	5	64.45	36	1148.46	0.90	1882.73	5x185	380.00	8.36	8.50
29	STRG-1	STRG-2	1	8.78	36	156.45	0.90	256.48	150	134.00	1.79	2.00
30	STRG-2	STRG-3	2	17.56	36	312.91	0.90	512.97	2x150	218.00	3.26	3.50
31	STRG-3	C00	3	26.34	36	469.36	0.90	769.45	3x150	261.90	4.39	5.00

TRATTI DI PERCORSO DI LINEA COMUNI, con sovrapposizione di effetti dovuti al parallelo delle linee in tali passaggi.

### 5.1.5 Altri cavi

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato e interessate da correnti di valore estremamente modesto.

## 7) ELETTRODOTTO PER IL COLLEGAMENTO DELL'IMPIANTO FV ALLA RTN

Per il collegamento dell'impianto fotovoltaico alla RTN è prevista la realizzazione di un elettrodotto interrato capace di veicolare la potenza e l'energia prodotta dall'impianto stesso. L'elettrodotto sarà costituito da una linea elettrica in cavo interrato lunga di 3'400 metri, capace di trasportare la potenza di 64.45 MW ad una tensione di 36 kV a cui corrisponde, per  $\cos \varphi=0.95$ , una corrente nominale di 1'088 A.



La configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, distanza minima dei conduttori dal piano viario e posa a trifoglio dei conduttori. Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transiente 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 1'088 A.

In figura a lato è riportato qualitativamente l'andamento dell'induzione magnetica al suolo, determinata avendo considerato una corrente pari a 1'088 A in regime permanente. Considerando che l'impianto fotovoltaico avrà un funzionamento a piena potenza solo in particolari condizioni (mesi estivi e ore di punta per l'irraggiamento solare), le ipotesi considerate rappresentano i valori massimi e NON permanenti per i fenomeni descritti.

Nelle condizioni di funzionamento al di fuori delle ore di punta, le curve indicate manterranno le "forme" ma con valori decisamente inferiori ai massimi indicati.

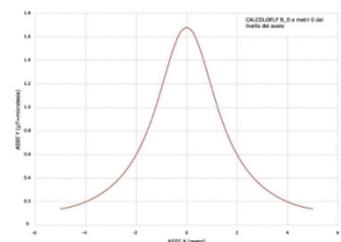


Fig.16.1: andamento della induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo

Dai relativi calcoli di portata, viene scelto l'utilizzo di un cavo tipo TRATOS HIGH VOLTAGE® (IEC 60840) HV-38/66 kV XLPE Al con formazione: [ 3(1x2x500) mmq ], con posa a trifoglio.

Ai fini del calcolo della DPA è stata invece considerata la sezione di un cavo in alluminio capace di veicolare la corrente massima in uscita dall'impianto, che risulta essere di 2x500 mm<sup>2</sup> per fase.

Il tracciato si presenta piuttosto regolare, in un percorso lineare e praticamente privo di interferenze rilevanti, come appare evidente anche dalla planimetria dettagliata in calce alla presente relazione (Planimetria con percorso fotografico del tracciato). Per un'analisi delle interferenze si rimanda ai successivi paragrafi.

Pertanto, per il calcolo della DPA può essere utilizzata la seguente formula :

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

Si ottiene così un valore di D.P.A. = 3.63 che si arrotonda al mezzo metro superiore risultando **D.P.A. = 4.00 m**.

