



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di APRICENA



COMUNE di SAN SEVERO



Società Proponente	 <b>AM ENERGY 2 s.r.l.</b> <b>AM ENERGY 2 S.R.L. *</b> Sede: via Tiberio Solis, n. 128 - 71016 San Severo (FG) Pec: amenergy2@pec.it P.iva: 04351510716 <small>*Società con socio unico, soggetta a direzione e coordinamento di PLAN A HOLDING S.R.L. p.iva 03930741206</small>	Sviluppo e Coordinamento	 <b>plan A ENERGY S.R.L.</b> Sede: Via Cavour n.104 40026 Imola BO Pec: planaenergy@pec.it C.F e P.IVA : 03930841204			
Progettazione generale e progettazione elettrica	 <b>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA</b> <b>MEZZINA dott. ing. Antonio</b> Via T. Solis 128   71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072   Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net Ordine degli ingegneri della Provincia di Foggia matr. n 1604  	Supervisione scientifica di piani culturali e montaggio	 <b>Università di Foggia</b> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE) Sede: via Antonio Gramsci,89/91 Foggia 71122 P.iva: 03016180717			
Studio e progetto ecologico vegetazionale	 <b>Dott. Biol. Leonardo Beccarisi</b> Via D'Enghien, 43 - 73013 Galatina (LE) cell. 3209709895 E-Mail: beccarisil@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi Albo-Sezione matr. n. AA_067313	Studio di impatto ambientale	 <b>Dott.ssa Anastasia Agnoli</b> Via Armando Diaz, 37   73100 Lecce (LE) cell. 3515100328 E-Mail: anastasia.agnoli989@gmail.com			
Studio meteorologico	 <b>Dott. Biol. Elisa Gatto</b> Via S. Santo, 22   73044 Galatone (LE) cell. 3283433525 E-Mail: dottelisagatto@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi matr.n. AA_090001	Studio paesaggistico e di inserimento urbanistico	 <b>Dott. Agr. Barnaba Marinosci</b> via Pilella 19, 73040 Alliste (LE) Cell. 329 3620201 E-Mail: barnabamarinosci@gmail.com Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali provincia di Lecce matr. n 674			
Studio faunistico	 <b>Dott. Antonio Feola</b> Via Civitella n°25   84060 Moio della Civitella (SA) cell. 338 2593262 E-Mail: feolantx@gmail.com Ordine Nazionale dei Biologi matr. n . AA_047004	Rappresentazioni fotorealistiche	 <b>Arch. Gaetano Fornarelli</b> Via Fulcignano Casale 17   73100 Lecce (LE) cell. 3358758545 E-Mail: forgaet@gmail.com Ordine degli Architetti della provincia di Lecce matr. n 1739			
Studio archeologico	 <b>NOSTOI s.r.l.</b> <b>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</b> Tel. 0972.081259   Fax 0972.83694 E-Mail: mgliseno@nostoisl.it Elenco Nazionale Archeologo Fascia I matr n. 1646	Consulenza strutturale	 <b>Ing. Tommaso Monaco</b> Tel. 0885.429850   Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it Ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia matr. n. 2906			
Studio acustico	 <b>Ing. Antonio Falcone</b> Tel. 0884.534378   Fax. 0884.534378 E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu Ordine degli Ingegneri di Foggia matr. n.2100	Consulenza topografica	 <b>Geom. Matteo Occhiochiuso</b> Tel. 328 5615292 E-Mail: matteo.occhiochiuso@gmail.com Collegio dei Circondariale Geometri e Geometri Laureati di Lucera matr. n. 1101			
Studio tirafuoco geologico e geotecnico	 <b>Dott. Nazario Di Lella</b> Tel./Fax 0882.991704   cell. 328.3250902 E-Mail: geol.dilella@gmail.com Ordine regionale dei Geologi della Puglia matr. n. 345					
Opera	<b>Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Agri-Fotovoltaico denominato "Apricena Agricolo" da realizzarsi su aree agricole ricadenti nella "Solar Belt" delle aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale e cave nelle località "Podere Camilli - San Giovanni - Corrado", nel territorio comunale di Apricena (FG) per una potenza complessiva di 88,529 MWp ed immissione di 70,4 MW, nonchè delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG).</b>					
AUTORITA' PROCEDENTE V.I.A. :	 <b>MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA</b>	AUTORITA' PROCEDENTE A.U. :	 <b>REGIONE PUGLIA</b>			
Oggetto	Nome Elaborato: <b>C85_DocumentazioneSpecialistica_02</b> Descrizione Elaborato: <b>Valutazione previsionale dei campi elettromagnetici</b>					
	00	Gennaio 2023	Progetto definitivo	Ing. M.Pompilio	Ing. A. Mezzina	AM ENERGY 2 S.R.L.
	Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala: /						
Formato: A4	Codice Pratica	<b>8526816</b>				

Elaborato:  
**Relazione tecnica generale per la  
valutazione previsionale dei campi  
elettromagnetici**  
Proponente:  
**AM ENERGY 2 S.r.l.**



STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA  
MEZZINA dott. Ing. Antonio



## RELAZIONE TECNICA GENERALE PER LA VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

# IMPIANTO FV Apricena Agricolo

Proponente: **AM ENERGY 2 S.R.L.**  
Sede Legale: Via Tiberio Solis n. 128 - 71016 San Severo FG  
C.F. e P.IVA 04351510716 | PEC: [amenergy2@pec.it](mailto:amenergy2@pec.it)

Opera: **Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Agri-Fotovoltaico denominato "Apricena Agricolo" da realizzarsi su aree agricole ricadenti nella "Solar Belt" delle aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale e cave nelle località "Podere Camilli - San Giovanni - Corrado" nel territorio comunale di Apricena (FG) per una potenza complessiva di 88,529 MWp ed immissione di 70,4 MW, nonché delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione ed all'esercizio dell'impianto nei comuni di Apricena (FG) e San Severo (FG)**

Redazione: STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA MEZZINA Dott. Ing. Antonio  
Sede: Via T. Solis n. 128 - 71016 San Severo FG  
Tel. 0882.228072 | Fax 0882.243651 | e-mail: [info@studiomezzina.net](mailto:info@studiomezzina.net)  
C.F. MZZNTN67S17I158I | P.IVA 02037220718 | PEC: [antonio.mezzina@ingpec.eu](mailto:antonio.mezzina@ingpec.eu)

Sviluppo e  
Coordinamento: PLAN A ENERGY S.R.L.  
Sede: Via Cavour n. 104 - 40026 Imola BO  
C.F. e P.IVA 03930841204 | PEC: [planaenergy@pec.it](mailto:planaenergy@pec.it)

Elaborato:	Relazione tecnica generale per la valutazione previsionale dei campi elettromagnetici			
	00	Ing. Pompilio	Dott. Pensato (Amm.re Plan A Energy)	Ing. Mezzina (Direttore tecnico)
	Rev.	Elaborazione	Verifica	Approvazione



## SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1. Premessa.....	3
1.2. Oggetto.....	4
2. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PARCO FOTOVOLTAICO.....	5
2.1. Descrizione dei vari cluster.....	5
3. MODALITA' DI CONNESSIONE ALLA RTN E UBICAZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE.....	7
3.1. STRUTTURA E SCHEMA DELLE LINEE ELETTRICHE MT.....	9
3.2 Caratteristiche delle linee elettriche MT.....	9
4. QUADRO NORMATIVO.....	13
5. GENERALITA' SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	16
5.1. Campo Elettrico.....	17
5.2. Campo Magnetico.....	17
5.3. Metodologia di calcolo dei campi magnetici.....	18
6. CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE DA ANALIZZARE.....	19
6.1. Tipologie di posa.....	20
7. MODALITA' DI INDAGINE DEL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA PREVISIONALE.....	21
7.1. Casi di analisi previsionale MT.....	22
7.1.1 Caso 1: Trincea ospitante quattro terne di cavi MT.....	23
7.1.2 Caso 2: Trincea ospitante due terne di cavi MT.....	25
7.1.3 Caso 3: linee aeree in alta tensione.....	26
7.1.4 Caso 4: linee elettriche in c.a. AT.....	28
8. CONCLUSIONI.....	31



## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. Premessa

La presente relazione riguarda il progetto di un impianto “Agri-fotovoltaico in Solar Belt”, denominato “APRICENA AGRICOLO” che la Società AM ENERGY 2 S.r.l. intende realizzare, nelle località San Sabino - Galassi - Tre Fosse, nel Comune di Apricena (FG) e delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto, ricadenti anche nel Comune di San Severo (FG), su terreni agricoli ricadenti nella “Solar Belt” (tradotto in ital. “Fascia Solare”), ai sensi dell’art.12 del D.L. n. 17 del 01/03/2022 (“Decreto Energia”).

Il progetto vuole rappresentare anche un’occasione per la creazione di una “cintura verde” (in inglese definita come “green belt”) con usi del suolo multifunzionali attorno alle aree a destinazione industriale o artigianale ed all’area degradata delle attività estrattive di Cave. Tale corridoio ecologico e fascia verde, utilizzata anche ai fini agricoli con metodologie dell’agricoltura rigenerativa o biologica, potrà fungere da sistema ambientale interconnesso di transizione tra il centro urbano della Città, la Zona delle Cave di Marmo, la Zona Industriale e la Zona Agricola e la Campagna del paese. Inoltre, il progetto in fase esecutiva prevederà la realizzazione di “infrastrutture viabilistiche verdi” a servizio dei cittadini all'interno della cintura verde, comprendenti percorsi pedonali, naturalistici e ciclabili perimetrali all’impianto.

