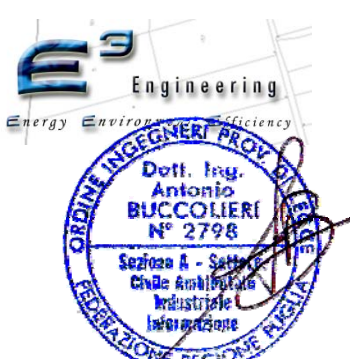


## PROGETTO

IMPIANTO **AGRIFOTOVOLTAICO** DI POTENZA DI  
PICCO PARI A 7.5 MW<sub>p</sub> NEL COMUNE DI LECCE  
LOCALITA' "SANT'ANGELO"

## TITOLO

## RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

PROGETTISTA	PROPONENTE	VISTI
<p><b>ING. ANTONIO BUCCOLIERI</b></p> <p><b>Ordine ING. Lecce n° 2798:</b> Via Adige, 16 73023 Lizzanello (LE) Tel.: 3925745356 PEC: antonio.buccolieri@ingpec.eu</p> 	<p><b>INERGIA SOLARE SUD S.r.l.</b></p> <p><b>Sede legale e Amministrativa:</b> Piazza Manifattura n.1 38068 Rovereto (TN) Tel.: 0464/620010 Fax: 0464/620011 PEC: direzione.inergiasolaresud@legalmail.it</p>	

## PROGETTAZIONE


Scala 1:_____	Formato Stampa A4	Cod.Elaborato FV-SAN-PD-SPE-03	Rev. A1	Nome File FV-SAN-PD-SPE-03 revA.1.pdf	Foglio _____
------------------	----------------------	-----------------------------------	------------	--	-----------------

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	19/10/2021	Prima Emissione	A. Buccolieri	A.Corradetti	R.Cairolì
A.1	25/05/2022	Verifica completezza e adeguatezza	A. Buccolieri	A.Corradetti	R.Cairolì

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
1.2	DESCRIZIONE GENERALE IMPIANTO ENERGETICO .....	6
<b>2</b>	<b>CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI.....</b>	<b>16</b>
2.1	Moduli fotovoltaici .....	16
2.2	Inverter .....	16
2.3	Linee elettriche in corrente alternata .....	17
2.4	Cabine elettriche di trasformazione.....	18
2.5	Altri cavi .....	19
2.6	CAMPI ELETTRICI DELLE OPERE CONNESSE .....	19
2.7	Apparecchiature AT di stazione di trasformazione .....	26
2.8	Analisi dell'impatto generato dalla futura stazione elettrica RTN.....	27
2.9	Rispetto dei limiti di legge e recettori sensibili.....	27

## **1 PREMESSA**

La presente relazione generale descrive le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in progetto e delle opere connesse ad esso, 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 alla 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 suddette.

Nel presente studio saranno prese in considerazione le condizione maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

### **1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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.

I principali riferimenti tecnici sono :

- 1) DPCM 8 luglio 2003: Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" (G.U. n. 199 del 28 agosto 2003)
- 2) 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**" (G.U. n. 200 del 28 agosto 2003);
- 3) DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro"
- 4) Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"
- 5) Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- 6) 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."

- 7) DM del MATTM del 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

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:

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 <sup>2</sup> )
<b>0.1-3</b>	60	0.2	-
<b>&gt; 3 – 3000</b>	20	0.05	1
<b>&gt; 3000 – 300000</b>	40	0.01	4

*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 <sup>2</sup> )
<b>0.1 – 300000</b>	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

*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.*

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

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 <sup>2</sup> )
<b>0.1 – 300000</b>	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

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

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.

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:

- I. “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];
- II. “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];
- III. “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 energetico in progetto, attesa l'inesistenza della generazione di emissioni elettromagnetiche ad alta frequenza (superiore a 100kHz) 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 potenza prodotta (circa 7.272 kW ac)

## **1.2 DESCRIZIONE GENERALE IMPIANTO ENERGETICO**

L'impianto fotovoltaico in progetto è un impianto di 7.5 MWp circa, da realizzarsi su n°3 recinzioni separate (di seguito anche "campi") tra loro distinte, ubicate all'interno dei limiti amministrativi del comune di LECCE (LE). L'impianto comprende il generatore fotovoltaico, costituito da:

- 12.912 moduli fotovoltaici di potenza pari a 580 Wp cadauno, bifacciali, per un totale di 7,48896 MWp. I moduli fissi sono installati su tracker monoassiali con assi di rotazione orientati secondo la direzione nord-sud. Ognuno dei 538 tracker accoglierà una stringa di moduli FV da 24 moduli in serie o 12 +12 in serie.
- viabilità interna sterrata e permeabile, secondo quanto negli allegati elaborati grafici, per consentire il transito dei mezzi di manutenzione e pulizia dei moduli FV.
- Impianti ausiliari (video sorveglianza , illuminazione);
- cabine elettriche di campo e di raccolta;

e le opere connesse per la connessione alla RTN, che comprendono:

- cavidotto MT in arrivo dai campi FV (per uno sviluppo complessivo di circa 5,6 km all'esterno dei campi FV);
- SEU: Stazione utente di elevazione 30/150 kV , ubicata all'interno di un'area condivisa con altri produttori di circa 0.79 ha in prossimità della futura stazione RTN a 150 kV);
- cavo Interrato AT di collegamento tra la SEU e la futura stazione di raccolta TERNA 150kV (circa 250 mt) ;
- stazione di raccolta Terna 150 kV (su un'area di circa 1,19 ha) da collegare sulla linea AT 150kV esistente LecceNord-SanPaolo ;

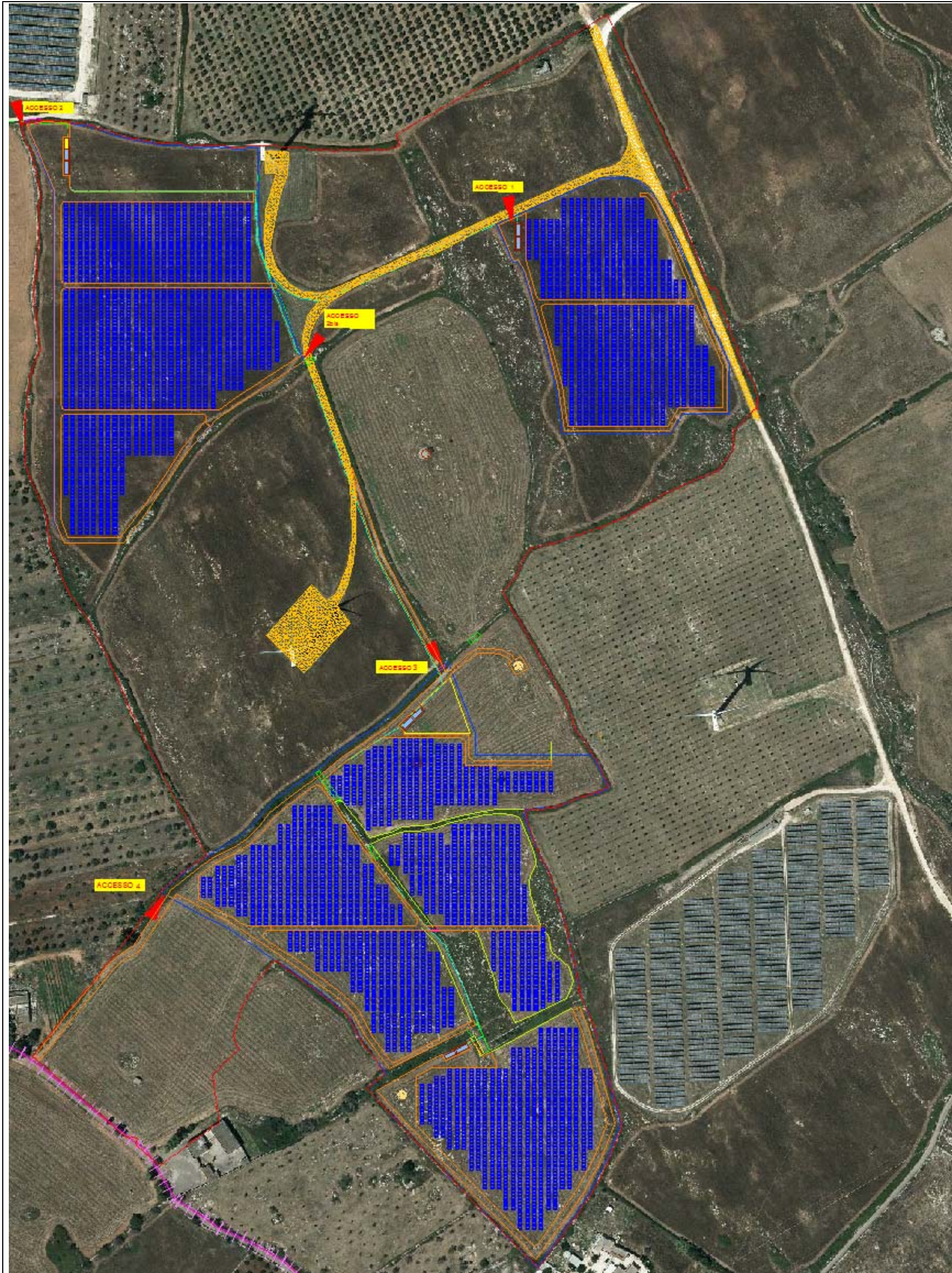
L'impianto sarà collegato alla rete di distribuzione nazionale e cederà la propria energia in "grid parity".