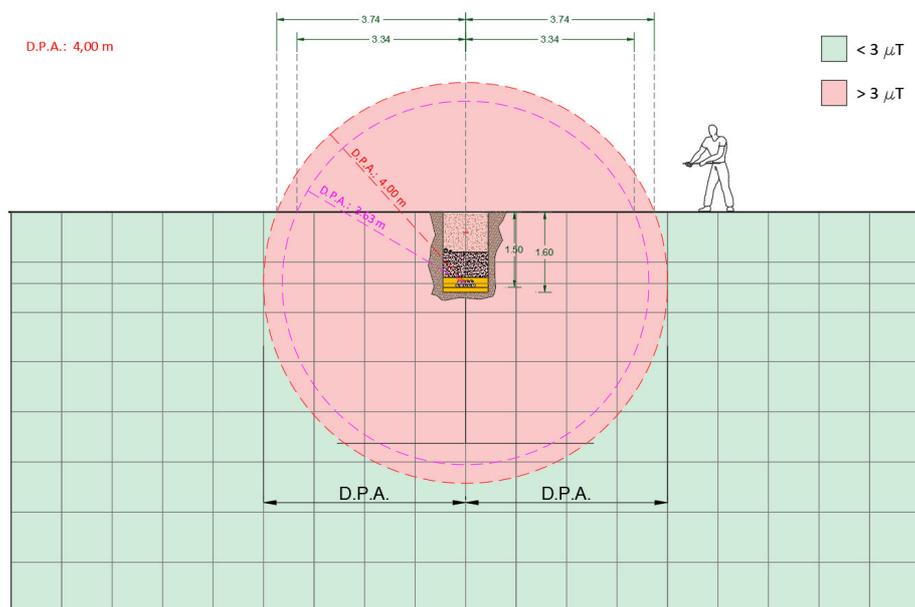


Fig.16.2:  
Rappresentazione della  
DPA dovuta alla linea  
interrata.

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**.

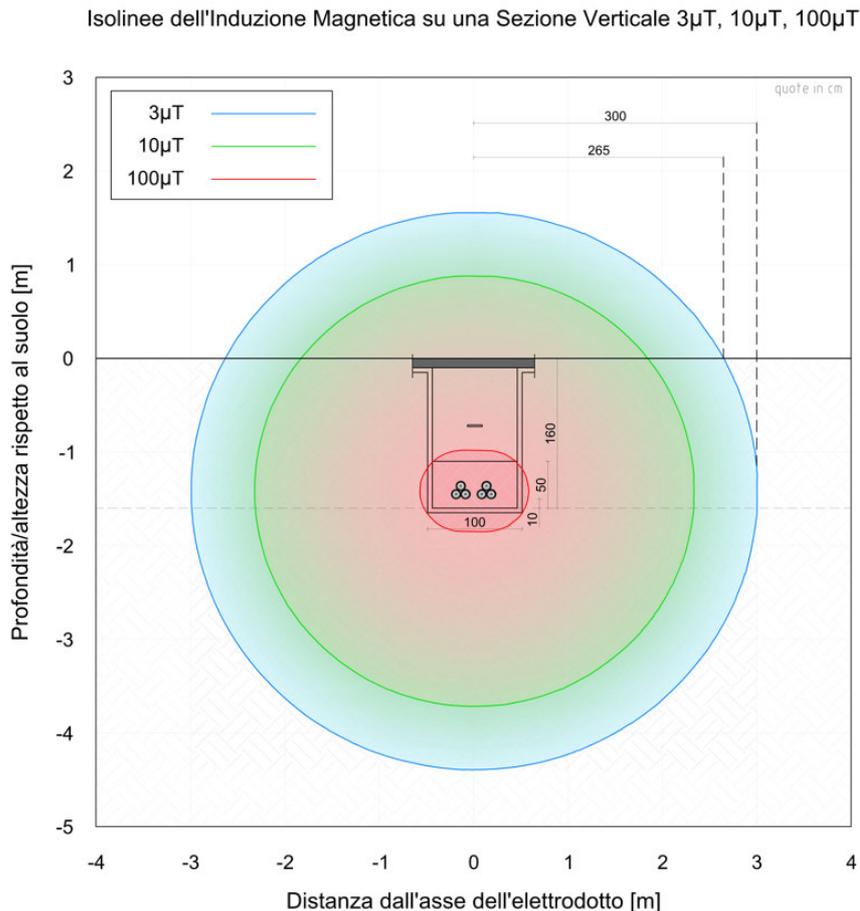
Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3 µT in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata).

Tuttavia, in casi particolari, ove si dovesse rendere necessario ridurre eventuali interferenze che si dovessero manifestare, potrà essere utilizzata la tecnica di posa con schermatura realizzata inserendo i cavi, con disposizione a trifoglio ed inglobati in tubi in PE riempiti di bentonite, in apposite canalette in materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata.

Il comportamento delle canalette ferromagnetiche è stato sperimentalmente provato ed applicato in altri impianti già realizzati con risultati attesi. L'efficacia della canaletta consentirà un'attenuazione dell'induzione magnetica pari almeno ad un ordine di grandezza; ciò che garantirà il pieno rispetto del limite imposto.

