

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO
 CON POTENZA NOMINALE DI 38,3 MW_p
 DA REALIZZARE IN CONTRADA ZAFFARANA
 NEL COMUNE DI TRAPANI (TP)
 DENOMINATO "ZAFFARANA 38"**



REL.CMM

Relazione sull'esposizione ai campi elettromagnetici da BT e MT

Project Manager	 <p>Soluzioni Tecniche Multidisciplinari</p> <p align="center">Ing. Giuseppe Meli Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo N. 5355</p>  <p align="center"><i>Giuseppe Meli</i></p> <p>Piazza Diodoro Siculo, 4 90141 - Palermo Tel. 091-6818075 info@stm-ingegneria.it</p> <p><u>TEAM di Progettazione:</u> Ing. Davide Baldini Ing. Maurizio Savi Dott. Cristian Mancino Ing. Giovanni Termini Ing. Vincenzo Chiarelli Ing. Andrea Garramone Ing. Luca Argano</p>		Consulenze Specialistiche	 <p>TecSolis S.p.A. via Baraggino snc (Ex Cav) 10034 - Chivasso (TO) tel. 011-9173881 Email: info@tecsolis.com P.IVA 09657340015</p> <p>Ing. V. Chiarelli Ing. A. Garramone</p>	
				 <p>Green Future S.r.l. Corso Calatafimi, 421 90129 - Palermo tel. 091 - 8776799 email: g.filiberto@greenfuture.it P.IVA e C.F. 06004500820</p>	
Visto Ente					
Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato
0	05/09/2021	Prima emissione per richiesta autorizzazione	A.Garramone	V. Chiarelli	G. Meli

IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO

“ZAFFARANA 38”

Installato nel comune di TRAPANI

Progetto definitivo

Calcolo dei campi elettromagnetici

Verifica e compatibilità con i limiti di legge per

LINEE ELETTRICHE MT e BT

E

CABINE ELETTRICHE

POTENZA INSTALLATA 38,3 MWp

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Codice: REL.SC	
		Rev.: 00	Pag.: 2 / 21

Sommario

Sommario	2
SCOPO DEL DOCUMENTO – ABSTRACT	3
Normativa e Legislazione di riferimento	4
STRUMENTI UTILIZZATI PER IL CALCOLO	5
DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	5
CALCOLO DELL'INDUZIONE MAGNETICA E DEL CAMPO ELETTRICO	7
CAMPI ELETTROMAGNETICI - METODOLOGIA DI CALCOLO E VALUTAZIONE	8
Campi elettromagnetici e limiti di legge.....	8
CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DAI CAVIDOTTI MT	14
CONCLUSIONI	19

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Codice: REL.SC	
		Rev.: 00	Pag.: 3 / 21

SCOPO DEL DOCUMENTO – ABSTRACT

Scopo del presente documento è quello di valutare le emissioni elettromagnetiche, potenzialmente generabili da sorgenti di campo elettrico e magnetico e da dispositivi e componenti dell'impianto di generazione da fonte solare, quali cabine elettriche, trasformatori di tensione, cavidotti ed altro funzionanti in media e bassa tensione.

L'impianto, di potenza di 38,3 MWp, da installarsi in TRAPANI è collegato alla stazione elettrica TERNA, denominata Partanna 2, destinata all'immissione in rete AT (Alta tensione) dell'energia elettrica prodotta.

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI	Codice: REL.SC	
	RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Rev.: 00	Pag.: 4 / 21

Normativa e Legislazione di riferimento

La normativa consultata e tenuta presente nel corso della stesura della relazione è la seguente:

Caratteristiche locale cabina

CEI 99-2/3 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata. Aprile 2011.

Campi elettromagnetici

Legge 22 febbraio 2001 n. 36

Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

D.P.C.M. 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 elettromagnetici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti.

DECRETO 29 maggio 2008

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare: Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica.

Decreto 29 maggio 2008

Ministero dell'ambiente e della Tutela del territorio e del Mare: Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti

DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008 , n. 81

Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di Tutela della Salute e della Sicurezza nei Luoghi di Lavoro.

CEI 211-4

Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche. Settembre 2008.

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. Febbraio 2006.

CEI 14-35 : Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza. Febbraio 2008.

STRUMENTI UTILIZZATI PER IL CALCOLO

Multiobjective Optimization of Parallel Cable Layout - IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 43, NO. 10, OCTOBER 2007 – A. Canova – F. Freschi - M. Tartaglia

POWER LINES MADE BY MANY PARALLEL SINGLE CORE CABLES: A CASE STUDY - 1-4244-0365-0/06 (c) 2006 IEEE – F. Foschi – M. Tartaglia

Software per il calcolo dei campi magnetici: MAGIC MAGnetic Induction Calculation

-Satisshielding rel. 1.6.0.4

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto di produzione da fonte solare, è collegato alla stazione AT di Terna, denominata Partanna 2. Il campo fotovoltaico è connesso alla sottostazione AT utente tramite una terna di cavi MT. Le aree interessate dagli effetti dei campi elettromagnetici sono costituite dall'elettrodotto di collegamento (interrato) tra la sottostazione utente di trasformazione AT/MT (ubicata nei pressi della sottostazione AT Terna Partanna 2) e la cabina di distribuzione radiale posta all'interno del campo di lunghezza complessiva di 6373 m. Una terna di cavi (interrata) AT completa l'impianto di trasporto dell'energia.