Gli inverter, utili alla conversione dell'energia prodotta dai moduli FV in cc in ca, saranno del tipo centralizzato e compatto, della potenza nominale (in uscita) di 2.0 MVA. Saranno moduli di conversione ad alta efficienza dotati di un sistema di "inseguimento" del punto di massima potenza (MPPT) dotati di un cabinet integrato per il collegamento diretto delle stringbox di campo lato cc.

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza compresa tra 3150 e 1600 kVA a doppio secondario ed avranno una tensione primaria di 30kV ed una tensione secondaria di 600V. Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno della cabina di campo.

Di seguito le immagini del layout dell'impianto energetico.





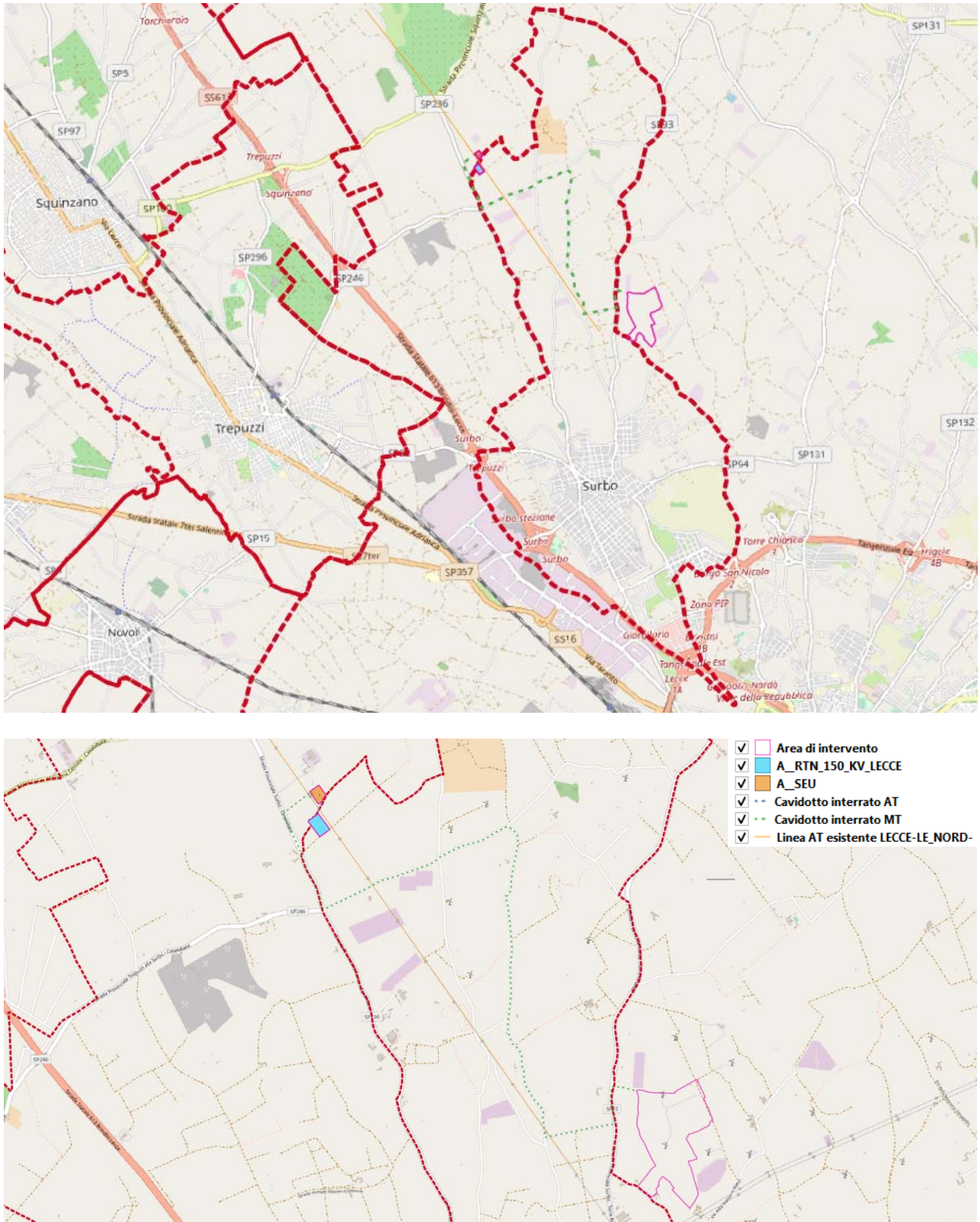
Legenda	
	Limiti comunali
	Limiti catastali intervento
	Aree del piano colturale
	Recinzioni impianto FV
	Area condivisa SEU 30 / 150 kV
	Staz. RTN 150 kV
	Cavidotto AT
	Cavidotto MT esterno
	Cavidotto MT interno
	Cabina di campo AUX/BT/MT
	Cabina MT di raccolta
	Strade esistenti
	Nuova viabilità interna
	Varchi muretto a secco (disarmo / raccolta / temporanei)
	Accesso su recinzione FV

Fig. 1.1: Localizzazione su ortofoto dell'intervento - Layout impianto energetico



### 1.2.1 UBICAZIONE E DIMENSIONI

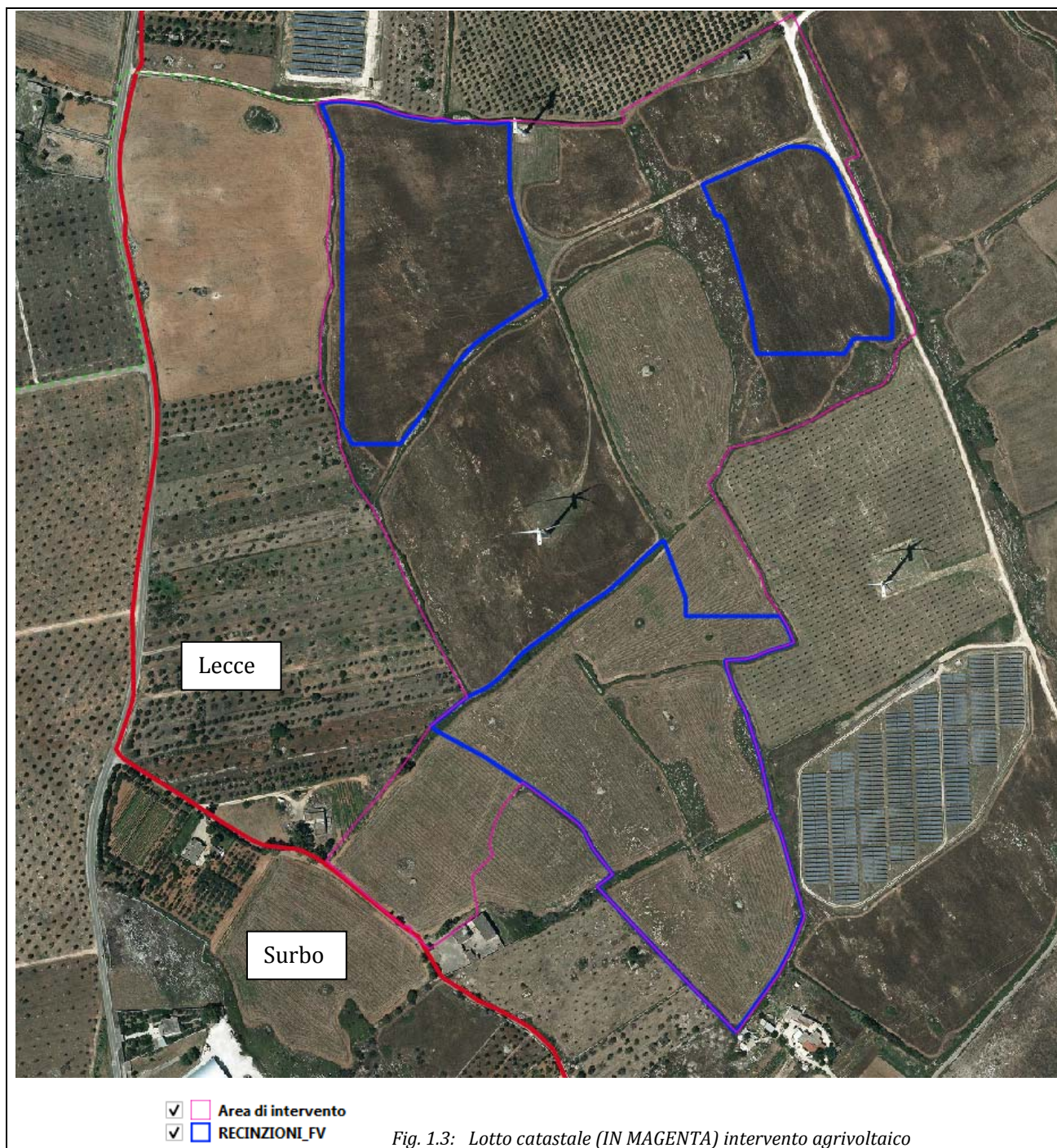
Il sito di intervento è ubicato in agro di Lecce al confine con il territorio di Surbo, giusto ad est della SP93 (Surbo - Torre Rinalda) con le opere di connessione ubicate in terreni prospicienti la SP 236 (Surbo-Casalabate). Si riporta di seguito un inquadramento a scala ampia.