## 8) ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI DEL CAMPO MAGNETICO DELLA LINEA

Al fine di confermare i risultati ottenuti in prima approssimazione con la formula semplificata, viene comunque fatta una simulazione precisa tramite specifico software Magic© per la valutazione dei campi elettromagnetici generati da sorgenti di tipo impiantistico secondo la legislazione vigente (D.M. 29/05/2008), il cui risultato è riportato nella figura sottostante.



Il grafico mostra i risultati dei calcoli ottenuti inserendo come dati di ingresso le condizioni di carico della linea, la formazione del cavo e le sue condizioni di posa, che ricordiamo essere un TRATOS HV-38/66 kV XLPE in Alluminio con formazione 3(1x2x500) mmq e posa a trifoglio, interrato ad una profondità di 1.50 metri e posato su letto di sabbia.

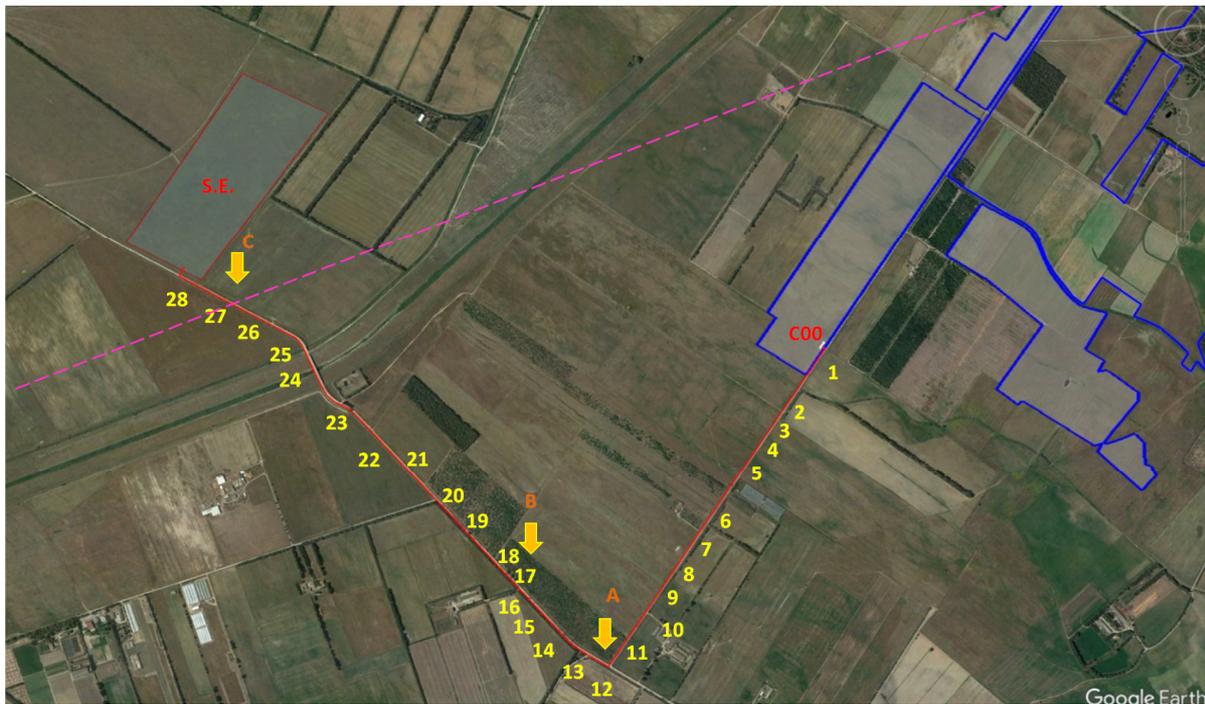
Dal grafico si evince che il valore della DPA è pari a 3.00 metri e dunque un valore leggermente inferiore a quello inizialmente ottenuto tramite formula semplificata.

Il valore abbastanza modesto della DPA ottenuta permette di affermare che, per il tracciato considerato e alla luce del contesto riscontrato, non vi sono criticità relative alla sicurezza delle persone o delle cose o delle linee di energia inBT o di telecomunicazioni presenti nelle immediate vicinanze. Per queste ultime infatti, la distanza dalla linea in progetto è sempre superiore ai 4 metri in ogni punto del tracciato.