SCHEMA SEMPLIFICATO DELL'IMPIANTO DI GENERAZIONE

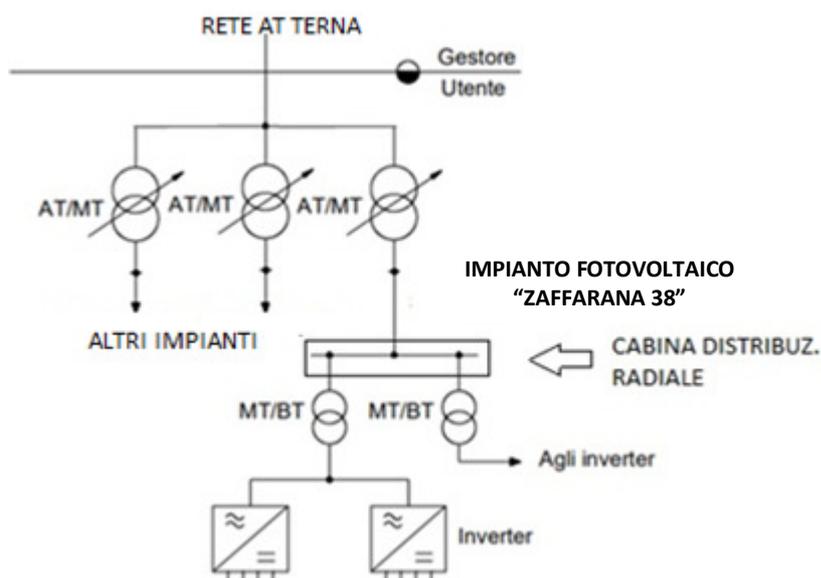


Fig. 1

L'impianto di generazione è composto da 1 cabina di distribuzione radiale, contenente le celle MT di arrivo e protezione) e 6 cabine di trasformazione MT/BT, contenenti i trasformatori MT/BT ed i quadri di parallelo BT (da inverter) .

GEOLOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI GENERAZIONE

PERCORSO DEL CAVO MT (SSE UTENTE - IMPIANTO FV)