*Fig. 1.2: Localizzazione a scala ampia del sito di intervento*



Il sito di intervento è ubicato in agro di Lecce al confine con il territorio di Surbo, tra la SP236 e la SP93. Se ne riporta di seguito un inquadramento a scala minore su ortofoto.





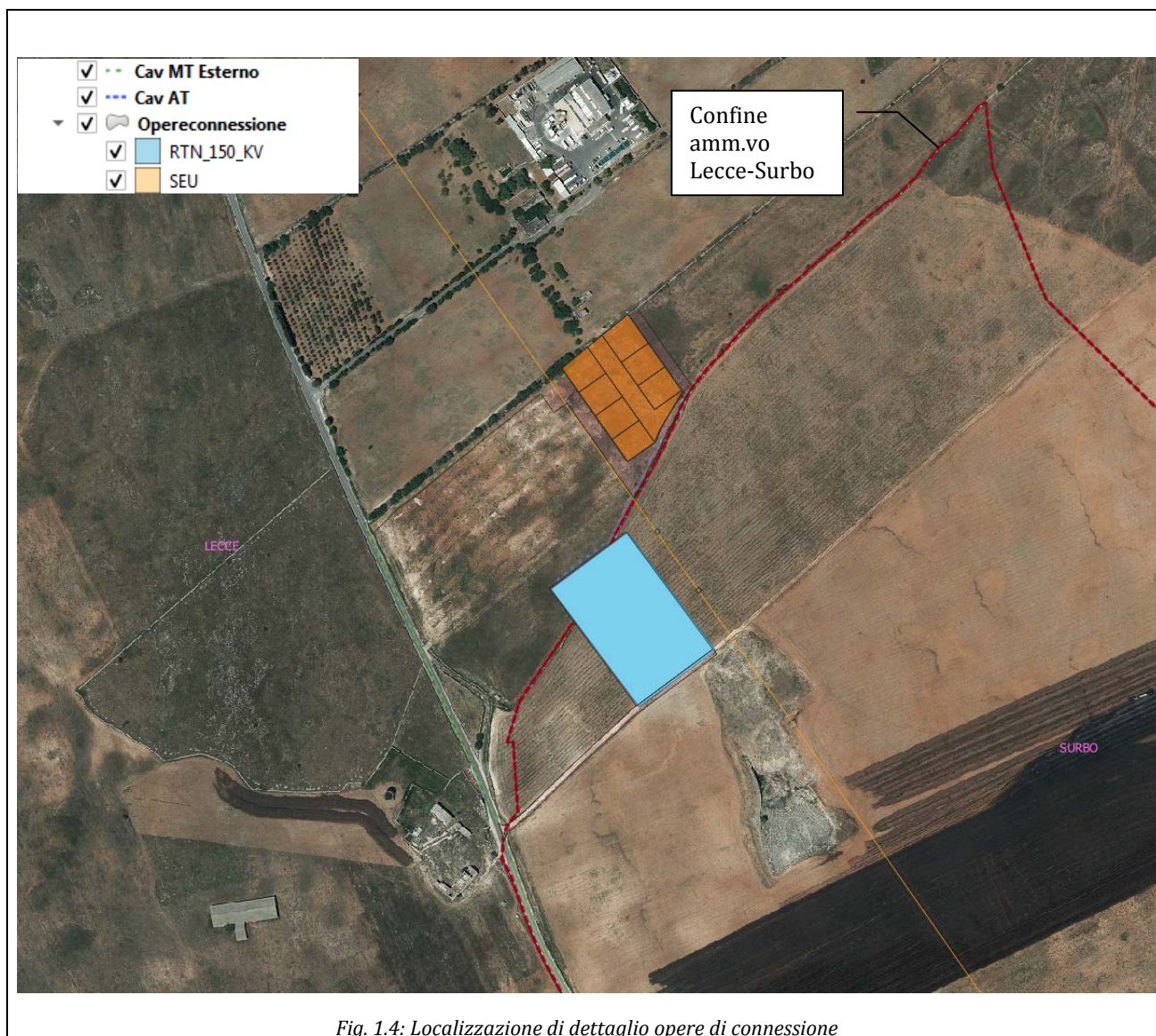


Fig. 1.4: Localizzazione di dettaglio opere di connessione

Come anticipato, il sito ove sarà realizzata l'iniziativa agrivoltaica occupa una **superficie complessiva di circa 27,6 ha, dei quali buona parte risultano già recintati da muretto a secco.**

Il cavidotto esterno interrato in media tensione si svilupperà quasi completamente su strade esistenti dal lotto catastale di intervento fino all'area della SEU 30/150 kV percorrendo complessivamente **una lunghezza limitata a 5,6km .**

### 1.2.2 COMPONENTI IMPIANTO

Il processo di produzione di energia elettrica da fonte solare è ben noto, e consente di convertire, mediante effetto fotovoltaico, la radiazione solare in energia elettrica.

In questi anni, la tecnologia fotovoltaica sta ricevendo crescente attenzione – al pari di altre tecnologie per la produzione di energia da fonte rinnovabile, a causa della esigenza di riduzione dei gas serra, obiettivo fondamentale del Protocollo di Kyoto e della Strategia Energetica Nazionale.

A tale scopo, la realizzazione di un impianto fotovoltaico rappresenta una soluzione adatta a rispondere agli attuali problemi ambientali in quanto consente i seguenti vantaggi:

- la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- modesti impatti di carattere paesaggistico;
- nessuna sottrazione di suolo all'utilizzo agricolo, dal momento che sul medesimo sito verrà realizzata anche una attività di allevamento di ovini;

Inoltre l'impianto fotovoltaico in progetto verrà collegato alla rete elettrica di distribuzione locale in modalità di cessione pura in grid parity: l'impianto pertanto apporterà tutti i benefici appena descritti **senza gravare sulla collettività in termini economici**, dal momento che non godrà di alcuna forma di incentivo, se non della vendita dell'energia elettrica.

Di seguito la descrizione dei principali componenti dell'impianto energetico.



**CENTRAL INVERTER: ABB FIMER**
**Technical data and types**

Product	PVS980-58 2.0 MVA
Type designation	-1818kVA-I
Input (DC)	
Maximum recommended PV power ( $P_{PV, max}$ ) <sup>1)</sup>	2909 kWp
Maximum DC current ( $I_{max(DC)}$ )	2400 A
DC voltage range, mpp ( $U_{DC, mpp}$ ) at 35 °C	850 to 1500 V
DC voltage range, mpp ( $U_{DC, mpp}$ ) at 50 °C	850 to 1100 V
Maximum DC voltage ( $U_{max(DC)}$ )	1500 V
Number of MPPT trackers	1
Number of protected DC inputs	8 <sup>2)</sup> to 24 (+/-)
Output (AC)	
Maximum power ( $S_{max(AC)}$ ) <sup>3)</sup>	2000 kVA
Nominal power ( $S_{N(AC)}$ ) <sup>4)</sup>	1818 kVA
Maximum AC current ( $I_{max(AC)}$ )	1925 A
Nominal AC current ( $I_{N(AC)}$ )	1750 A
Nominal output voltage ( $U_{N(AC)}$ ) <sup>5)</sup>	600 V
Output frequency <sup>5)</sup>	50/60 Hz
Harmonic distortion, current <sup>6)</sup>	< 3%
Distribution network type <sup>7)</sup>	TN and IT
Efficiency	
Maximum <sup>8)</sup>	98.8%
Euro-eta <sup>8)</sup>	98.6%
CEC efficiency <sup>9)</sup>	98.0%
Power consumption	
Self consumption in normal operation	≤ 2500 W
Standby operation consumption	235 W
Auxiliary voltage source <sup>10)</sup>	External, 1-phase

**MODULI FV: JINKO SOLAR**

**Mechanical Characteristics**

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2411x1134x35mm (94.92x44.65x1.38 inch)
Weight	31.1 kg (68.6 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm <sup>2</sup> (+): 290mm, (-): 145mm or Customized Length