In estrema sintesi, il progetto di impianto Agri-Fotovoltaico, se realizzato, aiuterà: (i) a mitigare l’impatto visivo e acustico delle attività produttive presenti e ad assorbire i possibili inquinanti gassosi o polveri derivanti dalle attività estrattive e quelle industriali; (ii) ad aumentare la qualità ambientale migliorando i servizi ecosistemici; (iii) ad arginare la perdita di biodiversità creando specifici habitat per la flora e fauna, per specie selvatiche, le api autoctone e altre specie impollinatrici; (iv) a mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici, lo stress idrico e migliorare anche la qualità della vita e il benessere umano, e (v) a generare valore condiviso e benefici alle comunità locali.

Allo stesso modo si avrà una valorizzazione delle aree, salvaguardando il consumo del suolo, sia nella prospettiva di transizione energetica in atto, sia in quella agricola e zootecnica autoctona, garantendo un modello virtuoso ed ecosostenibile che produce contemporaneamente energia pulita, prodotti agricoli biologici, miele e prodotti da animali da pascolo.

Elaborato:  
**Relazione tecnica generale per la  
valutazione previsionale dei campi  
elettromagnetici**  
Proponente:  
**AM ENERGY 2 S.r.l.**



**STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA**  
*MEZZINA dott. Ing. Antonio*



**plan**   
**IT IS GREEN ENERGY**

## 1.2. Oggetto

La presente relazione è relativa allo studio di impatto elettromagnetico al fine di una valutazione dello stesso nei riguardi della popolazione.

In particolare verrà studiata la “fascia di rispetto” di cui al DM 29/05/2008 viene calcolata tenendo conto dell’elettrodotto interrato e della Sottostazione Elettrica MT/AT.

Al calcolo della fascia di rispetto segue la verifica dell’assenza di ricettori sensibili all’interno di tale fascia: aree gioco per l’infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore giornaliere.

Poiché le linee di trasporto e di distribuzione dell’energia elettrica (elettrodotti), hanno in Europa una frequenza di 50 Hz i campi elettrici e magnetici rientrano nella banda ELF (30 – 300 Hz, bassa frequenza) e quindi regolati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 per la determinazione delle fasce di rispetto.

## 2. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PARCO FOTOVOLTAICO

### 2.1. Descrizione dei vari cluster

L'area su cui verrà realizzato il progetto è sita nella regione **Puglia**, in Provincia di Foggia, nei territori comunali di **Apricena** e di **San Severo**. Le coordinate geografiche baricentriche del sito occupato dal generatore fotovoltaico sono:

Area generatore fotovoltaico	Latitudine	Longitudine
Area Industriale - Loc. San Sabino e Galassi	41°45'5.16"N	15°24'42.45"E
Area Cave - Loc. Tre Fosse	41°48'1.99"N	15°24'37.34"E

Fig. 1 e 2 è riportato uno stralcio della sola area del generatore fotovoltaico.

#### - Generatore cava San Sabino e Galassi ("Segheria")



**Figura 1 -Inquadramento planimetrico su Ortofoto area generatore fotovoltaico limitrofo all'Area Industriale in Località San Sabino e Galassi.**

Il generatore ha le seguenti caratteristiche:

- N. 88.984 moduli bifacciali da 565 Wp;
- N. 5 Inverter centralizzati da 4000 kVA;
- N. 4 Inverter centralizzati da 2000 kVA;
- N.5 Inverter centralizzati da 1500 kVA;
- N.1 Inverter centralizzati da 1000 kVA;
- N.2 Inverter centralizzati da 500 kVA;

- N.7 Inverter centralizzati da 300 kVA;

**- Generatore Cave di Pietra in Località Tre Fosse (“Milone”**



*Figura 2 -Inquadramento planimetrico su Ortofoto area generatore fotovoltaico limitrofo all’Area Cave di Pietra in Località Tre Fosse.*

Il generatore ha le seguenti caratteristiche:

- N. 67.704 moduli bifacciali da 565 Wp;
- N. 6 Inverter centralizzati da 4000 kVA;
- N. 2 Inverter centralizzati da 2000 kVA;
- N. 1 Inverter centralizzato da 1500 kVA;
- N. 1 Inverter centralizzato da 1000 kVA;
- N. 1 Inverter centralizzato da 300 kVA;



La superficie effettivamente impegnata dal parco fotovoltaico, inclusa nel perimetro delle sole strutture ed interna alla viabilità di servizio, è invece di circa **105 ha 81 a 79 ca** a cui corrisponde una densità di potenza pari a:

$$D = P / S = 88,529/105,8179 = 0,84 \text{ MWp/ha}$$

L'impianto Fotovoltaico sarà strutturato in 35 sub-campi elettricamente indipendenti, raggruppati in 9 sottocampi.

I vari sub-campi dei nove sottocampi sono strutturati, mediante elettrodotti interrati in MT, in gruppi (sottocampi) collegati in entra-esce che fanno capo alle due Cabina di Raccolta presenti rispettivamente nel sottocampo "Milone" (denominata CdR\_M) e sottocampo "Segheria" (denominata CdR\_S).

Nelle Cabina di Raccolta avviene il parallelo tra i vari Sottocampi e la somma delle energie prodotte viene conferita in SSE tramite appositi elettrodotti dorsali.

Ciascun sottocampo sarà costituito da cabine di fine serie (MASTER), dalle quali si dipartirà un elettrodotto interno che, per alcuni sottocampi verrà collegato alle sbarre MT della **Cabina di Raccolta (CdR)**, per altri verrà collegato direttamente alle sbarre MT del Sottostazione Elettrica produttore.

Dalle due CdR partiranno elettrodotti interrati MT verso la SSE produttore.

### **3. MODALITA' DI CONNESSIONE ALLA RTN E UBICAZIONE DELLA SOTTOSTAZIONE**

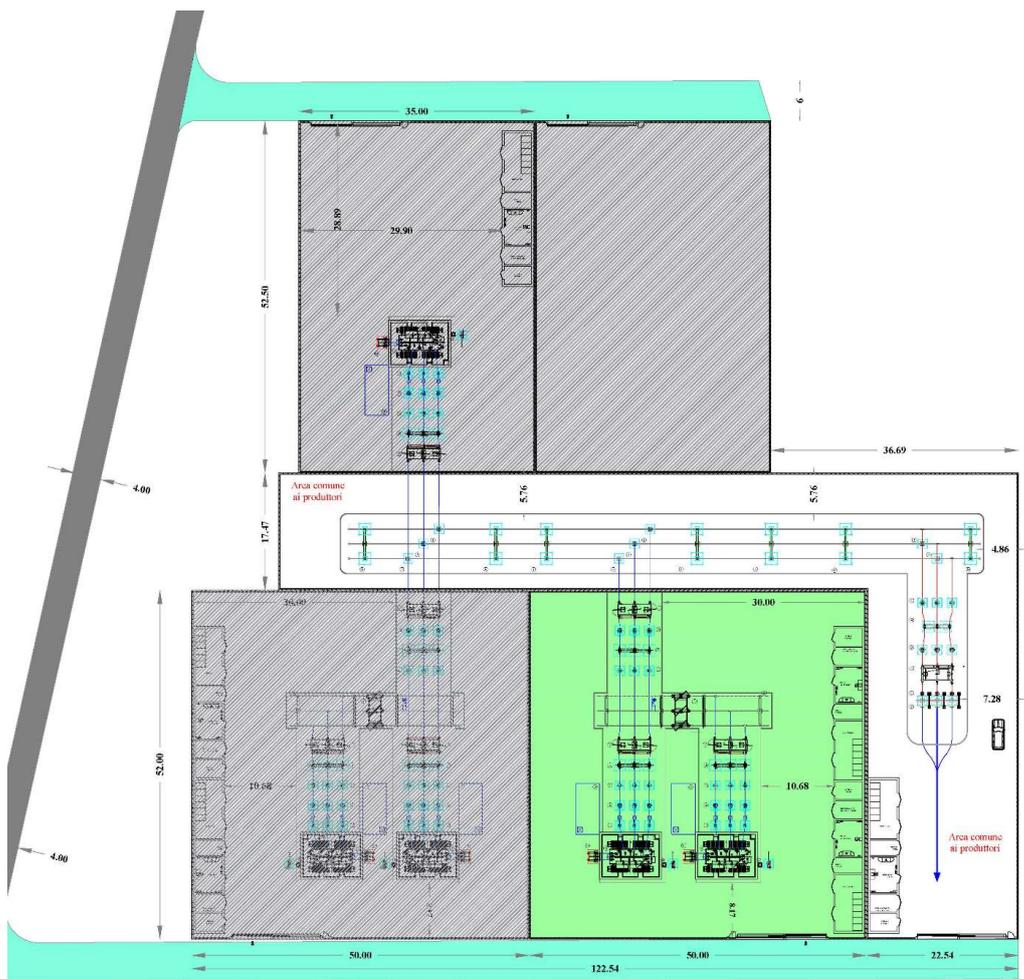
La proponente AM ENERGY 2 SRL ha richiesto ed ottenuto da TERNA S.p.A. il preventivo di connessione Codice Pratica n. 202101710 per una potenza di 65,822 MWp; per il quale è attualmente in corso il riesame per l'aumento di potenza a 88,529 MWp, la cui Soluzione Tecnica Minima Generale prevede la connessione: **"...collegata in antenna a 150 kV sul futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "San Severo"; stabilendo altresì la necessità di condivisione dello Stallo in Stazione con altri realizzandi impianti di produzione"**.

L'impianto oggetto della presente relazione condividerà lo stallo produttore con gli impianti mediante uno stallo di condivisione affiancato in sottostazione utente.

In particolare, i quattro impianti costituiranno una connessione del tipo in condominio (o a grappolo) di alta tensione e condivideranno lo stallo cavo di alta tensione ed il cavo interrato AT di collegamento alla SE-RTN.

Il condominio così costituito sarà connesso ad un unico stallo produttore in SET-RTN TERNA di San Severo, che costituirà l'impianto di rete per la connessione.