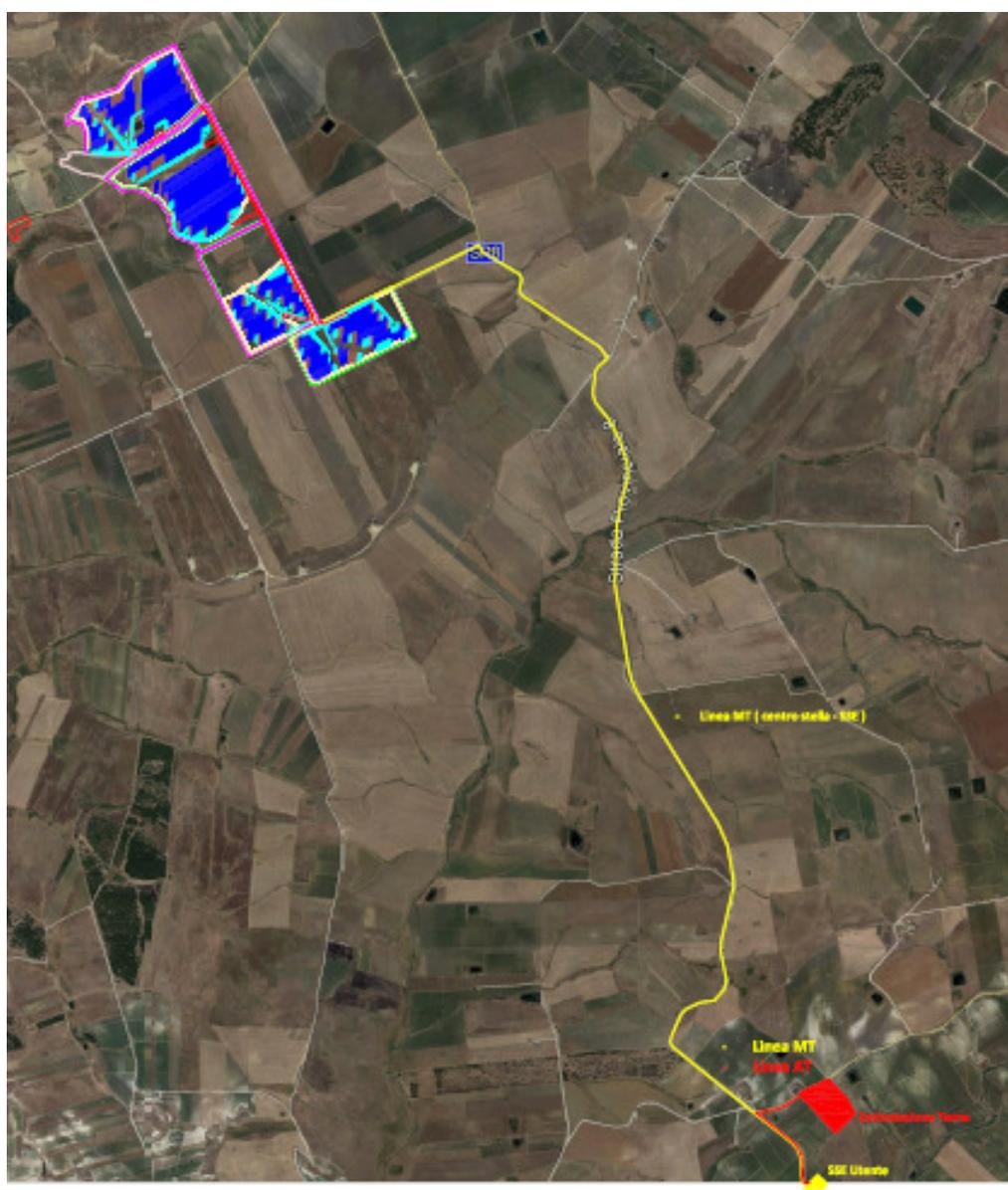


Fig. 2

DETTAGLIO POSIZIONE CABINA DI DISTRIBUZIONE MT E LAYOUT IMPIANTO FOTOVOLTAICO

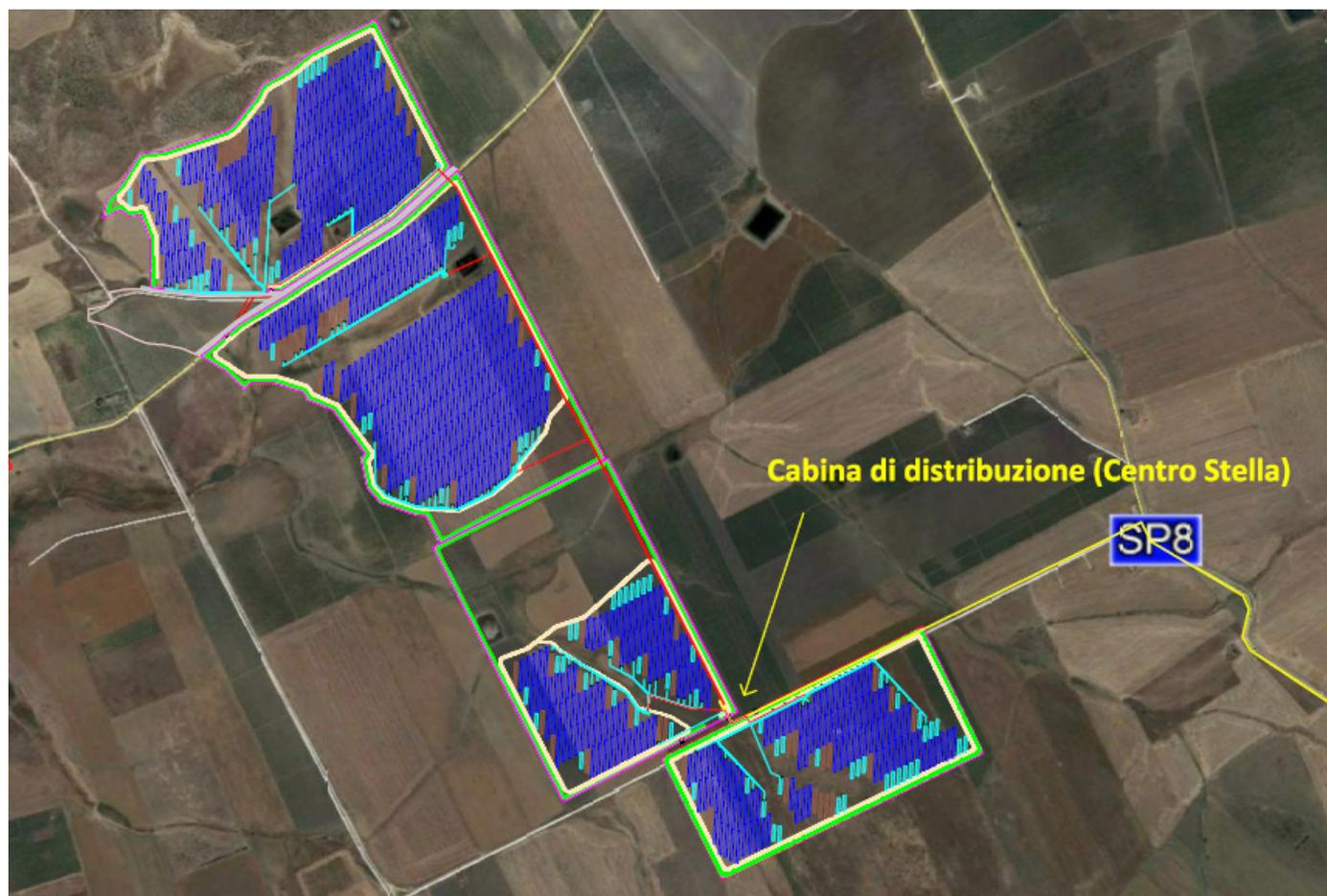


FIG. 3

CALCOLO DELL'INDUZIONE MAGNETICA E DEL CAMPO ELETTRICO

VALORE DELLA CORRENTE NELLE SINGOLE SEZIONI DI IMPIANTO DA UTILIZZARE PER IL CALCOLO DELL'INDUZIONE MAGNETICA

MT1 - Il cavidotto MT (30 kV) che collega la sottostazione utente al campo fotovoltaico utilizza una singola terna di cavi MT da 800 mm², (Inom. 836 A) prevede una corrente max 620 A, con profondità di posa pari 1,2 m

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI	Codice: REL.SC	
	RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Rev.: 00	Pag.: 8 / 21

MT2 - Le terne dei cavi MT (30 kV) che collegano la cabina di distribuzione MT, alle 6 cabine di trasformazione MT/BT possono essere rappresentate dal caso pessimo, ovvero da cabina di trasformazione avente potenza massima 7,0 MVA - I nom 135A - profondità di posa 1,2 m.

BT 1- La corrente BT (800V) massima prevista dai cavi BT, che alimentano un singolo inverter, è pari a 162 A

TABELLA DI SINTESI DELLE CORRENTI PREVISTE NELLE SINGOLE SEZIONI DI CAVO

TRATTA	POTENZA MAX	TENSIONE	CORRENTE
	[kW]	[kV]	[A]
MT 1	32.000	30	620
MT 2	7.000	30	135
BT 1	225	0,8	162

CAMPI ELETTROMAGNETICI - METODOLOGIA DI CALCOLO E VALUTAZIONE

Campi elettromagnetici e limiti di legge

Un conduttore elettrico durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza. Nei seguenti paragrafi verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale del cavidotto e nelle sue immediate vicinanze; la valutazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di +1.5 m, dal livello del suolo. Le simulazioni relative al calcolo dell'intensità del campo magnetico (induzione magnetica) sono state elaborate con il software "Magic" - utilizzando modelli di calcolo basati sul metodo standardizzato dal Comitato Elettrotecnico Italiano Norma CEI 211-4

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI	Codice: REL.SC	
	RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Rev.: 00	Pag.: 9 / 21

I campi presenti nelle cabine, generati dai componenti della stessa in tensione, ed attraversati da corrente sono il campo elettrico e quello magnetico. La frequenza industriale di 50 Hz con cui variano le grandezze elettriche degli impianti (sistemi a 30 kV ed a 400 V) consente di trattare separatamente i due campi che possiamo definire campi ELF (a frequenza estremamente bassa).

Si ricorda che in tema di campi elettromagnetici in Italia bisogna fare riferimento alla Legge Quadro n. 36 del 2001.

Il DPCM del 2003 stabilisce i limiti di campo a cui può essere esposta la popolazione.

Relativamente ai lavoratori bisogna far riferimento al decreto legislativo 81 del 2008 dedicato alla sicurezza dei lavoratori (Allegato XXXVI, Tabella 2).

Si riportano per comodità i limiti di campo prescritti, nella seguente tabella.