**SPECIFICATIONS**

Module Type	JKM580M-7RL4-TV	
	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	580Wp	432Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	44.11V	41.07V
Maximum Power Current (Imp)	13.15A	10.51A
Open-circuit Voltage (Voc)	53.31V	50.32V
Short-circuit Current (Isc)	13.83A	11.17A
Module Efficiency STC (%)	21.21%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C	
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)	
Maximum series fuse rating	25A	
Power tolerance	0~+3%	
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C	
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C	
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C	
Nominal operating cell temperature (NOCT)		
Refer. Bifacial Factor		

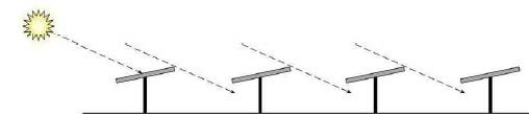
**TRACKERS: Convert monoassiale, backtracking**


Figure 1: Backtracking

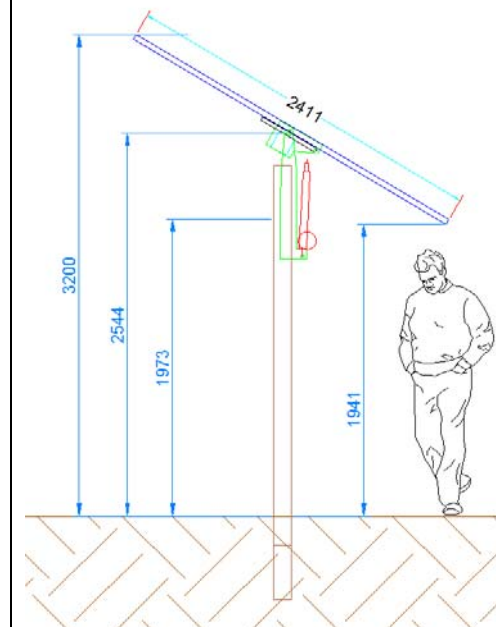


Fig. 1.5: Principali componenti di impianto

### 1.2.3 CABINE DI CAMPO

E' prevista la realizzazione delle **cabine elettriche di campo** in numero strettamente necessario ad accogliere i servizi ausiliari elettrici, gli inverter ed i quadri di campo, nonché i sezionatori MT e le apparecchiature di misura dell'energia elettrica prodotta.

E' prevista la realizzazione di n. 4 gruppi di **cabine prefabbricate in cls** così suddivisi:

	Cabine di campo	Dimensioni ciascuna cabina	Cabine di raccolta MT	Dimensioni
<b>Campo FV OVEST</b>	(1 trasf+1 aux)	9x3x3(h) mt	1	7.5x3x3 (h) mt
<b>Campo FV EST</b>	(1 trasf+1 aux)	9x3x3(h) mt		
<b>Campo FV SUD (lato nord)</b>	(1 trasf+1 aux)	9x3x3(h) mt		
<b>Campo FV SUD (lato sud)</b>	(1 trasf+1 aux)	9x3x3(h) mt		

Fig. 1.6: Suddivisione cabine elettriche di campo

Le cabine elettriche saranno installate, ciascuna, sul proprio basamento in cls.