Il layout delle Sottostazioni e dell'area condominiale tra i produttori è stato definito secondo la rappresentazione planimetrica di seguito riportata in **Fig 3**:



**Figura 3 -Inquadramento delle opere di Rete: in verde, lo stallo del produttore AM ENERGY 2 della SSE; in blu, l'elettrodotto AT 150 kV.**

### 3.1. STRUTTURA E SCHEMA DELLE LINEE ELETTRICHE MT

Il sistema di distribuzione MT di collegamento per ciascun sub campo ha una configurazione del tipo in serie (entra-esce): in particolare è prevista una cabina denominata MASTER con la triplice funzione di punto di connessione all'arrivo del cavo dalla Cabina di Raccolta, di centro di trasformazione e di punto di fine serie. Nei centri di trasformazione l'energia elettrica prodotta può essere elevata ad un valore di tensione maggiore di quello nominale al fine di consentirne la trasmissione rispettando le esigenze di contenimento delle perdite, e di equilibrare le tensioni dei vari sub campi.

### 3.2 Caratteristiche delle linee elettriche MT

Tutte le linee elettriche MT interne al campo fotovoltaico seguiranno il più possibile il tracciato delle strade di nuova realizzazione o, laddove necessario, seguiranno le corsie libere tra le file delle strutture del fotovoltaico. I cavi MT utilizzati saranno della tipologia ARE4H5E 18/30 kV in accordo alla norma IEC 60502/CEI 20-13: conduttore unipolare, in corda rigida compatta a fili di alluminio, in accordo alla norma CEI 20-29, classe 2, con strato semiconduttore in mescola estrusa termoindurente, isolante XLPE, semiconduttore estruso saldato, nastro semiconduttivo anti-umidità, schermo a nastro di alluminio laminato, guaina esterna in MDPE, colore rosso.



*Figura 4 - Particolare degli strati costitutivi di un cavo MT ARE4H5E.*



Per la distribuzione in media tensione sono impiegate le seguenti formazioni di cavo per i sottocampi:

**Sottocampo M1** - il sottocampo M1 raggrupperà sei cabine di tipo Slave e una di tipo Master, nella quale avverrà la fine serie . Verrà pertanto realizzato un entra-esce da ciascuna cabina per consentire la configurazione serie con terminazione in cabina Master, dalla quale partirà un elettrodotto dorsale interno che andrà ad attestarsi in CdR\_M;

**Sottocampo M2** - il sottocampo M2 raggrupperà quattro cabine, di cui tre di tipo SLAVE ed una di tipo Master, nella quale avverrà la fine serie. Verrà pertanto realizzato un entra-esce da ciascuna cabina per consentire la configurazione serie con terminazione in cabina Master, dalla cui cabina Master partirà l'elettrodotto dorsale che andrà ad attestarsi in cabina di raccolta CdR\_M;

**Sottocampo S1** - il sottocampo S1 raggrupperà tre cabine, di cui due di tipo SLAVE ed una di tipo Master, nella quale avverrà la fine serie . Verrà pertanto realizzato un 'entra-esce da ciascuna cabina per consentire la configurazione serie con terminazione in cabina Master e tramite l'elettrodotto dorsale che andrà ad attestarsi in cabina di raccolta CdR S;

**Sottocampo S2** - il sottocampo S2 raggrupperà quattro cabine, di cui tre di tipo SLAVE ed una di tipo Master, nella quale avverrà la fine serie. Verrà pertanto realizzato un entra-esce da ciascuna cabina per consentire la configurazione serie con terminazione in cabina Master e tramite l'elettrodotto dorsale si attesterà alla cabina di raccolta CdR S;

**Sottocampo S3** - il sottocampo S3 raggrupperà tre cabine, di cui due di tipo SLAVE ed una di tipo Master, nella quale avverrà la fine serie. Verrà pertanto realizzato un entra-esce da ciascuna cabina per consentire la configurazione serie con terminazione in cabina Master e tramite l'elettrodotto dorsale si attesterà alla cabina di raccolta CdR S;

**Sottocampo S4** - il sottocampo S4 raggrupperà tre cabine, di cui due di tipo SLAVE ed una di tipo Master, nella quale avverrà la fine serie. Verrà pertanto realizzato un entra-esce da ciascuna cabina per consentire la configurazione serie con terminazione in cabina Master e tramite l'elettrodotto dorsale si attesterà alla cabina di raccolta CdR S;

**Sottocampo S5** - il sottocampo S5 raggrupperà tre cabine, di cui due di tipo SLAVE ed una di tipo Master, nella quale avverrà la fine serie. Verrà pertanto realizzato un entra-esce da ciascuna cabina per consentire

la configurazione serie con terminazione in cabina Master e tramite l'elettrodotto dorsale si andrà ad attestare direttamente alle sbarre della Sottostazione Elettrica Produttore;

**Sottocampo S6** - il sottocampo S6 contiene una cabina Master e tramite l'elettrodotto dorsale si andrà ad attestare direttamente alle sbarre della Sottostazione Elettrica Produttore;

**Sottocampo S7** - il sottocampo S7 raggrupperà sette cabine, di cui sei di tipo SLAVE ed una di tipo Master, nella quale avverrà la fine serie. Verrà pertanto realizzato un entra-esce da ciascuna cabina per consentire la configurazione serie con terminazione in cabina Master e tramite l'elettrodotto dorsale si andrà ad attestare direttamente alle sbarre della Sottostazione Elettrica Produttore;

Per la realizzazione dell'elettrodotto tra le cabine slave e la master verrà utilizzata una o più terne di cavi unipolari ARE4H5E con grado di isolamento 18/30kV, in formazione a trifoglio, di sezione nominale variabile come da elaborato "C60\_Calcolo Cadute di Tensione", di cui si riporta qui uno stralcio:

SOTTOCAMPO	DATI DELLA LINEA						PARAMETRI ELETTRICI DEL CARICO		CARATTERISTICHE DEL CAVO				CADUTA DI TENSIONE		VERIFICA PORTATA	PERDITE
	Denominazione TRATTA	LUNGHEZZA GEOMETRICA	LUNGHEZZA ELETTRICA	SEZIONE	NUMERO MAX CIRCUITI RAGGRUPPATI	NUMERO TERNE	Pot. Subcampo Inverter kVA	Potenza max nel tratto	CORRENTE Linea (max)	RESISTENZ A SPECIFICA	REATTANZ A SPECIFICA	PORTATA	ΔU	ΔU%		
		[m]	[m]						[mm <sup>2</sup> ]	[A]	r [Ω/km]	x [Ω/km]			I <sub>L</sub> [A]	[V]
S1	S1.1 - S1.2	138	148	120	2	1	2000	2000	40,14	0,3244	0,0205	199,64	3,3	0,01%	OK	0,23
	S1.2 - S1.3	157	167	120	2	1	2000	4000	80,28	0,3244	0,0205	199,64	7,4	0,02%	OK	1,05
	S1.3 - CdR_S	1606	1616	120	3	1	2000	6000	120,42	0,3244	0,0205	183,94	106,8	0,36%	OK	22,81
CADUTA DI TENSIONE E PERDITE TOTALE NELLA LINEA DA CABINA RACCOLTA CdR_S AL SOTTOCAMPO S1												117,4	0,39%		24,1	
S2	S2.1 - S2.2	86	96	120	2	1	300	300	6,02	0,3244	0,0205	199,64	0,3	0,00%	OK	0,003
	S2.2 - S2.3	81	91	120	2	1	1500	1800	36,13	0,3244	0,0205	199,64	1,8	0,01%	OK	0,12
	S2.3 - S2.4	487	497	120	2	1	1500	3300	66,23	0,3244	0,0205	199,64	18,1	0,06%	OK	2,12
	S2.4 - CdR_S	1564	1574	240	3	1	4000	7300	146,52	0,1603	0,0185	270,20	63,4	0,21%	OK	16,25
CADUTA DI TENSIONE E PERDITE TOTALE NELLA LINEA DA CABINA RACCOLTA CdR_S AL SOTTOCAMPO S2												83,6	0,28%		18,5	
S3	S3.1 - S3.2	137	147	120	2	1	300	300	6,02	0,3244	0,0205	199,64	0,5	0,00%	OK	0,01
	S3.2 - S3.3	579	589	120	2	1	300	600	12,04	0,3244	0,0205	199,64	3,9	0,01%	OK	0,08
	S3.3 - CdR_S	295	305	120	3	1	1000	1600	32,11	0,3244	0,0205	183,94	5,4	0,02%	OK	0,31
CADUTA DI TENSIONE E PERDITE TOTALE NELLA LINEA DA CABINA RACCOLTA CdR_S AL SOTTOCAMPO S3												9,8	0,03%		0,4	
S4	S4.1 - S4.2	427	437	120	2	1	500	500	10,04	0,3244	0,0205	199,64	2,4	0,01%	OK	0,04
	S4.2 - S4.3	637	647	120	2	1	1500	2000	40,14	0,3244	0,0205	199,64	14,2	0,05%	OK	1,01
	S4.3 - CdR_S	10	20	120	3	1	1500	3500	70,25	0,3244	0,0205	183,94	0,8	0,00%	OK	0,10
CADUTA DI TENSIONE E PERDITE TOTALE NELLA LINEA DA CABINA RACCOLTA CdR_S AL SOTTOCAMPO S4												17,4	0,06%		1,2	

Dalle cabine Master dipartirà un elettrodotto dorsale interno che andrà ad attestarsi sulle sbarre MT di parallelo in Cabina di Raccolta.