TABELLA LIMITI DI CAMPO

Personesposte	Limite campo elettrico, kV/m	Limite di campo magnetico, μT
Popolazione limite di esposizione	5	100
Popolazione valore attenzione	5	10
Popolazione obiettivo di qualità	5	3
Lavoratori limite di esposizione	10	500

Campo elettrico

Il limite di esposizione è pari a 5 kV/m (valore efficace) per la popolazione e 10 kV/m per i lavoratori.

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI	Codice: REL.SC	
	RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Rev.: 00	Pag.: 10 / 21

La popolazione non ha accesso alla cabina e ci si deve solo preoccupare che non ci siano campi significativi all'esterno del locale.

I lavoratori possono accedere alla cabina e quindi bisogna accertare i limiti di esposizione.

Dalla conoscenza della struttura delle cabine MT/BT e delle cabine di distribuzione MT e delle tecnologie costruttive si può concludere quanto segue:

- il campo elettrico lato BT (800 Vmax) è trascurabile per i livelli di tensione nominali;
- il campo elettrico lato MT (30 kV) nei pressi dei quadri e dei collegamenti si può ritenere trascurabile perché sostanzialmente schermato dagli involucri dei quadri MT tutti equipotenziali e connessi a terra
- il campo elettrico generato dai cavi BT a causa della tensione ridotta è trascurabile $\ll 5\text{kV/m}$
- il campo elettrico, generato dai cavi MT che prevedono gli schermi connessi a terra (cavi a campo elettrico radiale), è di valore nullo.

Campo magnetico

Si ricorda che il DPCM del 2003 stabilisce i limiti da non superare per l'esposizione della popolazione alla frequenza industriale di 50 Hz. In particolare si richiamano per l'induzione magnetica i limiti indicati nella tabella:

- il limite di esposizione pari a $100\ \mu\text{T}$
- il valore di attenzione pari a $10\ \mu\text{T}$, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere,
- l'obiettivo di qualità pari a $3\ \mu\text{T}$ per le nuove installazioni nei casi citati al punto precedente.

Esiste naturalmente anche la possibilità di esposizione dei lavoratori per interventi manutentivi in cabina.

Le sorgenti di campo, all'interno delle cabine di distribuzione MT, generano valori modestissimi di induzione magnetica, in quanto le correnti circolanti sono di entità ridotta (in rapporto 1/44) rispetto alla corrente BT. Si ricorda che relativamente agli operatori bisogna tener conto di un limite di esposizione pari a $500\ \mu\text{T}$ (direttiva CEE 40/2004 e Decreto Legislativo 81/2008).

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI	Codice: REL.SC	
	RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Rev.: 00	Pag.: 11 / 21

La situazione più sfavorevole è associabile alla corrente nominale lato BT (800V) del trasformatore di cabina avente potenza nominale massima di 7 MVA. Ipotizzando un fattore di potenza unitario, quindi si ottiene una corrente nominale di 5000A alla tensione di uscita di 800 V; si farà riferimento a questi ultimi dati per la valutazione dei campi magnetici.

Quindi all' interno delle cabine di trasformazione MT/BT si considera solo il campo lato BT del trasformatore e si assimila il campo a quello prodotto dalla linea in uscita dall'unità stessa che alimenta il quadro BT.

Seguendo il metodo suggerito della norma si può stimare il campo massimo nei pressi del trasformatore e si trova quanto segue:

TABELLA CAMPI MASSIMI NEI PRESSI DEL TRASFORMATORE/LINEA BT

distanza dal baricentro R , m	Distanza tra i conduttori linea in piano d , m	Induzione massima nella finestra di lato 2R centrata sull'asse della linea, μ T
0,25	0,3	5300
0,5	0,3	2070
1	0,3	619
1,5	0,3	123

La tabella mostra che a distanze ravvicinate (0,5 m) il campo magnetico massimo previsto di 2070 μ T è superiore al limite di esposizione dei lavoratori (500 μ T). Pertanto ci sono rischi di esposizione degli stessi quando questi operano in prossimità del trasformatore ed è necessario prevedere delle contromisure atte a riportare i valori di esposizione entro i limiti di legge, ovvero a valori < 100 μ T.

Tale distanza si può ritenere quella a cui una persona estranea alla cabina può trovarsi stazionando presso il muro periferico in prossimità della porta stessa se il trasformatore e la linea BT sono allocati nei pressi del muro che delimita il locale.

In ogni caso, per ridurre i valori di induzione massima presenti nei pressi del trasformatore si è deciso di confinare i cavi BT del trasformatore entro schermi magnetici in modo da ridurre a valori minimi l'induzione ($<50 \mu\text{T}$ a 0,25 m).

Utilizzando trasformatori MT/BT in resina, con i percorsi dei cavi BT all'interno di schermi magnetici, si ottiene una riduzione sostanziale della componente magnetica associata.

La soluzione tecnica individuata prevede l' utilizzo di trasformatori MT/BT a secco, con i percorsi dei cavi BT all'interno di schermi magnetici.