Di seguito i tipologici delle cabine di campo

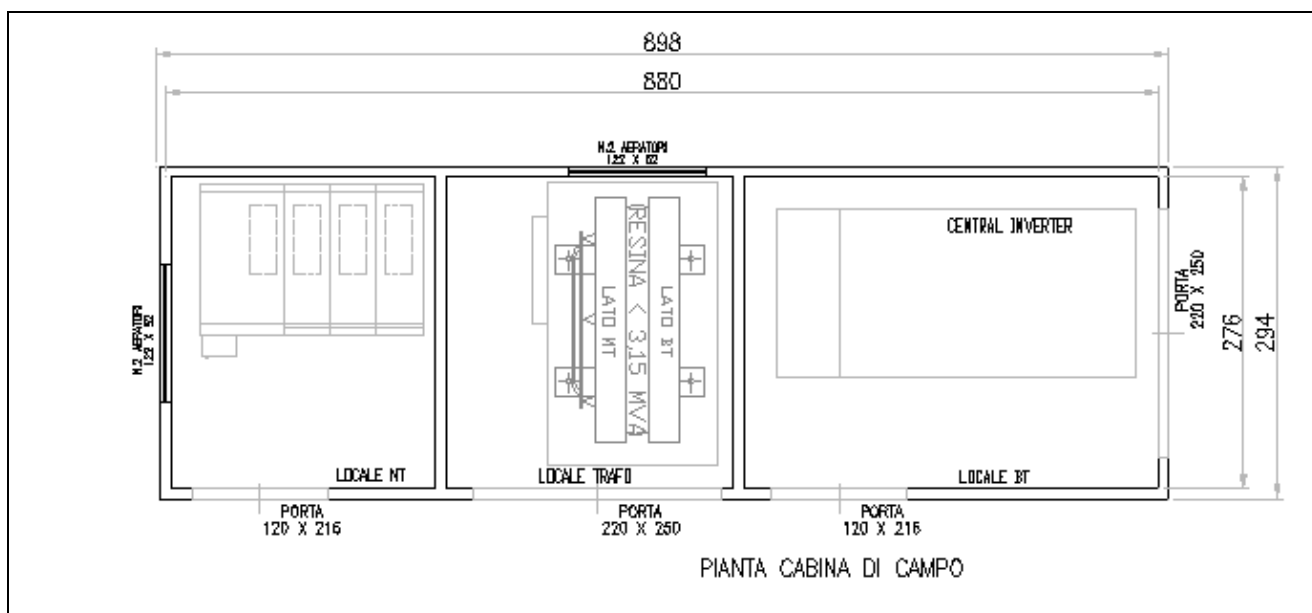


Fig. 1.7: Tipico cabina di campo – vista in pianta

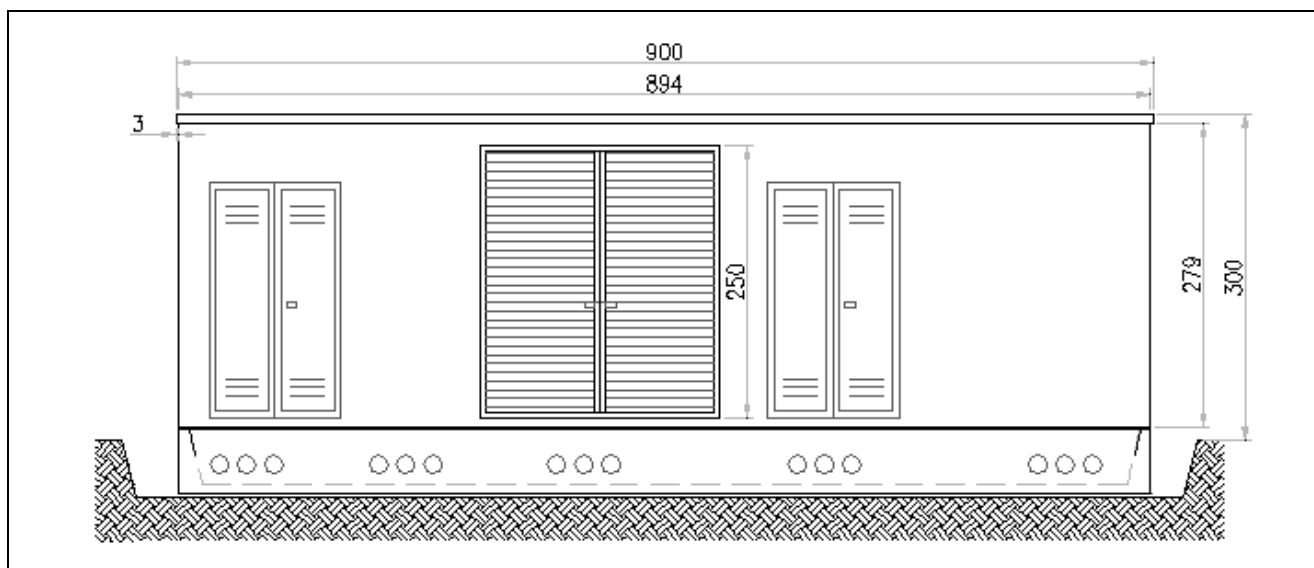


Fig. 1.8: Tipico cabina di campo – vista frontale

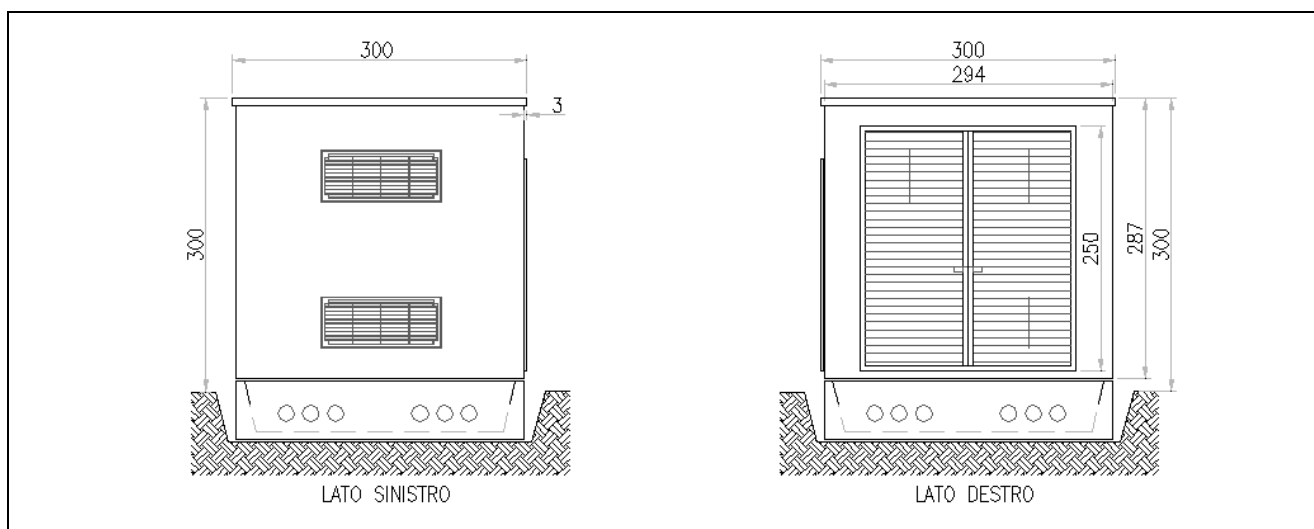


Fig. 1.9: Tipico cabina di campo – viste laterali



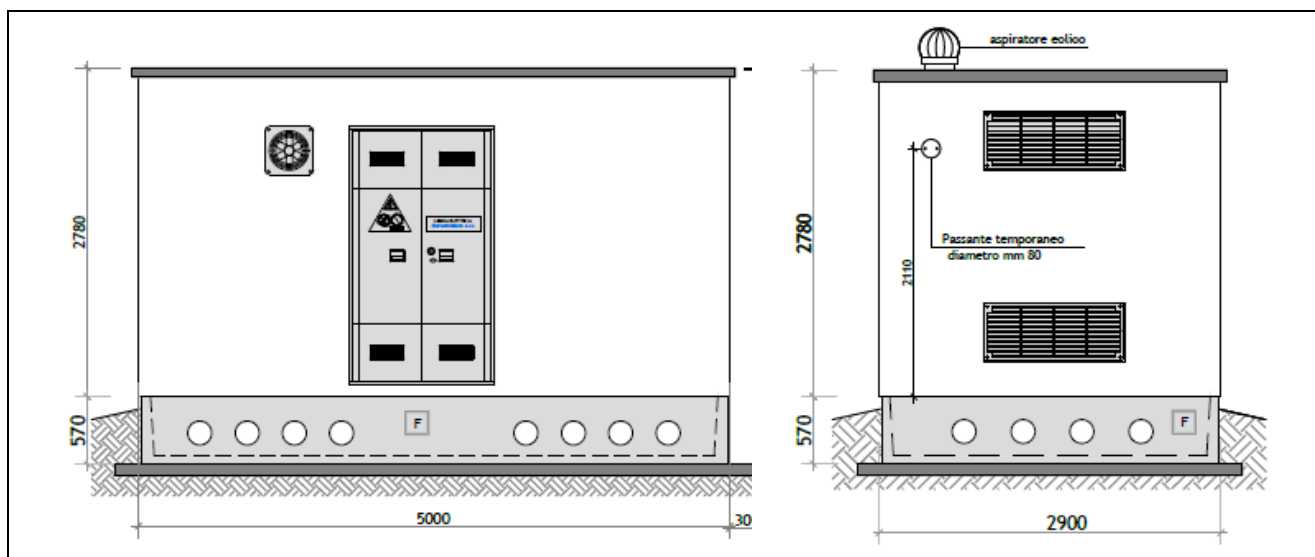


Fig. 1.10: Tipico cabina di raccolta MT – Campo NORD

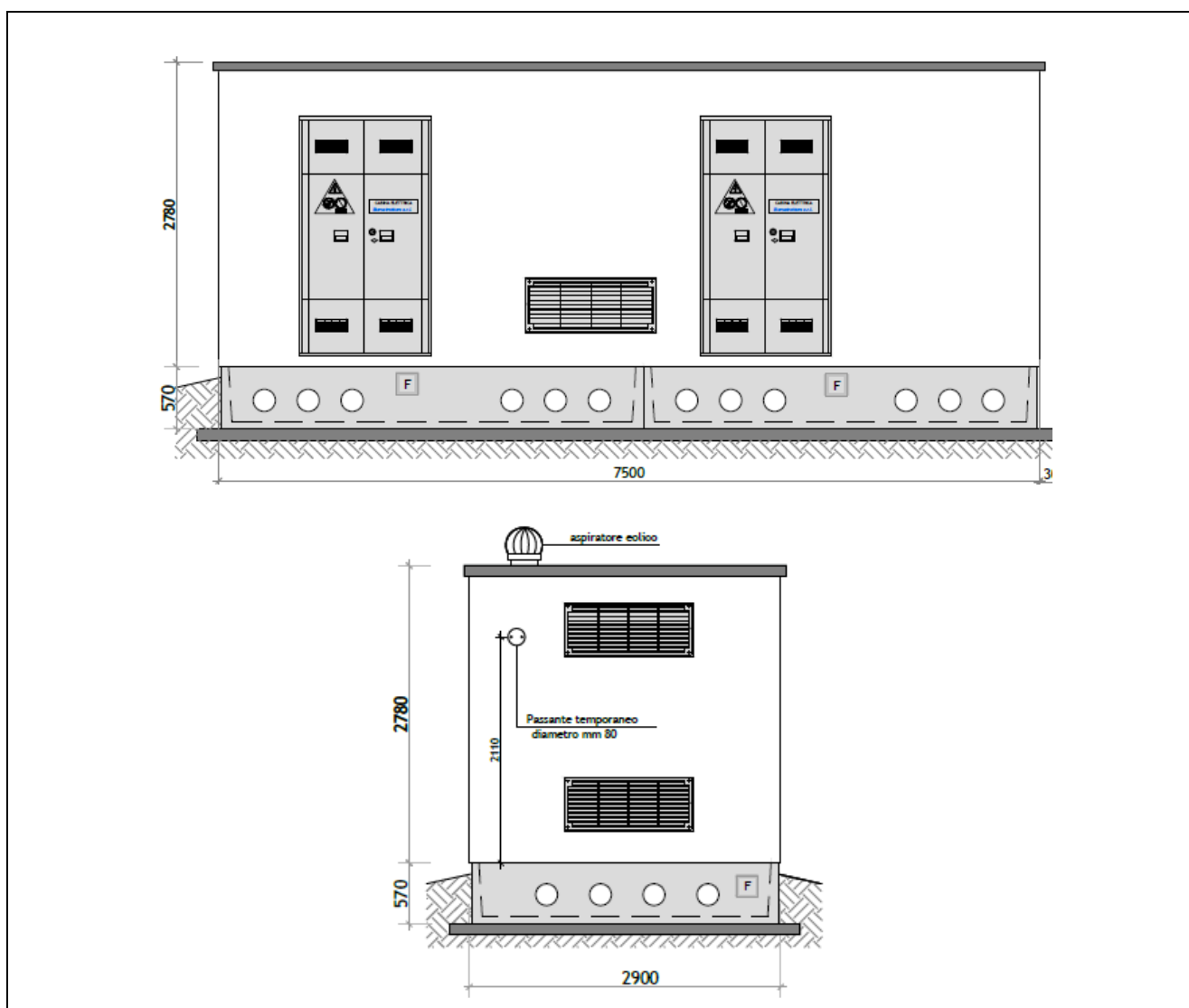


Fig. 1.11: Tipico cabina di raccolta MT – Campo SUD

## **2 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI**

### **2.1 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.

### **2.2 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 contenuto entro il 3%;
- 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 disinserione 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.

### **2.3 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA**

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati, ai fini dell'influenza dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla normativa vigente a 3  $\mu$ T (obiettivo di qualità).

**La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo esclusivo di cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17, ovvero al par. 7.1.1 della norma CEI 106-11, in cui si legge "che per le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione interrate.... non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque" essendo lo stesso raggiunto già al di sotto del pianto di calpestio.**

Come illustrato nella 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 $\mu$ T, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

Si fa notare peraltro 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.