- **Elettrodotto Dorsale S (SOTTOCAMPI S1-S2-S3-S4):**

Per la realizzazione dell'elettrodotto tra la Cabina di Raccolta CdR\_S e la Cabina di Media Tensione in Sottostazione Produttore verrà utilizzato un cavo ARE4H5E con grado di isolamento 18/30kV, di sezione nominale pari a 240 mm<sup>2</sup> in formazione 2 x (3 x 1 x 240 mm<sup>2</sup>); ciascuna delle due terne sarà attestata su uno scomparto di protezione linea dedicato. Il dimensionamento è stato effettuato in modo tale da contenere la caduta di tensione massima attorno allo 0,43% in condizioni di funzionamento a piena potenza, con conseguente perdita energia di circa 47,5 kW.



- **Elettrodotto Dorsale M (SOTTOCAMPI M1-M2):**

Per la realizzazione dell'elettrodotto tra la Cabina di Raccolta CdR\_M e la Cabina di Media Tensione in Sotto-Stazione Produttore verrà utilizzato un cavo ARE4H5E con grado di isolamento 18/30kV, di sezione nominale pari a 400 mm<sup>2</sup> in formazione 2 x (3 x 1 x 400 mm<sup>2</sup>); ciascuna delle due terne sarà attestata su uno scomparto di protezione linea dedicato. Il dimensionamento è stato effettuato in modo tale da contenere la caduta di tensione massima attorno allo 1,77% in condizioni di funzionamento a piena potenza, con conseguente perdita energia contenuta nello 196,6 kW circa.

- **Elettrodotto Dorsale Sottocampo S5:**

Per la realizzazione dell'elettrodotto tra la Cabina Master del Sottocampo S5 e la Cabina di Media Tensione in Sotto-Stazione Produttore verrà utilizzato un cavo ARE4H5E con grado di isolamento 18/30kV, di sezione nominale pari a 120 mm<sup>2</sup> in formazione 3 x (1 x 120 mm<sup>2</sup>); la terna sarà attestata su uno scomparto di protezione linea dedicato. Il dimensionamento è stato effettuato in modo tale da contenere la caduta di tensione massima attorno allo 0,08% in condizioni di funzionamento a piena potenza, con conseguente perdita energia di circa 4 kW.

- **Elettrodotto Dorsale Sottocampo S6:**

Per la realizzazione dell'elettrodotto tra la Cabina Master del Sottocampo S6 e la Cabina di Media Tensione in Sotto-Stazione Produttore verrà utilizzato un cavo ARE4H5E con grado di isolamento 18/30kV, di sezione nominale pari a 50 mm<sup>2</sup> in formazione 3 x (1 x 50 mm<sup>2</sup>); la terna sarà attestata su uno scomparto di protezione linea dedicato. Il dimensionamento è stato effettuato in modo tale da contenere la caduta di tensione massima attorno allo 0,04% in condizioni di funzionamento a piena potenza, con conseguente perdita energia di circa 0,2 kW.

- **Elettrodotto Dorsale Sottocampo S7:**

Per la realizzazione dell'elettrodotto tra la Cabina Master del Sottocampo S5 e la Cabina di Media Tensione in Sotto-Stazione Produttore verrà utilizzato un cavo ARE4H5E con grado di isolamento 18/30kV, di sezione nominale pari a 500 mm<sup>2</sup> in formazione 3 x (1 x 500 mm<sup>2</sup>); la terna sarà attestata su uno scomparto di protezione linea dedicato. Il dimensionamento è stato effettuato in modo tale da contenere la caduta di tensione massima attorno allo 0,52% in condizioni di funzionamento a piena potenza, con conseguente perdita energia di circa 60,6 kW.

I dimensionamenti delle linee interne sono stati effettuati conservativamente tenendo conto della potenza nominale uscita inverter.



Tale dimensionamento garantirà, inoltre, che in futuro la società possa eventualmente chiedere l'incremento della potenza di immissione fino alla massima potenza dell'impianto.

#### 4. QUADRO NORMATIVO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici fa riferimento alla legge n°36 del 22 Febbraio 2001 "*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*", completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel DPCM 8 Luglio 2003, pubblicato su G.U. n. 200 del 29/08/2003, "*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].*

Le disposizioni del DPCM sono sintetizzate nella tabella che segue.

Limiti previsti	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO E (kV/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO B ( $\mu$ T)
Limite di esposizione	5	100
Valore si attenzione (24 ore di esposizione)	-	10
Obbiettivo di qualità (progettazione nuovi elettrodotti)	-	3

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

Con il Decreto del 29 maggio 2008 (G.U. n. 153 del 2 Luglio 2008 e Supplemento Ordinario n. 160 alla G.U. 5 Luglio n. 156) "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica", si stabilivano le metodologie di misura dell'induzione magnetica secondo la norma CEI 211-6 del 2001-01 e s.m.i., in particolare prevedendo che "Nel caso di campo magnetico uniforme nello spazio, tipicamente quello generato da linee elettriche aeree, per una accurata caratterizzazione possono essere sufficienti rilievi ad un'altezza compresa tra 100 e 150cm dal piano di calpestio; nel caso di campo fortemente non omogeneo, tipicamente quello generato dalle cabine elettriche, dovrà essere eseguita una serie di rilievi anche a quote differenti".

Per quanto riguarda le metodologie di progettazione delle linee elettriche si fa riferimento alla Norma CEI 11-17; V1 Fascicolo 11559 - Anno 2011 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

Poiché la relazione si riferisce unicamente all'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici e pertanto non prende in considerazione l'esposizione dei lavoratori, conseguentemente non sono valutati i rischi di cui al DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81 (Gazzetta Ufficiale n. 101, 30 aprile 2008, S.O. n. 108/L) "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

Infine, in questa sede, si richiamano le principali Norme CEI:

- CEI 211-7 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell'intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all'esposizione umana";



- 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;
- CEI 106-12 “Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/bT”.

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell’induzione magnetica e la determinazione delle fasce si è tenuto conto delle indicazioni tecniche previste nel decreto del 29 maggio 2008 e nelle Norme CEI 106-11 e CEI 106-12 nelle quali viene ripreso il modello di calcolo normalizzato della Norma CEI 211-4 e vengono proposte, in aggiunta, delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell’induzione magnetica ad una data di stanza dal centro geometrico della linea elettrica.

## 5. GENERALITA' SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Ogni apparecchiatura che produce o che viene attraversata da una corrente elettrica (dinamo, cavi elettrici, elettrodomestici, etc.) è caratterizzata da un *campo elettromagnetico*. Il campo elettromagnetico presente in un dato punto dello spazio è definito da due vettori: il *campo elettrico* e l'*induzione magnetica*. Il primo, misurato in V/m, dipende dall'intensità della corrente e dal voltaggio del sistema, mentre l'induzione magnetica – che si misura in  $\mu\text{T}$  - dipende dalla permeabilità magnetica del mezzo. Il rapporto tra l'induzione magnetica e la permeabilità del mezzo individua il *campo magnetico*.

Le grandezze caratterizzanti il campo elettrico ed il campo magnetico sono in generale intercorrelate, fatta eccezione per i campi a frequenze molto basse, per le quali il campo elettrico ed il campo magnetico possono essere considerati indipendenti.

In generale le correlazioni tra campo elettrico e campo magnetico sono assai complesse, dipendono dalle caratteristiche della sorgente, dal mezzo di propagazione, dalla presenza di ostacoli nella propagazione, dalle caratteristiche del suolo e dalle frequenze in gioco.

La diffusione del campo elettromagnetico nello spazio avviene nello stesso modo in tutte le direzioni; la diffusione può essere comunque alterata dalla presenza di ostacoli che, a seconda della loro natura, inducono sul campo elettromagnetico riflessioni, rifrazioni, diffusioni, assorbimento, ecc. La diffusione del campo elettromagnetico può essere alterata anche dalla presenza di un altro campo elettromagnetico.

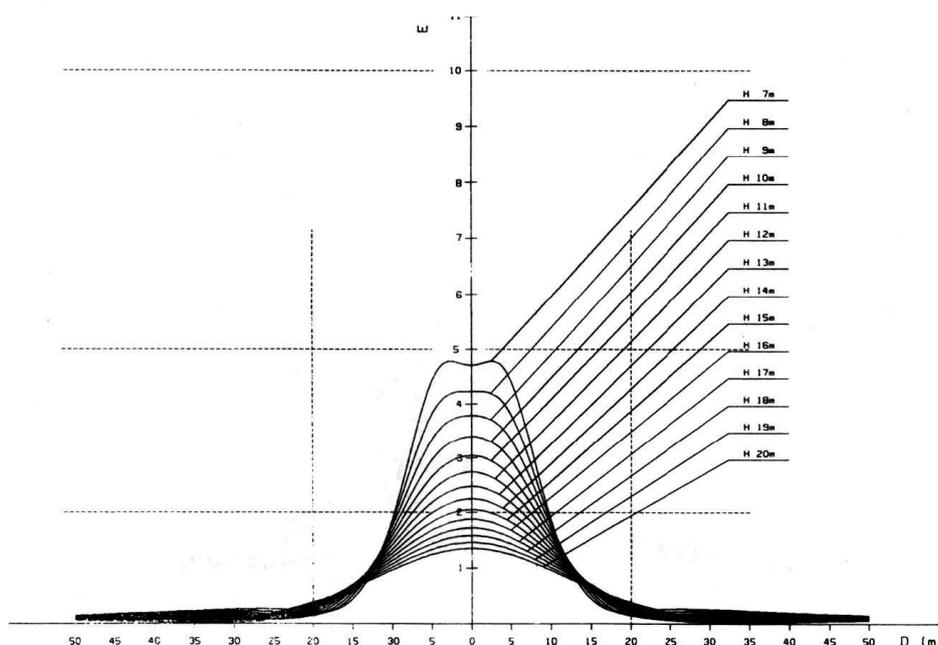


Figura 5 - Andamento tipico del campo di induzione magnetica.



Nel presente documento si esaminano le apparecchiature e le infrastrutture necessarie alla realizzazione del progetto proposto, con particolare riguardo alla generazione di campi elettromagnetici a bassa frequenza.