---

## 9) ANALISI DELLE INTERFERENZE DELLA LINEA DI CONNESSIONE ALLA RTN

Facendo riferimento alla planimetria con numerazione delle foto lungo il percorso del cavidotto interrato, possiamo riscontrare la presenza di 3 punti in cui il cavidotto, per così dire, “interseca” altre linee, anche se il nostro cavo risulta interrato all'aprofondità di 1.50 m mentre le linee incontrate sono aeree e posizionate ad altezze elevate.



I punti indicati in planimetria sono:

- A) [n. 12] Intersezione tra il cavidotto interrato (- 1.50m) e una linea aerea in MT (+4.00 ÷4.50 m);
- B) [n. 17] Intersezione tra il cavidotto interrato (- 1.50m) e una linea aerea in BT (+3.50 ÷4.50 m);
- C) [n. 12] Intersezione tra il cavidotto interrato (- 1.50m) e una linea aerea in AT (+4.00 ÷4.50 m);

In tutti e 3 i casi, poichè le distanze tra il cavo nel cavidotto interrato e i cavi aerei delle linee intersecanti sono a distanza superiore a 5.0 metri (caso BT e MT) e ad una distanza superiore a 30 metri (caso AT), considerando che la DPA della linea risulta essere di 4.00 metri e che tale limite rappresenta comunque un “obbiettivo di qualità” a tutela della salute umana e dunque un valore incapace di generare interferenze apprezzabili nelle linee, si ritiene che tali intersezioni **non presentino alcuna criticità** relativamente alla sicurezza delle persone e alle interferenze con linee elettriche e linee di TLC. Inoltre, il tracciato non interferisce con alcuna area in cui è prevista la presenza di persone per un tempo superiore alle 4 ore.

---

## 10) CONCLUSIONI

Per quanto riguarda il campo elettrico, **esso è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi, già per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.**

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 dei vari componenti di impianto, nonché 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"*.

Quindi, per quel che riguarda il campo di induzione magnetica, l'ampiezza delle DPA stimate per l'impianto in progetto è modesta (max 8,5 m intorno al perimetro della Cabina di Raccolta di Area da 3,5 MW, max 5,5 m intorno al perimetro della Cabina di Raccolta Generale, e max 3.5 m lungo la linea interrata in AT più caricata, e sempre ampiamente ricompresa all'interno dell'area interna dell'impianto fotovoltaico e al di fuori da luoghi che possano prevedere la permanenza di persone pubbliche superiori a 4 ore.

Considerando il fatto che i risultati ottenuti sono molto cautelativi in quanto:

- sono riferiti alla corrente nominale secondaria del trasformatore;
- la formula del DM 29/05/2008 per il calcolo della Dpa fa riferimento a linee infinite;
- in base a quanto riportato nel DM 29/05/2008 la Dpa viene tracciata dal muro esterno della cabina senza considerare il fatto che ci sono alcune pareti che sono ortogonali alle linee bt. Si ricorda che nei luoghi di lavoro vale quanto prescritto dal D.Lgs 81-08 che prevede a salvaguardia dei lavoratori un valore di induzione magnetica pari a 500  $\mu$ T.
- Il limite di 3 $\mu$ T (obiettivo di qualità) è un valore relativo alla salvaguardia della popolazione.

per quanto sopra evidenziato, **si rileva l'assenza di fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto**, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno entro le DPA sopra indicate. Qualora durante la conduzione dell'impianto si venissero a creare situazioni di potenziale interferenza con la presenza di persone / personale, sarà cura del Responsabile per la Sicurezza formare il personale interessato e adottare le adeguate misure di segregazione protezione delle aree non idonee.

Per quanto riguarda le eventuali interferenze con linee adiacenti/intersecanti presenti nelle vicinanze, poiché tutte esse sono a distanza maggiore della DPA di 4.00 metri calcolata, e quest'ultima è addirittura rappresentativa di un "obiettivo di qualità", si può affermare che non vi sono situazioni di criticità per eventuali interferenze con linee di telecomunicazioni e con linee elettriche ad oggi presenti e rilevate. Ci si riserva comunque di valutare in fase esecutiva eventuali criticità che potrebbero scaturire dalle scelte progettuali e costruttive, o da situazioni impreviste e non direttamente valutabili in questa fase, al fine di risolverle secondo quanto previsto dalle vigenti normative in amteria.

Cagliari, 28/06/2023