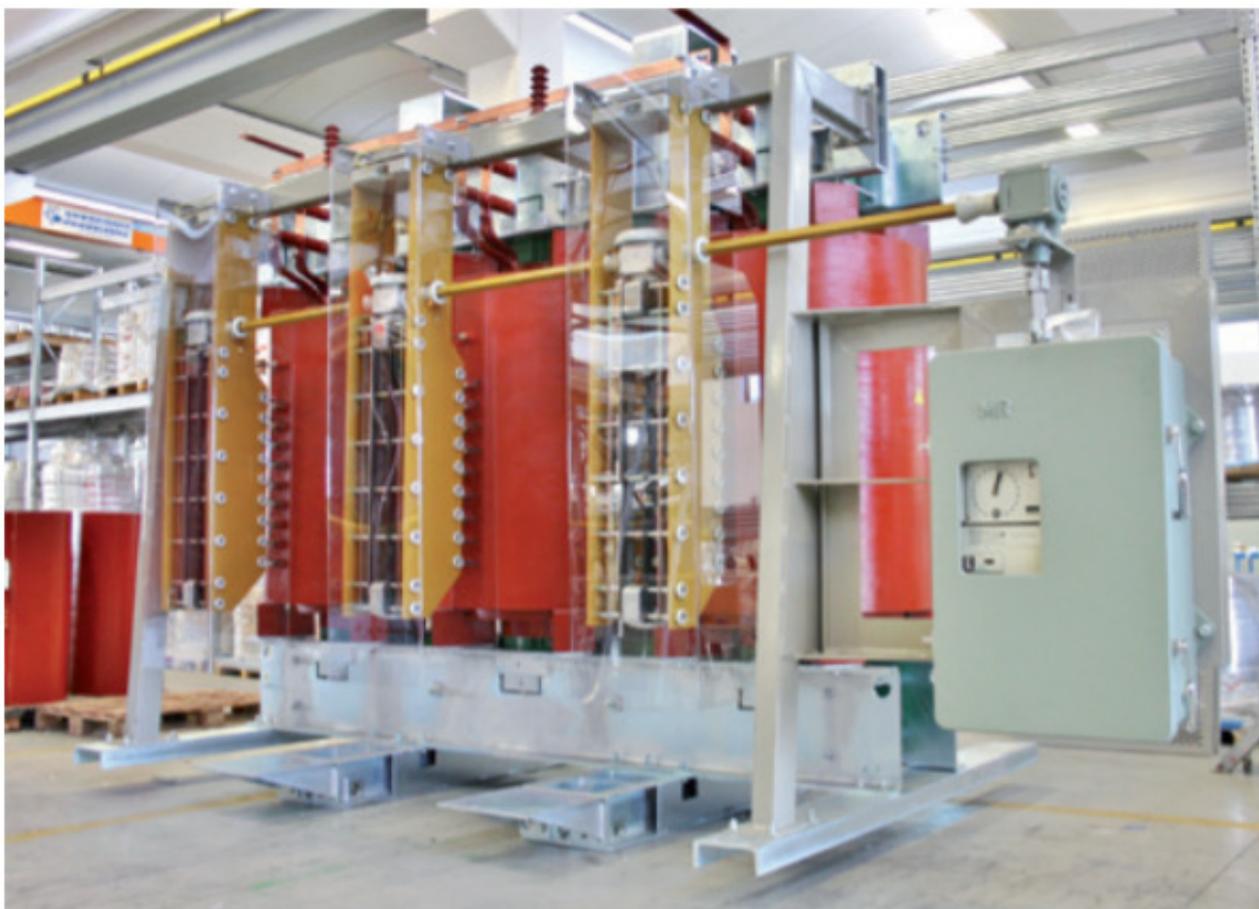


Fig. 4 - Trasformatore da 7 MVA – 30/0,8 kV- prima della schermatura – realizzazione IMEFY (AR)

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI	Codice: REL.SC	
	RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Rev.: 00	Pag.: 13 / 21

Nel caso un manutentore operasse all'interno della cabina con schermi rimossi, in questo caso si può superare il valore di attenzione in prossimità della cabina (cavi BT)

Sarà necessario apporre un cartello monitore sulle porte di tutti i locali del complesso cabine, e locale misure, raccomandando di non stazionare presso tali ambienti quando gli schermi non sono presenti: (ATTENZIONE CAMPI MAGNETICI INTENSI NON SOSTARE NEI PRESSI DI QUEST'AREA CON SCHERMI RIMOSSI) che garantisce da qualunque rischio anche la popolazione che transita nell'area (la durata dell'esposizione definita dalla Legge è convenzionalmente di 4 h).

Si sottolinea infine che le ipotesi fatte sono quelle più pessimistiche (corrente pari alla potenza massima ac generabile dall'impianto).

Si conclude affermando che il problema dell'esposizione ai campi elettrici non sussiste.

Nel caso del locale cabina utente si prenderanno i provvedimenti necessari (cartelli monitori, segnalazioni visive, procedure operative) per limitare l'esposizione dei lavoratori che devono operare presso il trasformatore.

La verifica semplificata della determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti della norma CEI 106-11 conduce a risultati paragonabili, che non vengono riportati anche perché quest'ultimo metodo è più adatto alla valutazione del campo a distanze R superiori alla distanza reciproca d dei conduttori della linea elettrica in esame.

Si ricorda che i campi sono stati calcolati usando un modello bidimensionale mediante la legge di Biot e Savart, determinando l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente ed applicando il principio di sovrapposizione degli effetti per calcolare l'induzione magnetica totale. Le correnti nei conduttori sono assunte simmetriche ed equilibrate.

Inoltre si ricorda che:

- 1) tutti i conduttori sono considerati rettilinei, paralleli, di lunghezza infinita (caso più sfavorevole);
- 2) le correnti sono considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori dei cavi;
- 3) non vengono considerate le correnti indotte negli schermi;
- 4) il suolo alla frequenza industriale non influenza il calcolo di campo magnetico effettuato.

	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI	Codice: REL.SC	
	RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Rev.: 00	Pag.: 14 / 21

CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DAI CAVIDOTTI MT

CAMPO ELETTRICO

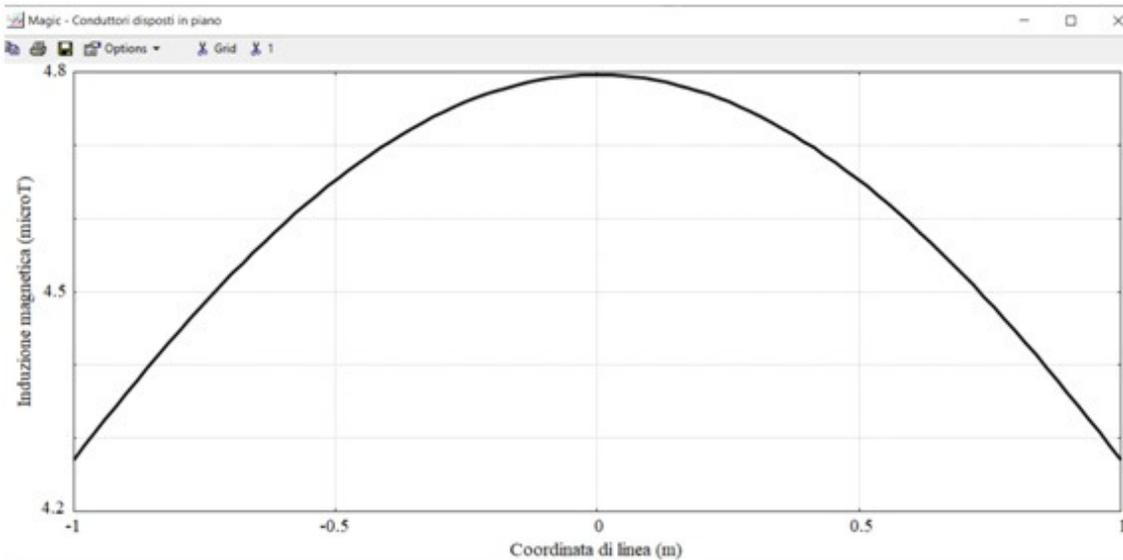
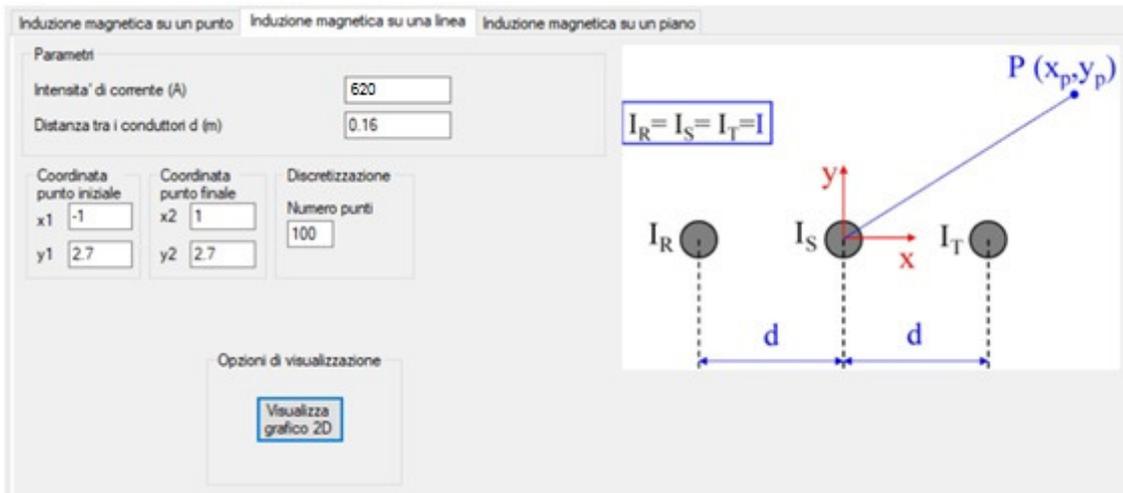
I cavi di connessione MT componenti le terne di collegamento tra il trasformatore AT/MT ed la cabina di distribuzione radiale (MT 1) e tra questa e le cabine MT/BT (MT 2) prevedono la connessione a terra degli schermi, quindi il campo elettrico è nullo.

CAMPO MAGNETICO

Per semplicità, ed utilizzando il principio di precauzione, si considera solo il valore di corrente massimo che attraversa i cavi. Si ricorda che, nel caso di impianti fotovoltaici, questo valore solo teoricamente raggiungibile. Infatti i moduli solari presentano un coefficiente di riduzione della potenza, in funzione della temperatura, (dP/dT) pari a $-0,36\%/C$. In pratica con irraggiamento solare massimo, pari a $1000W/mq$, e temperatura di cella pari a 65 gradi e con il sole perpendicolare al piano dei moduli (non possibile per inseguitori monoassiali), si ottiene una riduzione di rendimento pari a: $0,36 \times 40 = 14,4\%$, di fatto rendendo impossibile il raggiungimento della potenza ac nominale.

SINGOLA TERNA DI CONDUTTORI MT – TRATTA MT 1 -

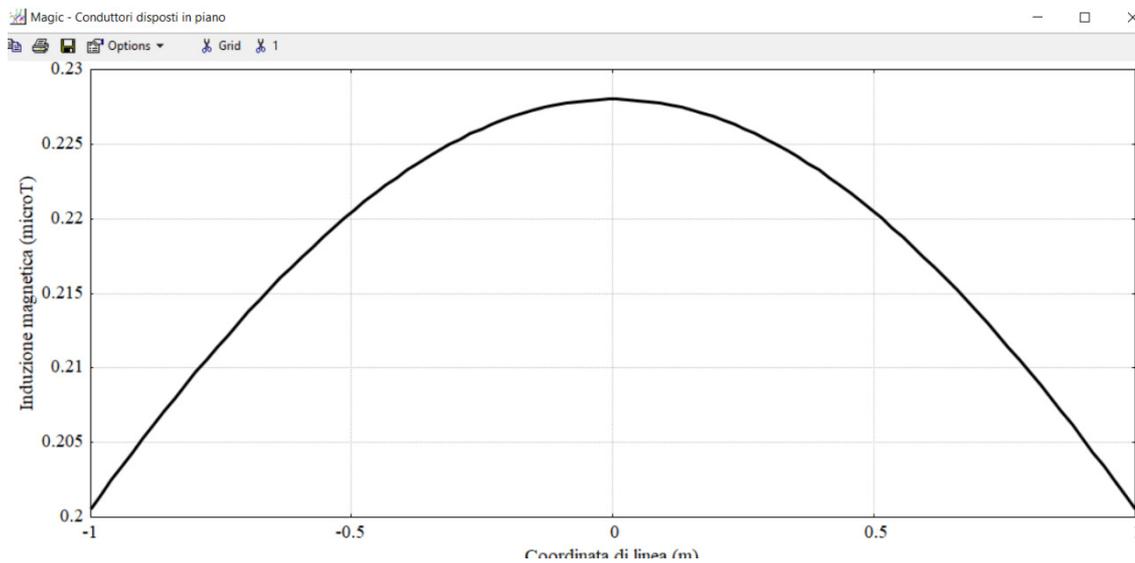
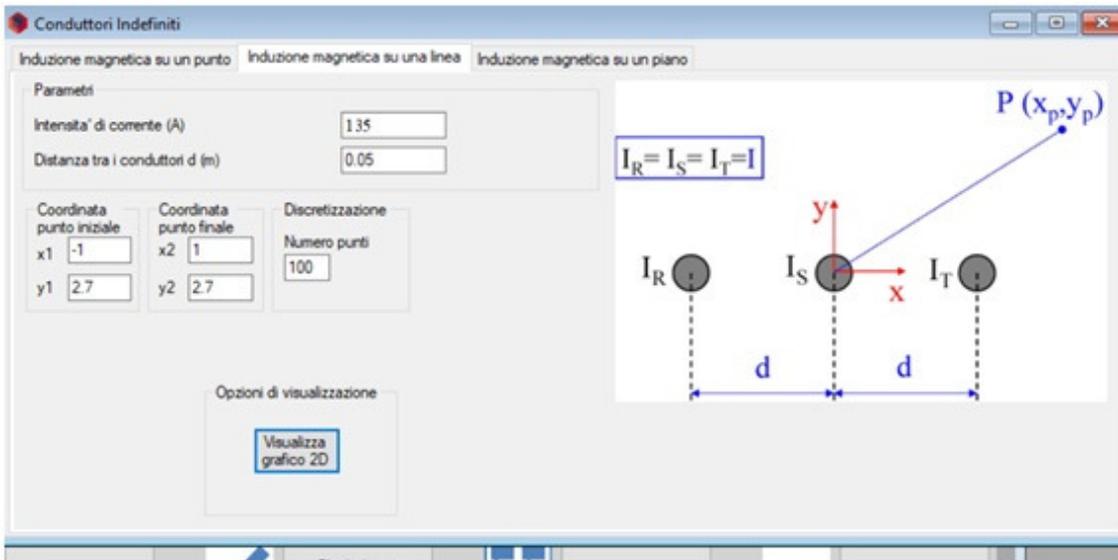
I cavi MT uscenti dalla sottostazione di trasformazione AT/MT collegano la cabina MT/MT di distribuzione in singola terna , valore di corrente massima possibile 620 A - tratta MT 1 -