Tutte le componenti del progetto operano, infatti, alla frequenza di 50 Hz, coincidente con la frequenza di esercizio della rete di distribuzione elettrica nazionale.

### 5.1. Campo Elettrico

Tutti i cavi interrati sono schermati nei riguardi del campo elettrico, che pertanto risulta pressoché nullo in ogni punto circostante all'impianto.

### 5.2. Campo Magnetico

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- Distanza dalle sorgenti (conduttori);
- Intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- Disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- Presenza di sorgenti compensatrici;
- Suddivisione delle sorgenti (terne multiple);

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

I valori di campo magnetico, risultano notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti. Questi saranno posti a circa 1,35 m di profondità e generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità del campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita dell'energia legati alla potenza reattiva vista anche la lunghezza del cavidotto MT di collegamento tra il parco fotovoltaico e la Sottostazione Produttore. Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata.

### 5.3. Metodologia di calcolo dei campi magnetici

Per il calcolo del campo di induzione magnetica deve applicarsi la prima formula di Laplace, riferentesi ad un circuito generico filiforme percorso da una corrente  $i$  (Fig.6):

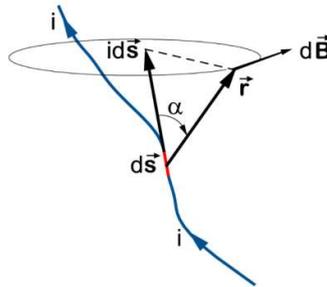


Figura 6 - Schema per il calcolo del campo magnetico

$$(1) \quad d\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^2} i \, d\mathbf{s} \times \mathbf{r}$$

Laddove:

- $i$  è il modulo della corrente che circola nel conduttore;
- $ds$  è il vettore infinitesimo tangente al conduttore;
- $\mathbf{r}$  è il vettore posizione del punto in cui si vuole determinare il campo;

Applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, valido anche per i fenomeni magnetici, si ottiene il valore del vettore  $\mathbf{B}$  integrando lungo l'intero circuito percorso dalla corrente  $i$ :

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{1}{r^3} i \oint_C d\mathbf{s} \times \mathbf{r}$$

Nel caso particolare di filo rettilineo indefinito percorso da una corrente stazionaria  $i$  vale la Legge di Biot e Savart, che è un caso particolare della (1), sebbene dal punto di vista storico sia stato ricavato sperimentalmente prima della formulazione di Laplace:

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\mathbf{s} \times \mathbf{r}}{r^2} i$$

Per il calcolo operativo ci si è avvalsi di un programma di calcolo della NOFIELD s.r.l., il MAGIC (*MagneticInductionCalculation*) Ver. 1.02.

Elaborato:  
**Relazione tecnica generale per la  
valutazione previsionale dei campi  
elettromagnetici**  
Proponente:  
**AM ENERGY 2 S.r.l.**



STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA  
MEZZINA dott. Ing. Antonio



La necessità della valutazione della DPA (Distanza di prima approssimazione) secondo quanto richiesto dal decreto 29/05/2008, in cui è stata approvata la metodologia di calcolo per la procedura di misura e valutazione dell'induzione magnetica generata da elettrodotti nel rispetto dei principi della Legge Quadro 36/01 e del D.P.C.M. 8 Luglio 2003, richiede spesso di tener conto della complessità delle sorgenti di campo magnetico in esame, della loro tridimensionalità e dell'effetto prodotto dalla combinazione delle stesse.

MAGIC è un software per la valutazione dei livelli di induzione magnetica generati dalle più ricorrenti sorgenti di campo magnetico ai fini della valutazione di impatto ambientale e della determinazione delle fasce di rispetto.

## 6. CONFIGURAZIONI IMPIANTISTICHE DA ANALIZZARE

In relazione a quanto analizzato e descritto al paragrafo precedente si è proceduto ad individuare le sezioni maggiormente critiche, ovvero quelle in cui le correnti complessive di esercizio possono ritenersi massime, per compiere un'analisi previsionale del campo magnetico indotto.

L'analisi è stata compiuta sugli elettrodotti interrati che costituiscono la linea interna al Parco e la linea dorsale, che per la loro posizione lungo strade esistenti e al di sotto di terreni agricoli potenzialmente frequentati dalla popolazione costituiscono fattore di potenziale rischio.

**L'indagine del campo magnetico generato all'interno e nelle immediate vicinanze delle cabine di trasformazione bT/MT e della SSE esula dagli scopi della presente relazione, trattandosi di siti interclusi alla libera circolazione e nei quali il tempo di permanenza degli addetti ai lavori è tale da non costituire significativo rischio per la salute, ma se ne riporta tuttavia uno studio in condizioni di corrente limite sopportabile dagli impianti.**

All'interno del Parco e lungo la dorsale sono individuabili complessivamente 4 tipologie di posa per gli elettrodotti: da una a sei terne, secondo il tratto.

## 6.1. Tipologie di posa

Di seguito si riportano alcune tipologie delle sezioni di scavo del progetto che riguardano sia i cavi interni che esterni al parco fotovoltaico:

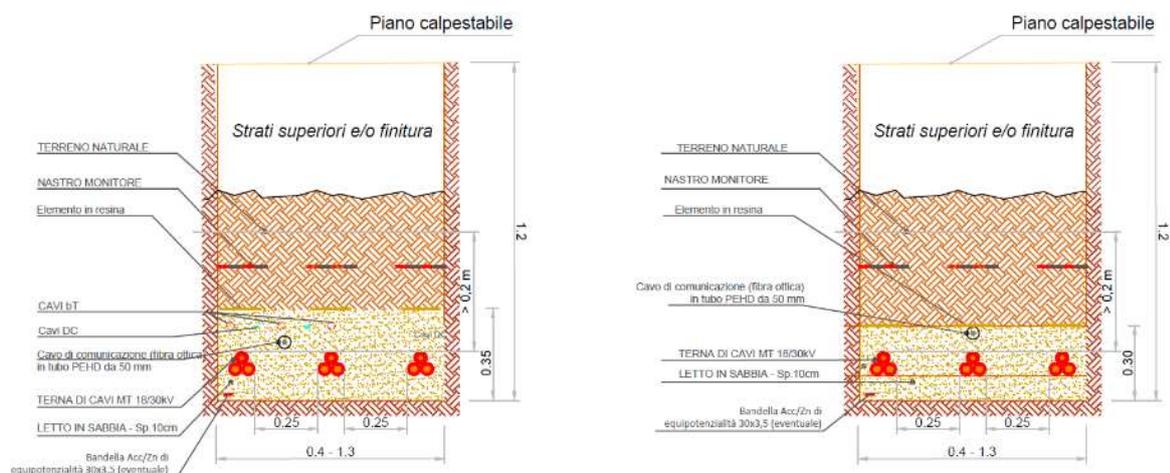


Figura 8 - Particolare: tipico scavo MT; a sinistra, con presenza di cavi bT.

## 7. MODALITA' DI INDAGINE DEL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA PREVISIONALE

L'esplorazione previsionale del campo magnetico generato dalle configurazioni impiantistiche tipo è stata effettuata lungo una linea di esplorazione rettilinea, della lunghezza di 10m, trasversale rispetto alle terne e situata ad una quota di 1,5m al di sopra del piano di campagna, secondo quanto rappresentato in Fig.9:

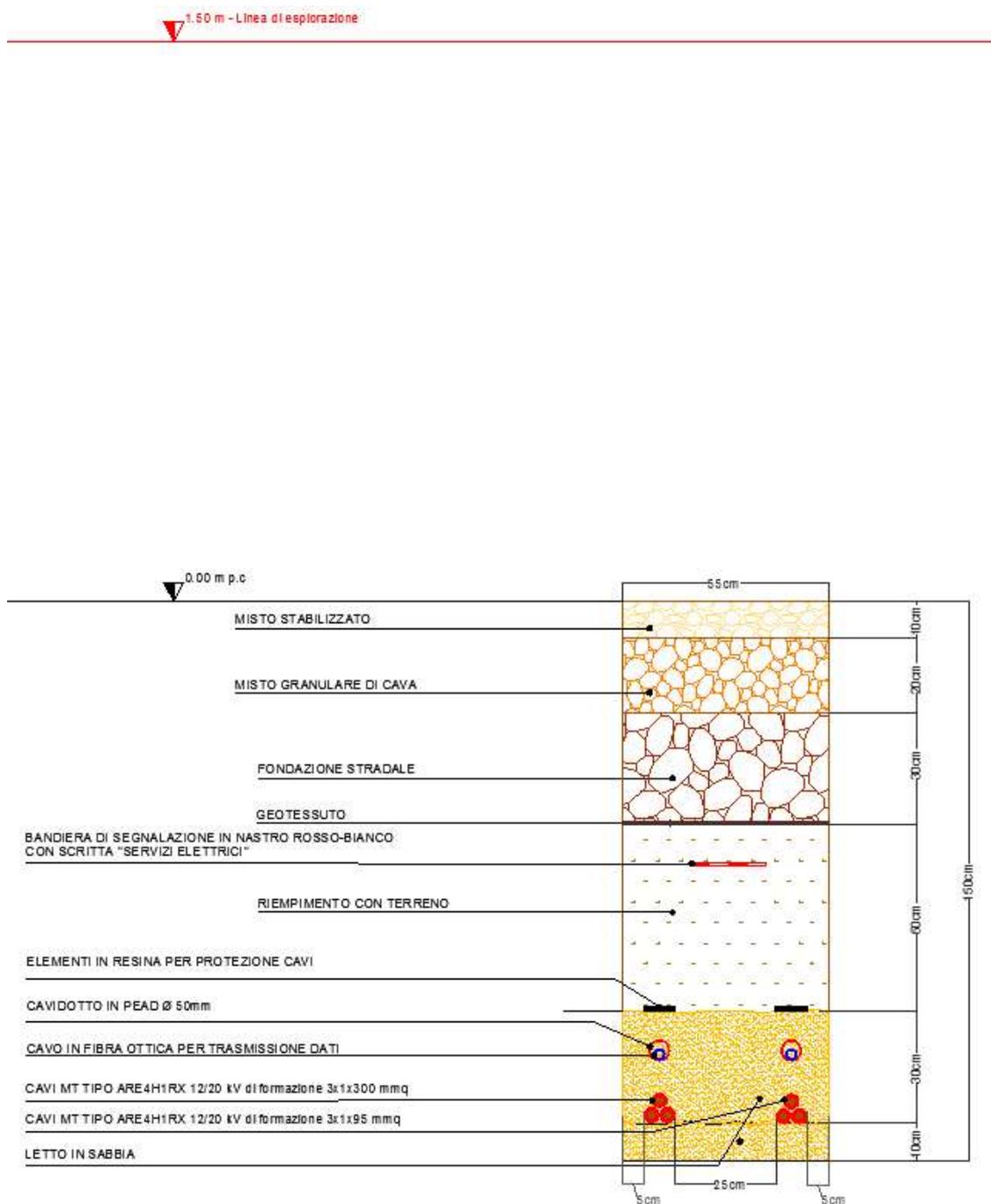


Figura 9 - Rappresentazione della Linea di Esplorazione del campo magnetico rispetto ad un elettrodotto interrato tipo.

## 7.1. Casi di analisi previsionale MT

Di seguito si riporta una tabella con la costituzione dei tratti di linee MT, la loro lunghezza e le rispettive correnti di linea, riferite ad una tensione nominale pari a 30kV:

SOTTOCAMPO	DATI DELLA LINEA						CORRENTE Linea (max)
	Denominazione TRATTA	LUNGHEZZA GEOMETRICA	LUNGHEZZA ELETTRICA	SEZIONE	NUMERO MAX CIRCUITI RAGGRUPPATI	NUMERO TERNE	
		[m]	[m]	[mm <sup>2</sup> ]	I		I [A]
M1	M1.1 - M1.2	378	388	120	2	1	80,28
	M1.2 - M1.3	777	787	120	2	1	160,57
	M1.3 - M1.4	87	97	240	2	1	240,85
	M1.4 - M1.5	509	519	400	2	1	321,13
	M1.5 - M1.6	463	473	400	2	2	200,71
	M1.6 - M1.7	450	460	400	2	2	240,85
	M1.7 - CdR_M	11	21	400	3	2	260,92
M2	M2.1 - M2.2	71	81	120	2	1	20,07
	M2.2 - M2.3	72	82	120	2	1	60,21
	M2.3 - M2.4	456	466	120	2	1	66,23
	M2.4 - CdR_M	1184	1194	120	3	1	96,34
Dorsale M	CdR_M - SSE	6778	6.914	400	3	2	309,09
S1	S1.1 - S1.2	138	148	120	2	1	40,14
	S1.2 - S1.3	157	167	120	2	1	80,28
	S1.3 - CdR_S	1606	1616	120	3	1	120,42
S2	S2.1 - S2.2	86	96	120	2	1	6,02
	S2.2 - S2.3	81	91	120	2	1	36,13
	S2.3 - S2.4	487	497	120	2	1	66,23
	S2.4 - CdR_S	1564	1574	240	3	1	146,52
S3	S3.1 - S3.2	137	147	120	2	1	6,02
	S3.2 - S3.3	579	589	120	2	1	12,04
	S3.3 - CdR_S	295	305	120	3	1	32,11
S4	S4.1 - S4.2	427	437	120	2	1	10,04
	S4.2 - S4.3	637	647	120	2	1	40,14
	S4.3 - CdR_S	10	20	120	3	1	70,25
Dorsale S	CdR_S - SSE	200	204	240	4	2	184,65
S5	S5.1 - S5.2	10	20	120	2	1	6,02
	S5.2 - S5.3	88	98	120	2	1	12,04
	S5.3 - SSE	470	480	120	5	1	92,32
S6	S6 - SSE	931	941	50	5	1	10,04
S7	S7.1 - S7.2	857	867	120	2	1	6,02
	S7.2 - S7.3	605	615	120	2	1	36,13
	S7.3 - S7.4	152	162	120	2	1	116,41
	S7.4 - S7.5	435	445	240	2	1	196,69
	S7.5 - S7.6	1071	1081	240	2	1	236,83
	S7.6 - S7.7	373	383	400	2	1	317,12
	S7.7 - SSE	349	359	500	5	1	323,14

Tabella 2 - Costituzione linee MT cluster generatore fotovoltaico.

I casi di seguito studiati, sono riferiti a quei tratti in cui i campi elettromagnetici risulterebbero essere massimali in condizioni di esercizio e pertanto sono stati individuati:

- **Caso 1:** trincea ospitante quattro terne di cavi MT
- **Caso 2:** trincea ospitante due terne di cavi MT
- **Caso 3:** apparecchiature AT
- **Caso 4:** linee elettriche in c.a. AT

### 7.1.1 Caso 1: Trincea ospitante quattro terne di cavi MT

Di seguito è riportato lo studio per una configurazione test con quattro terne a trifoglio posate ad 1,25m al disotto del piano campagna, e caricate tutte da una corrente massima di circa 295 A:

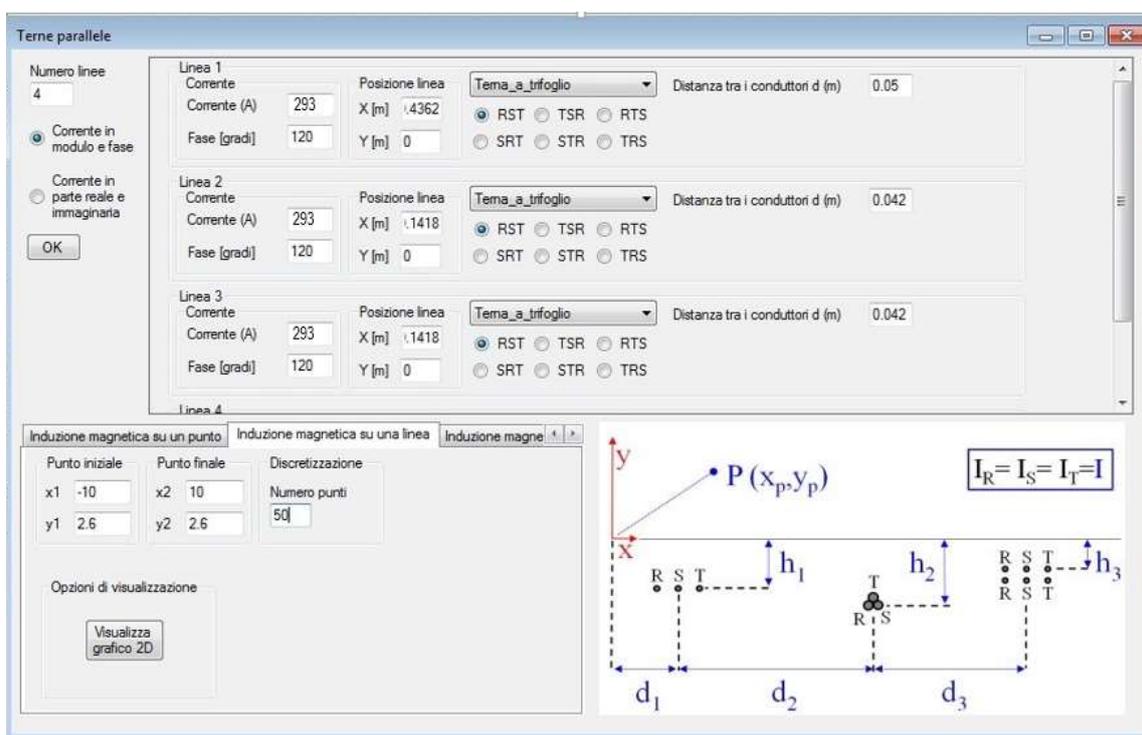
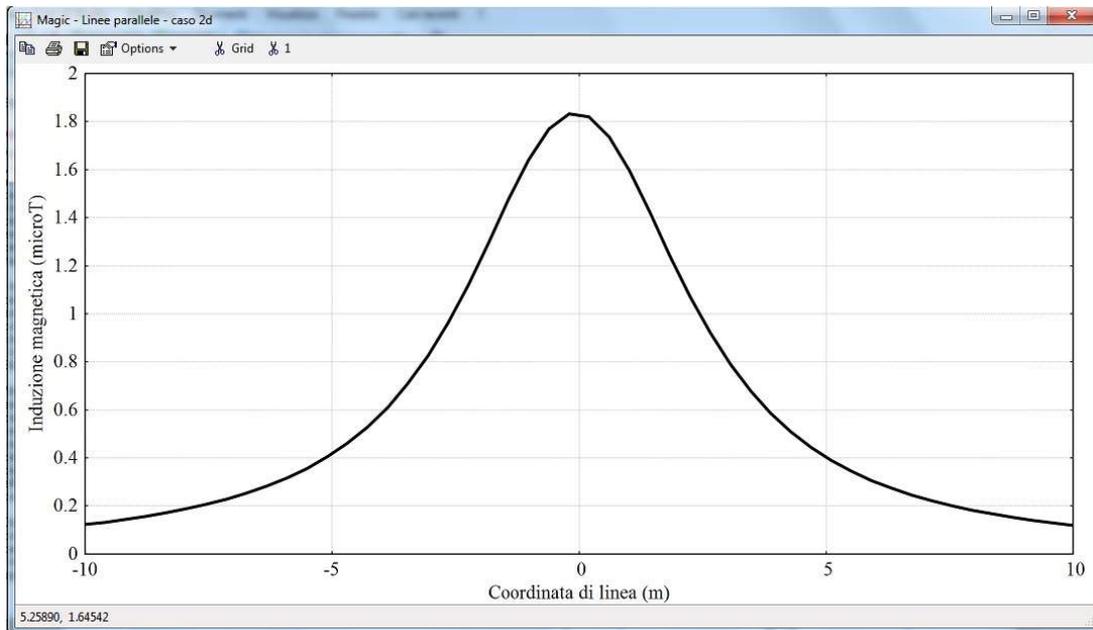