## 2.4 CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE

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 2500 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, il calcolo dell'ampiezza delle DPA si determina in base alla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica la seguente formula:

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

dove:

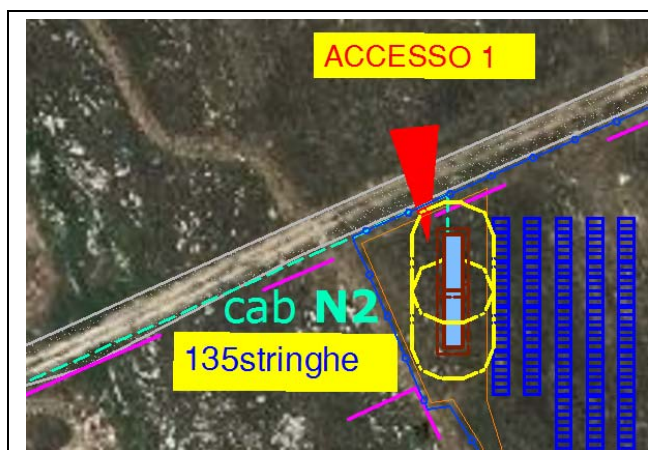
DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che I=2400 A e che il cavo unipolare di diametro maggiore sul lato BT del trasformatore è 5(3x240 + 150)mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa 65.5 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 5 mt.

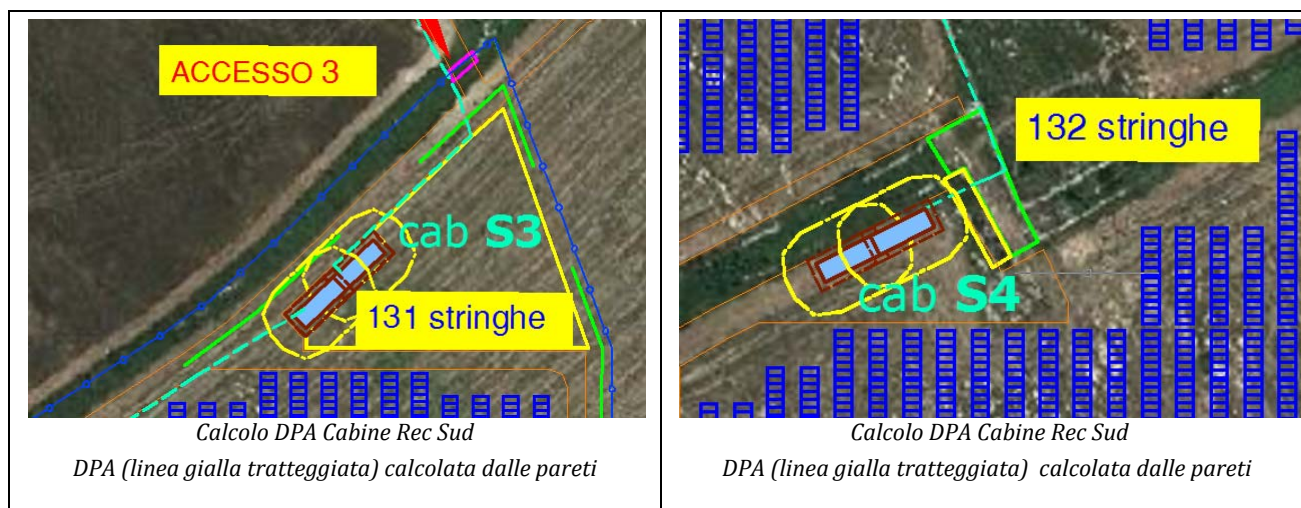
D'altra parte, nell'impianto in progetto le cabine elettriche sono posizionate all'aperto ed in aree non permanentemente presidiate, **per cui si possono ritenere rispettate le norme sulle DPA.**



Calcolo DPA Cabine Rec Est  
DPA (linea gialla tratteggiata) calcolata dalle pareti



Calcolo DPA Cabine Rec Ovest  
DPA (linea gialla tratteggiata) calcolata dalle pareti



**Come si evince dai calcoli e dal layout di progetto, le DPA delle cabine elettriche sono sempre interne alle recinzioni FV.**

## 2.5 ALTRI CAVI

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

## 2.6 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

### 2.6.1 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.

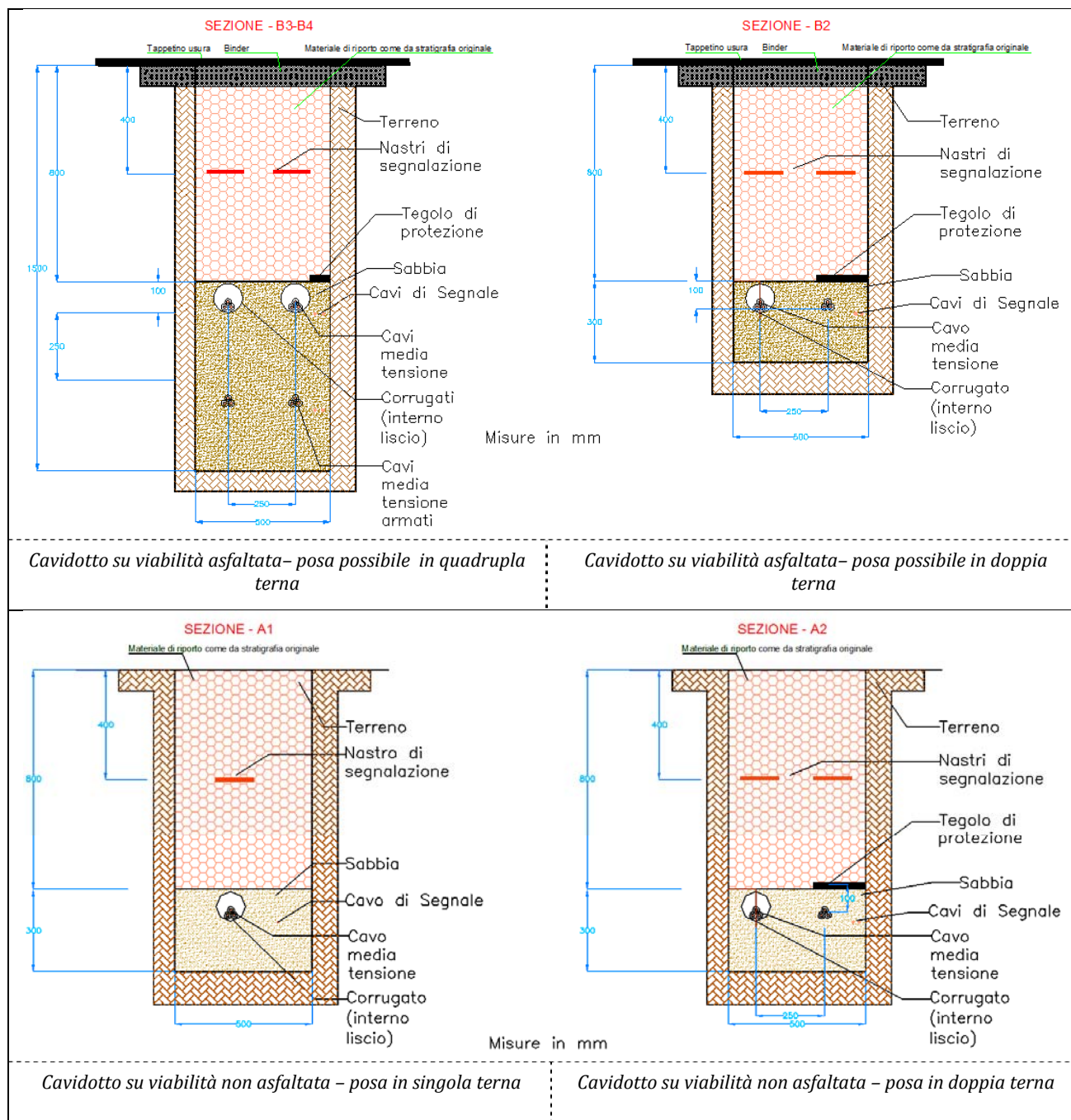
Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

#### 2.6.1.1 CONFIGURAZIONI DI CALCOLO

Per il calcolo dei campi magnetici dei collegamenti MT con la stazione di trasformazione di utenza sono state esaminate le configurazioni più significative, rappresentate nella figura sottostante.

I cavidotti saranno interrati alla profondità massima di circa m 1,50 rispetto al piano stradale, con sovrapposizione sia in corrispondenza del cavo che della fibra ottica - come da normativa - di tegoli o lastre protettive a 10 cm di distanza, in caso di posa direttamente interrata, e di nastro monitor.

Si riportano di seguito le sezioni tipiche di posa per i tratti di cavidotto MT che saranno posati in corrispondenza di viabilità asfaltata e viabilità non asfaltata.



Come si può notare, in funzione del numero di terne che saranno posate, la profondità di scavo è variabile tra 1,10 e 1,50 m, e la larghezza di scavo è limitata a 0,5 m.

Per quanto concerne i cavidotti MT interni al campo , per il collegamento dei sottocampi alle cabine di campo si prevede esclusivamente l'utilizzo di **cavi tripolari ad elica visibile di sezione pari a 70mmq**, con conduttori in alluminio.