SINGOLA TERNA DI CONDUTTORI - INDUZIONE MAGNETICA [µT] – h suolo: 1.5m – In: 620 A

SINGOLA TERNA DI CONDUTTORI MT – TRATTA MT 2 -

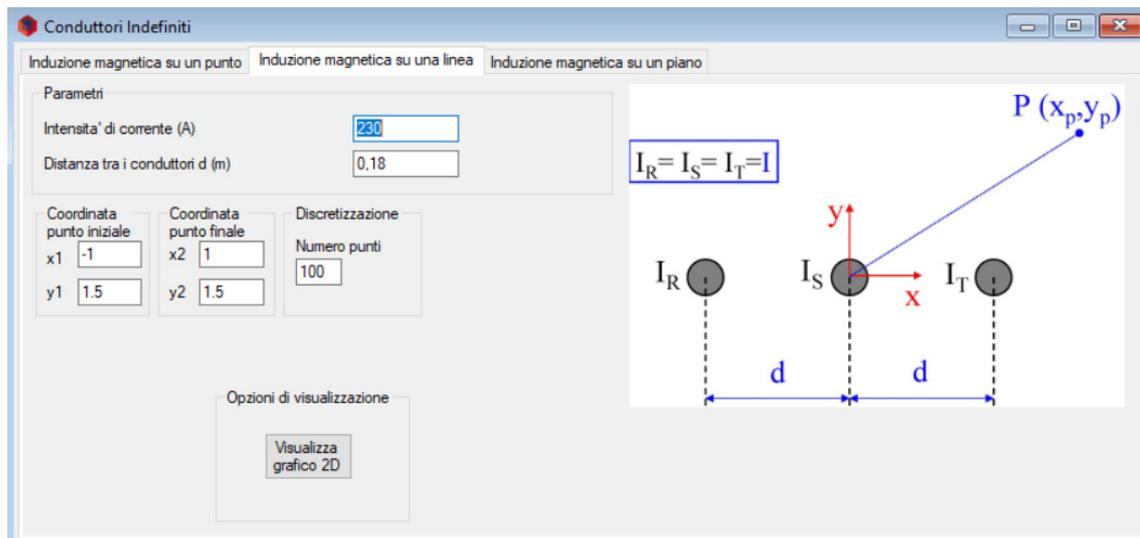
I cavi MT uscenti dalla cabina MT/MT di distribuzione alle singole cabine MT/BT, in singola terna, il valore di corrente massima possibile è pari a 135 A - tratta MT 2 -



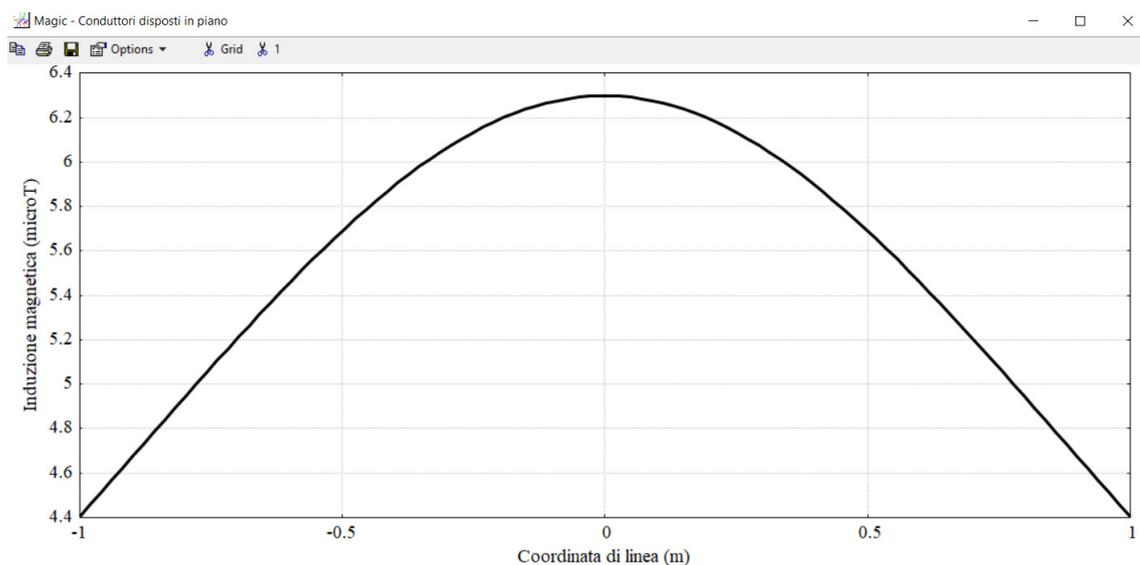
SINGOLA TERNA DI CONDUTTORI - INDUZIONE MAGNETICA [µT] – h suolo: 1.5m – In: 135 A