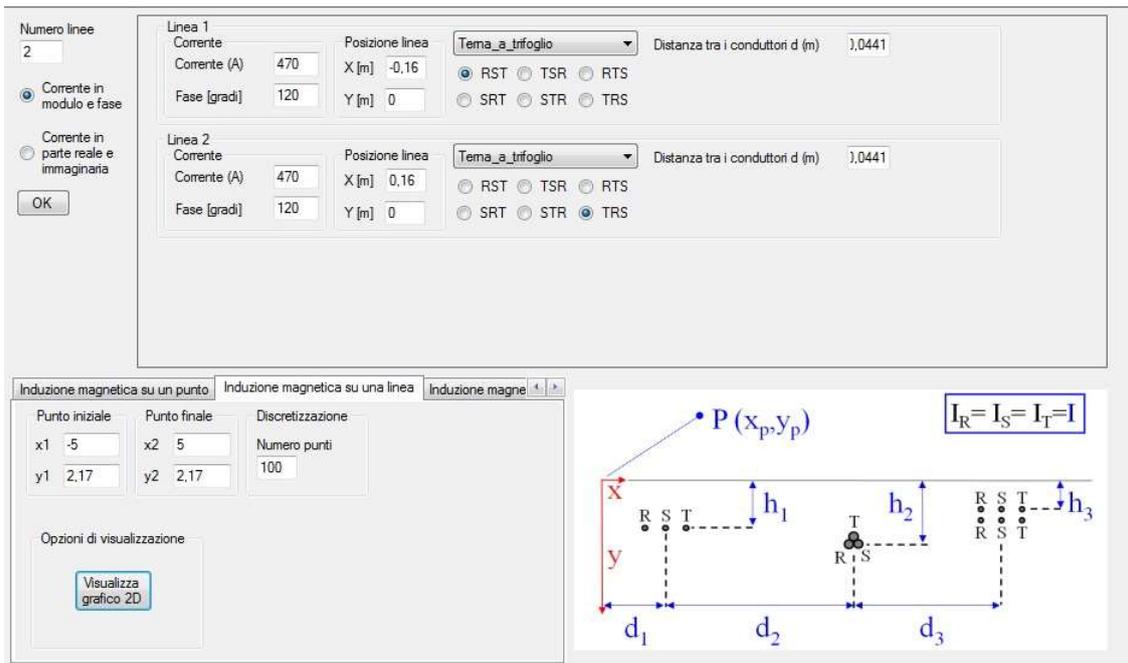
Figura 10 - Parametri inseriti nel Software per il calcolo dell'induzione magnetica rispetto ad una linea di esplorazione



*Figura 11 - Rappresentazione bidimensionale dei risultati il cui riferimento di calcolo dell'induzione magnetica è a quota pari alla linea di esplorazione (Fig. 10)*

### 7.1.2 Caso 2: Trincea ospitante due terne di cavi MT

Di seguito è riportato lo studio per una configurazione con due terne a trifoglio posate ad 1,25m al disotto del piano campagna, e caricate entrambe da una corrente massima di 470A, superiore a quella del caso di progetto:



Numero linee: 2

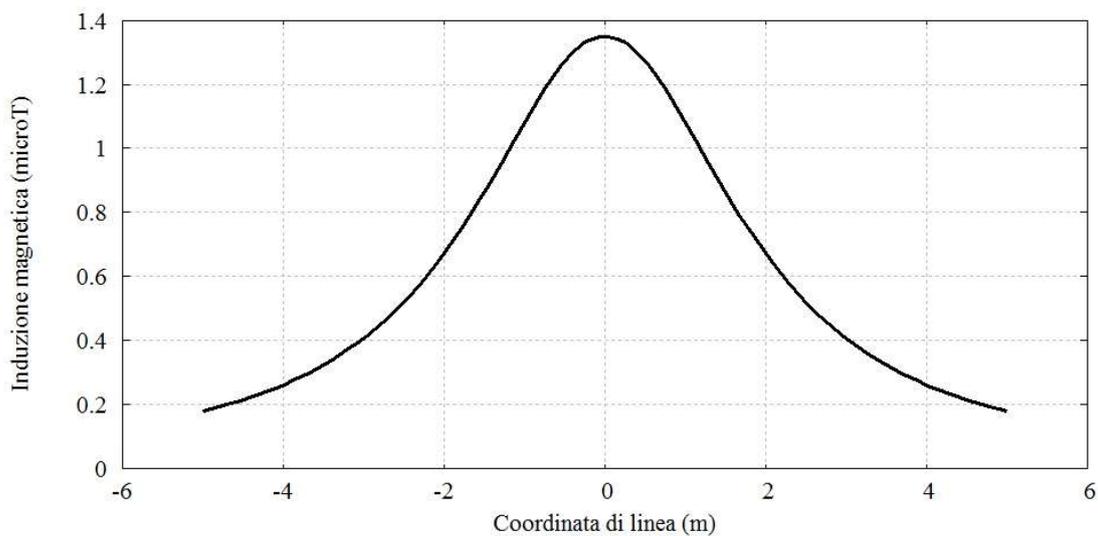
Linea 1:  
 Corrente: 470 (A)  
 Fase [gradi]: 120  
 Posizione linea: Tema\_a\_trifoglio  
 X [m]: -0,16  
 Y [m]: 0  
 Distanza tra i conduttori d (m): 0,0441  
 Selezione:  RST,  TSR,  RTS,  SRT,  STR,  TRS

Linea 2:  
 Corrente (A): 470  
 Fase [gradi]: 120  
 Posizione linea: Tema\_a\_trifoglio  
 X [m]: 0,16  
 Y [m]: 0  
 Distanza tra i conduttori d (m): 0,0441  
 Selezione:  RST,  TSR,  RTS,  SRT,  STR,  TRS

Induzione magnetica su un punto: Punto iniziale (x1: -5, y1: 2,17), Punto finale (x2: 5, y2: 2,17), Discretizzazione (Numero punti: 100). Visualizza grafico 2D.

Diagramma:  $I_R = I_S = I_T = I$ . Coordinate:  $P(x_p, y_p)$ . Distanze:  $d_1, d_2, d_3$ . Altezze:  $h_1, h_2, h_3$ .

Figura 12 - Parametri inseriti nel Software per il calcolo dell'induzione magnetica rispetto ad una linea.



0.107276, 0.752866

Figura 13 - Rappresentazione bidimensionale dei risultati il cui riferimento di calcolo dell'induzione magnetica è a quota pari alla linea di esplorazione (Fig. 12)

### 7.1.3 Caso 3: linee aeree in alta tensione

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

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

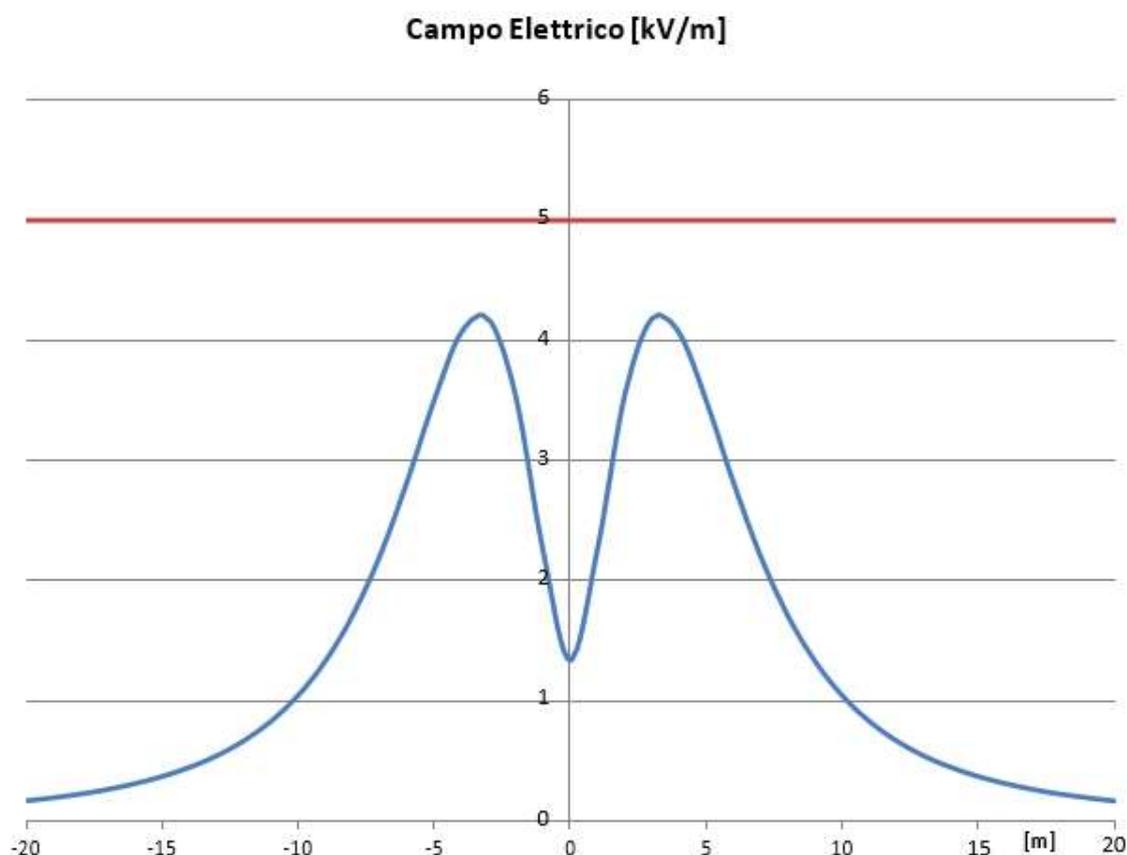


Figura 14 - Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV.