L'energia prodotta dai tre campi FV sarà trasportata dalla cabina di raccolta MT (CBR) al quadro MT della stazione d'utenza (SEU) , **mediante linea interrata MT con cavo tripolare ad elica visibile di sezione pari a 150 mmq (il tipologico della sezione è B1 , cioè uguale al B2 ma con una sola terna al centro).**



Le correnti prodotte e quelle massime che potranno essere trasportate dalle linee MT sono indicate nella tabella successiva:

	<b>Corr. Prodotta</b>	<b>Sez. Nom. mmq</b>	<b>Portata nom</b>	<b>CEI-UNEL 35027</b>	<b>Portata max cavo</b>	<b>Lungh</b>	<b>Cad. tensione</b>	<b>% Cad. tensione</b>
	<b>I<sub>b</sub></b>		<b>I<sub>n</sub> (A)</b>	<b>K<sub>tot</sub></b>	<b>I<sub>z</sub> (A)</b>	<b>L (m)</b>	<b>ΔV (V)</b>	<b>ΔV%</b>
<b>N2 → N1</b>	40	70	212	1,028736	218	420	9,81	0,0327%
<b>N1 → CBR</b>	82	70	212	1,028736	218	20	0,97	0,003%
<b>S4 → S3</b>	39	70	212	1,028736	218	310	7,19	0,024%
<b>S3 → CBR</b>	78	70	212	1,028736	218	580	26,79	0,089%
<b>CBR → SEU</b>	160	150	325	1,03776	337	5630	279,50	0,932%

*Tabella 1: Tabella portate di corrente cavidotti MT*

### 2.6.1.2 CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO INDOTTO

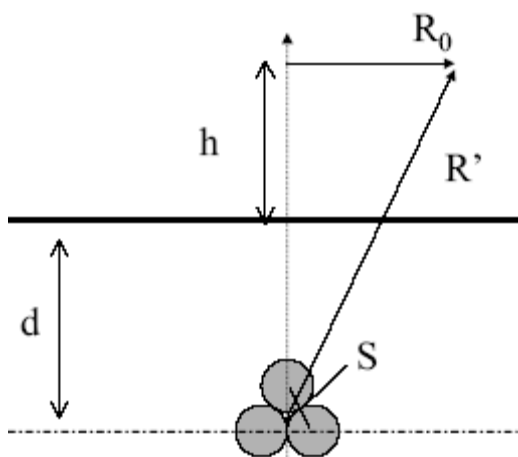
Nelle seguenti figure sono riportati gli andamenti dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, per le diverse sezioni rappresentative.

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.

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 dell'algoritmo bidimensionale normalizzato della norma CEI 211-4. Il calcolo sfrutta la legge di Biot Savart, nell'ipotesi di cavi paralleli e infinitamente lunghi.

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 µT. Le formule da applicare, **considerando cautelativamente la posa dei conduttori a trifoglio** (con  $R' \gg S$ ), sono le seguenti:

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T] \quad R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m] \quad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$



dove:

**R** è la distanza del generico punto dal baricentro dei conduttori caratterizzato da un campo magnetico generico di modulo pari a B;

**d** è la profondità di posa;

**R'** è la distanza dal baricentro dei conduttori nel quale è realizzato l'obiettivo di qualità  $B = 3$  microTesla;

**R<sub>0</sub>** è la proiezione sul piano del terreno nel quale è realizzato l'obiettivo di qualità  $B = 3$  microTesla;

**S** è la distanza tra i conduttori;

**I** è la corrente di calcolo

Le formule precedenti, valide nel caso di una singola terna, possono essere applicate sfruttando il principio di sovrapposizione degli effetti, anche nel caso di più terne effettuando la somma vettoriale dei campi magnetici, ovvero ricorrendo al modello di calcolo standardizzato della CEI211-4, sommando i contributi di ogni conduttore.

$$(4.11) \quad \begin{aligned} B_x &= \frac{\mu_o}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] \\ B_y &= \frac{\mu_o}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] \end{aligned}$$

Calcolo standardizzato CEI 211.4

Di seguito si riporta una tabella con i parametri caratteristici delle tratte di cavidotto MT.

Tratta cavidotti tra cabine FV	SEZIONE	Sezione nom cavo (mmq)	Prof Posa (m)	Distanza tra le fasi S (mm)	Corrente max (A)	Distanza tra le terne (m)	DPA (m)
da N2 a N1	A1 / A2	70	0.8	25	2*(218)	0.25	0
da N1 a CBR	A1	70	0.8	25	218	-	0
da S4 ad S3	A1	70	0.8	25	218	-	0
da S3 a CBR	A1 / A2	70	0.8	25	2*(218)	0.25	0
<b>CONNESSIONE MT ESTERNA</b>							
da CBR a pozzetto	B1*	150	>1.2	27.6	337	-	0
da pozzetto a SEU	B1*	150	>1.2	27.6	337	-	0

\* uguale alla sezione B2 ma con una sola terna

Tabella 2: Tabella dimensioni caratteristiche dei cavidotti MT

Come previsto dalla norma CEI 106-11 le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione posate ad una profondità di circa 80 cm, in base alle valutazioni ivi riportate ed in particolare fino a valori di corrente di 360 A per la MT e di 425 A per la BT, determinano già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata, una induzione magnetica inferiore a 3 microT. Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque.

Nel caso in studio questo è una condizione verificata per le tratte N1-CBR, S4-S3, CBR - pozzetto, pozzetto -SEU.

Di seguito si riporta l'andamento del campo magnetico per le tratte N2-N1 / S3-CBR.



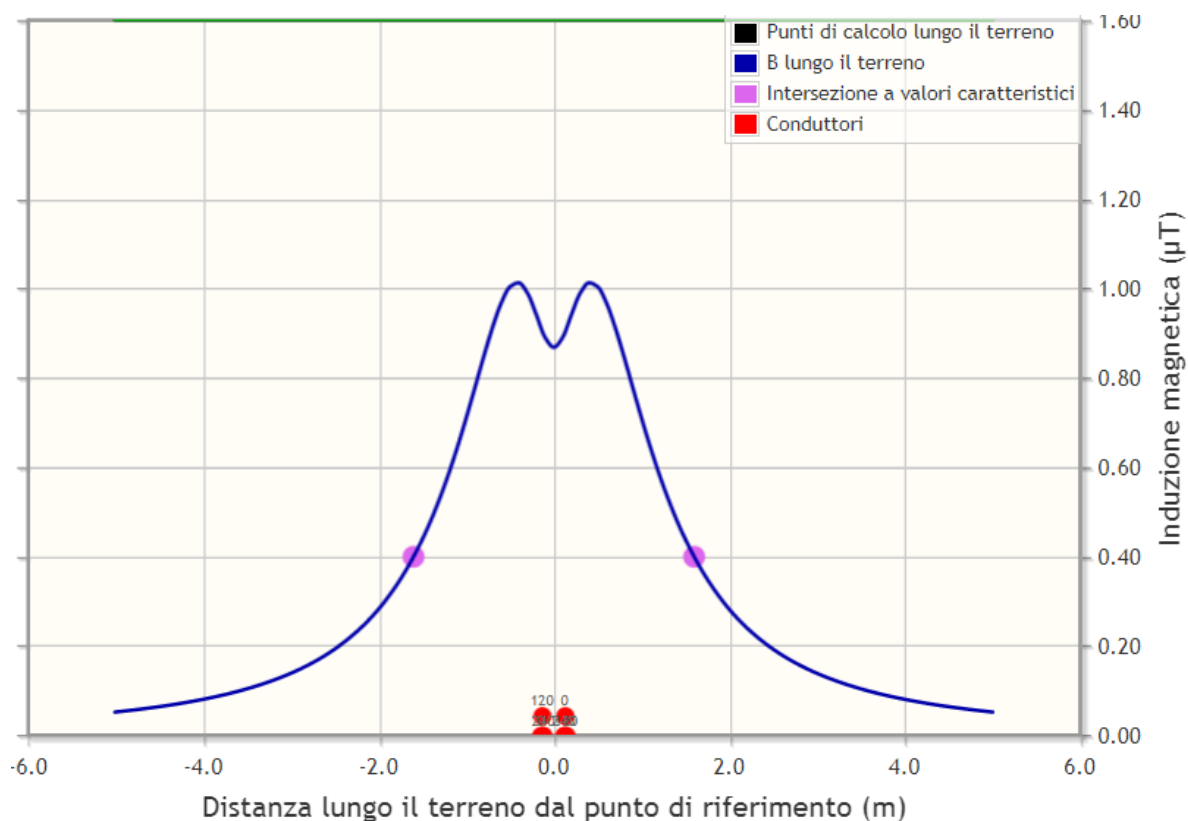


Fig. 2.19: Andamento del campo magnetico **all'altezza del suolo** per cavidotto in MT sezione tipologica A2, fasi disposte in configurazione ottimizzata RST-TRS