CAVO DI COLLEGAMENTO DA CABINA MT/BT A SINGOLO INVERTER (BT 1)

La corrente massima per ogni singolo inverter possibile è pari a 162 A, per motivi precauzionali, si è deciso di calcolare l'induzione ad una corrente pari a 230 A (+40%) e verificare che il limite di legge sia in ogni caso rispettato (la distanza tra cavi è stata incrementata).



SINGOLA TERNA DI CONDUTTORI - INDUZIONE MAGNETICA [uT] – h suolo: 1.5m – In: 230 A

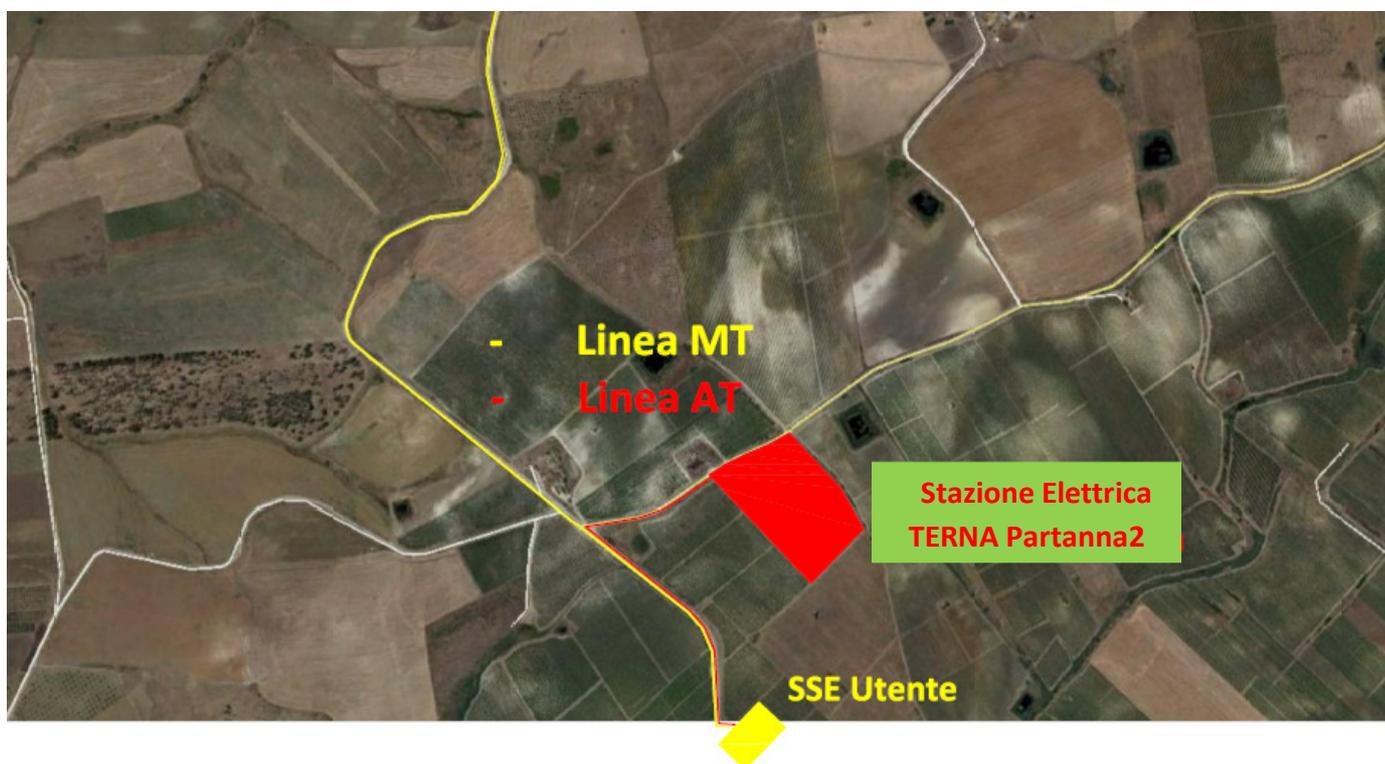


CAVO LINEA AT – CALCOLO DEL CAMPO ELETTRICO E DELL' INDUZIONE MAGNETICA –

La SE Partanna 2 è collegata alla SSE utente dell'impianto FV con una terna di cavi AT di lunghezza inferiore a 700 m. La corrente è < 100 A.

Utilizzando una disposizione dei cavi simile alla tratta BT2 (I calcolo = 135 A) si ottiene che:

- L'induzione magnetica è sempre $\ll 10$ [uT]
- Il campo elettrico è nullo perché il cavo è dotato di schermo



	CONNESSIONE ALLA RTN DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ZAFFARANA 38" - COMUNE DI TRAPANI RELAZIONE TECNICA: CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Codice: REL.SC	
		Rev.: 00	Pag.: 19 / 21

CONCLUSIONI

CAMPO ELETTRICO

Il campo elettrico generato dai componenti e dai cavi dell'impianto solare rientra ampiamente nei limiti di legge ($< 5\text{kV/m}$), perché nei cavi BT si utilizzano tensioni ridotte (800V). In presenza di tensioni elevate (MT), i cavi, le celle di protezione ed i trasformatori sono schermati, il campo elettrico è nullo o trascurabile, quindi non vi sono rischi per la salute.

CAMPO MAGNETICO

Il valore dell'induzione magnetica rientra ampiamente nei limiti di legge in tutte le situazioni ($< 10\mu\text{T}$), ed ove le correnti sono elevate (cavi BT in uscita dai trasformatori) si utilizzano schermi magnetici e trasformatori con schermi magnetici adeguati.