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

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



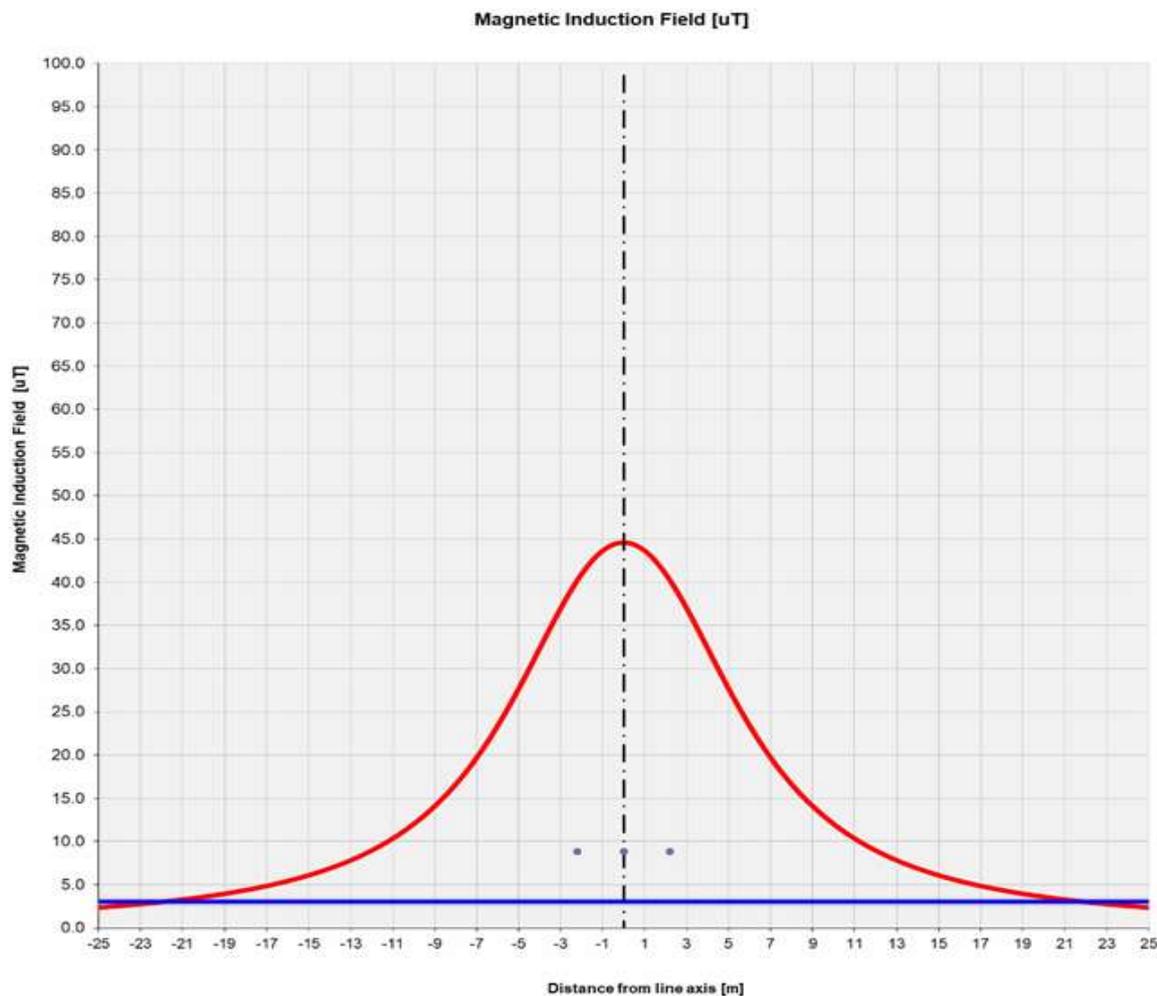


Figura 16 - Andamento del campo di induzione magnetica per  $I = 2000$  A.

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetica è inferiore al valore di  $3 \mu\text{T}$ .

La localizzazione della stazione è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate

#### 7.1.4 Caso 4: linee elettriche in c.a. AT

Ciascun cavo d'energia a 150 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a  $1600 \text{ mm}^2$  tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

#### DATI TECNICI DEL CAVO

Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	1600 mm <sup>2</sup>
Materiale del conduttore	Corde di alluminio compatta
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina	Polietilene, con grafite refrigerante
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	170 kV

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

#### DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

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

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

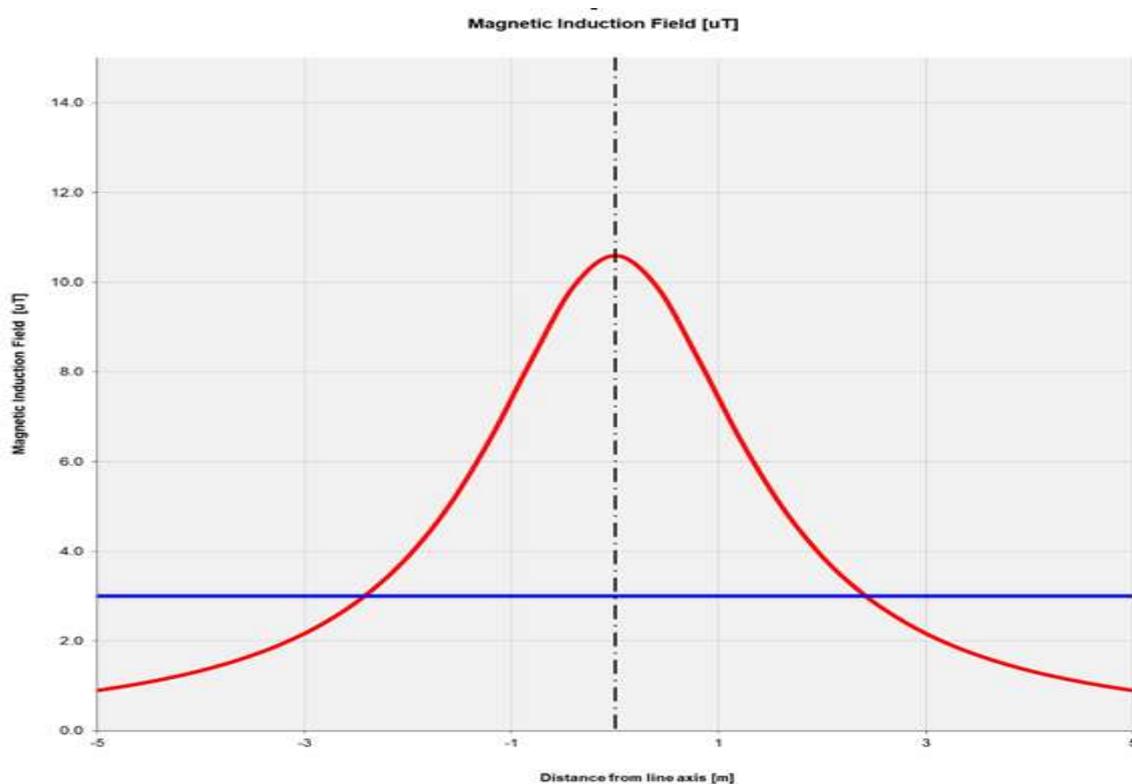


Figura 17 - Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo AT

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di 1,6 m, con un valore di corrente pari a 1000 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.

Il limite di 3 µT si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 2,5 m.

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

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

## 8. CONCLUSIONI

Come evidente dai grafici sopra riportati, in tutti i casi indagati il campo di induzione magnetica, riferita agli elettrodotti MT, si mantiene ben al di sotto del limite dei **3 $\mu$ T** dell'obiettivo di qualità descritto al par.2.

Nel caso dell'elettrodotto AT, caricato cautelativamente alla massima corrente ammissibile dal cavo, il limite di **3 $\mu$ T** si supera solo in una fascia di circa 4m, a livello del suolo, lungo il percorso del cavidotto che, come detto, sarà tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) e pertanto non soggette a permanenza prolungata di esseri umani.

Per quanto riguarda lo stallo di sezionamento, data la localizzazione in un'area nelle vicinanze della SE di Terna, e con altre stazioni di trasformazione di altri produttori già in esercizio, non si rilevano recettori sensibili a distanze inferiori a quella sopra calcolata.

Di seguito si riportano i valori dell'induzione magnetica previsionale in ciascuna delle situazioni significative sopra analizzate (Tab.3):

Casi di Studio	Induzione Magnetica ( $\mu$ T)
<b>Caso 1:</b> – Scavo a 4 Terne	<b>&lt;1,85</b>
<b>Caso 2</b> – Scavo a 2 Terne	<b>&lt;1.4</b>

*Tabella 3 - Valori calcolati dell'induzione magnetica.*

Come si evince dalla suddetta tabella in tutte le configurazioni analizzate, che sono quelle più cautelative poiché con il massimo numero di circuiti affiancati e con le massime correnti, il valore dell'induzione magnetica è significativamente inferiore al limite dell'attuale previsione normativa di **3 $\mu$ T**.

Pertanto possiamo concludere che tutte le configurazioni impiantistiche e di conseguenza l'intero impianto è tale da rispettare **gli obiettivi di qualità** di cui al DPCM 8 luglio 2003.

San Severo, Gennaio 2023

II DIRETTORE TECNICO

Ing. MEZZINA Antonio



Timbro e Firma