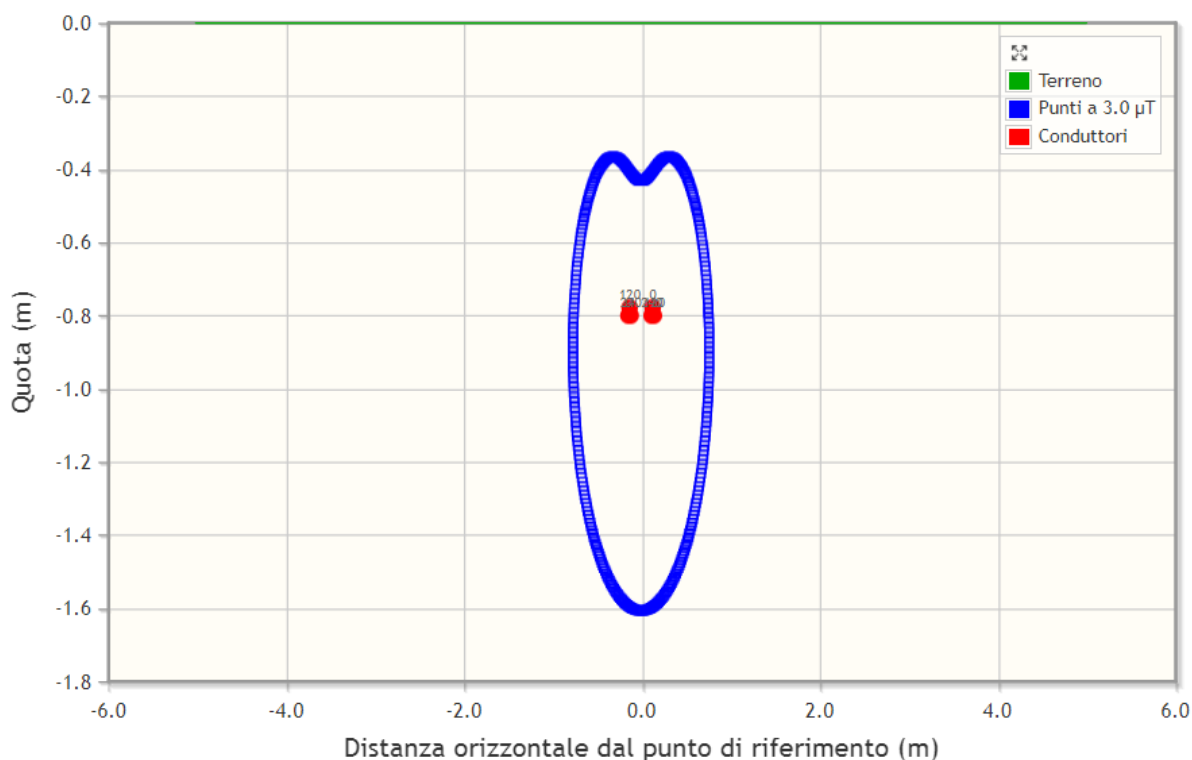


Fig. 2.19: Andamento del campo magnetico **nella generica sezione ortogonale ai conduttori** per cavidotto in MT sezione tipologica A2, fasi disposte in configurazione ottimizzata RST-TRS

Come si evince dal calcolo, che anche in presenza di due terne caricate con la corrente massima trasportabile dalla singola terna, pari a 218 A ciascuno, (sezione tipo A2) il limite di qualità di 3 microTesla non viene mai superato già al livello del terreno e quindi la DPA è nulla.

Naturalmente il limite è rispettato anche per i cavidotti di tipo A1.

Si evidenzia che, sebbene il calcolo sia effettuato in modalità conservativa per posa a trifoglio, il valore reale del campo magnetico **sarà sicuramente inferiore in quanto si utilizzeranno esclusivamente cavi elicordati ad elica.**

## 2.7 APPARECCHIATURE AT DI STAZIONE DI TRASFORMAZIONE

Si è valutato il campo magnetico prodotto, all'altezza di un metro dal suolo (cui corrisponde un valore del campo magnetico superiore rispetto al valore assunto al suolo, data la configurazione elettromeccanica delle sbarre AT di stazione: altezza sbarre dal suolo 4,5m), dalle massime correnti, in considerazione della potenza complessiva dell'impianto in progetto pari a 7.5 MW, che, a regime, possono attraversare le sbarre a 150 kV di stazione.

In figura è illustrata la distribuzione del campo magnetico nella sezione perpendicolare al piano che contiene le sbarre in funzione della distanza dall'asse delle sbarre. Nella stessa Figura è indicata la posizione della recinzione della stazione rispetto all'asse delle sbarre.

Si osserva che il campo magnetico, a ridosso della recinzione più prossima, assume valori ben al di sotto dei limiti di qualità prescritti, pari a  $3 \mu\text{T}$ .

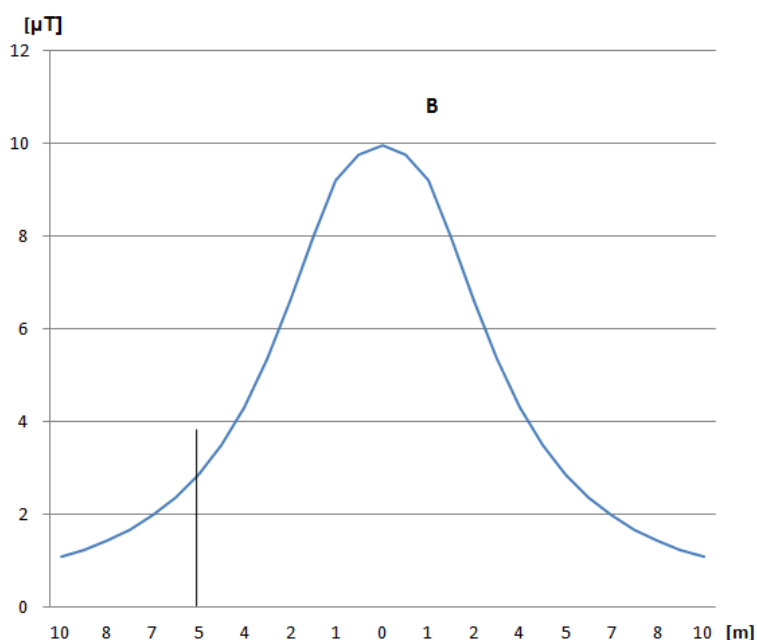


Fig. 2.1 – Campo elettromagnetico prodotto dalle sbarre AT di stazione e recinzione (linea verticale in nero)

In considerazione della definizione delle DPA è da rilevare, in conseguenza delle valutazioni sopra riportate, che il limite di qualità è raggiunto già all'interno della perimetrazione recintata di stazione elettrica. All'interno della stessa, inoltre, essendo progettata in conformità alle norme tecniche del Codice di Rete e del Comitato elettrotecnico Italiano (CEI), il layout elettromeccanico delle strutture è tale da garantire il valore di campo magnetico ammissibile per tale tipo di opera.

L'attenzione sempre maggiore rivolta alla tutela della salute delle specie viventi in generale e degli esseri umani in particolare, ha condotto alla definizione di schemi progettuali in grado di minimizzare e mitigare quanto più possibile gli effetti indotti da tali opere elettriche. Numerosi studi condotti sull'argomento hanno evidenziato che a circa 10 – 20 m dalla stazione elettrica, l'induzione magnetica può essere ritenuta trascurabile, inferiore al valore di  $0,2 \mu\text{T}$ .

Analoghe considerazioni possono farsi relativamente al valore del campo elettrico.



## **2.8 ANALISI DELL'IMPATTO GENERATO DALLA FUTURA STAZIONE ELETTRICA RTN**

Per l'analisi dell'impatto elettromagnetico indotto dalle opere RTN, si rimanda all'elaborato di riferimento del progetto di stazione RTN 380/150kV redatto da Terna Spa.

## **2.9 RISPETTO DEI LIMITI DI LEGGE E RECETTORI SENSIBILI**

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore di persone, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8 luglio 2003.

Inoltre rispettano ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.

Infatti:

- **le DPA relative alle cabine elettriche di campo (dpa pari a circa 5 mt dalle pareti delle cabine) non interessano luoghi tutelati ex art.4.1 del D.P.C. 8 luglio 2003;**
- **il tracciato del cavidotto MT è tale da non interessare luoghi tutelati ex art.4.1 del D.P.C. 8 luglio 2003. Inoltre, come dimostrato in precedenza, ad esso non è associabile un valore di DPA, essendo l'obiettivo di qualità dei 3  $\mu$ T raggiunto già al di sotto del piano di calpestio;**
- **il luogo d'installazione della stazione di trasformazione MT/AT non è sito in prossimità di luoghi tutelati ex art.4.1 del D.P.C. 8 luglio 2003. Inoltre, come dimostrato in precedenza, i valori di DPA generati dai componenti di stazione ricadono all'interno della perimetrazione recintata della stessa.**