



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI CASTELLUCCIO DEI SAURI (FG)



COMUNE DI DELICETO (FG)

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO NELLA LOCALITA' "CATENACCIO" DEL COMUNE DI CASTELLUCCIO DEI SAURI (FG) DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 75.053,04 KWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 55.000 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE UBICATE NEL COMUNE DI DELICETO (FG)

ELABORATO N. B04	NOME ELABORATO: RELAZIONE DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA	SCALA
-------------------------	---------------------------------------------------------------------	-------

COMMITTENTE CATENACCIO SOLAR PARK S.R.L. VIA ATHENA N.29 84047 - CAPACCIO PAESTUM P.IVA 06055400656	FIRMA E TIMBRO IL TECNICO 	PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO  M.E. Free Srl Via Athena, 29 Cap 84047 Capaccio Paestum P.Iva 04596750655 Ing. Giovanni Marsicano
SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI		

Aggiornamenti	N°	Data	Cod. Stmg	Nome File	Eseguito da	Approvato da
	Rev 0	GIUGNO 2022	202100644	MMIT_CSD_B04	Ing.Giovanni Marsicano	Ing.Giovanni Marsicano

COMUNI DI:
CASTELLUCCIO DEI SAURI - DELICETO
Località "CATENACCIO"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO VOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 75.053,04 kWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 55.000 KW NEI COMUNI DI CASTELLUCCIO DEI SAURI (FG) E DELICETO (FG) IN LOCALITA' CATENACCIO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)

ELABORATO:
RELAZIONE DI VERIFICA DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA DEGLI IMPIANTI

Elaborato: MMIT_CSD_B04

Committente :

CATENACCIO SOLAR PARK SRL

Via Athena nr. 29
84047 Capaccio Paestum (Sa)
P.IVA 06055400656

Progettazione:



Sede Legale e operativa:

Via Athena nr .29
84047 Capaccio Paestum (Sa)
P.IVA 04596750655

Indice

1. PREMESSA	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	5
4. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO	8
5 CARRATERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	9
5.1 CARATTERISTICHE DEL GRUPPO DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE	11
Il gruppo di conversione e trasformazione	11
Inverter (Convertitori CC/CA).....	14
Trasformatori BT/MT	14
Quadri corrente alternata (QCA).....	14
5.2 CARATTERISTICHE DELLE CABINE DI RACCOLTA IN MT	15
5.4 CAVI ELETTRICI	16
5.4.2 Caratteristiche generali cavo interrato in MT	16
Caratteristiche tecniche generali	20
6 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	22
6.1 Campi elettromagnetici impianto fotovoltaico	22
7.ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI	47
8 CONCLUSIONI	48

1. PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi. L'impianto fotovoltaico sorgerà in località "Catenaccio" nei Comuni di Castelluccio dei Sauri(Fg) e Deliceto(Fg) con relative opere di connessione ricadenti sempre nel Comune di Ascoli Satriano (Fg) in località La Mezzana. L'impianto fotovoltaico di progetto avrà una potenza nominale di picco in DC pari a 75.053,04 kWp con una corrispondente potenza in immissione in AC di 55.000 kW. Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico è stato valutato in considerazione della disponibilità di superficie sulla quale installare i moduli fotovoltaici e della distanza dal punto di connessione. In particolare per l'impianto 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 sopra dette. Nel presente studio sono state prese in considerazione le condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti. Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 20 m dall'asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003. Nel DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

"Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];

"A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non

inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio."
[art. 3, comma 2];

"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ 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 di qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μ 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 elettrica (circa 55.000 kW).

Come detto, il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000MHz. Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

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

Intervallo di frequenza	Intensità del Campo elettrico E (V/m)	Intensità di Campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m ²)
0,1 < f <= 3 MHz	60	0,2	-
3 < f <= 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f <= 3000 GHz	40	0,01	4

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.

Intervallo di frequenza	Valore efficace di intensità di Campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità d di Campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza dell'Onda piana equivalente (W/m ²)
0,1 < f ≤ 3000 GHz	6	0,016	0,10 (3MHz-300GHz)

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

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

Intervallo di frequenza	Valore efficace di intensità di Campo elettrico E (V/m)	Valore efficace di intensità d di Campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza dell'Onda piana equivalente (W/m ²)
0,1 < f ≤ 3000 GHz	6	0,016	0,10 (3MHz-300GHz)

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.

3. DESCRIZIONE GENERALE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il progetto prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva in DC di **75.053,04 kWp** a cui corrisponde una potenza di connessione in AC di **55.000 kW**. L'impianto fotovoltaico è stato configurato con un sistema ad inseguitore solare mono-assiale. L'inseguitore mono-assiale utilizza una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la perfetta angolazione. L'inseguitore solare orienta i pannelli fotovoltaici posizionandoli sempre nella direzione migliore per assorbire più radiazione luminosa possibile. L'impianto nel suo complesso prevede l'installazione di 137.712 pannelli fotovoltaici monocristallino, per una potenza di picco complessiva di **75.053,04 kWp**, raggruppati in stringhe del singolo inseguitore e collegate direttamente sull'ingresso dedicato dell'inverter. Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (inseguitore) saranno fissate al terreno attraverso dei pali prefabbricati in acciaio dotati di una o più eliche, disponibili in varie geometrie e configurazioni che verranno avvitate nel terreno. Complessivamente saranno installati nr. 1904 inseguitori da 64 moduli in configurazione verticale, nr. 113 inseguitori da 48 moduli in configurazione verticale, nr. 229 inseguitori da 32 moduli in configurazione verticale e nr. 194 inseguitori da 16 moduli in configurazione verticale che saranno installati a una distanza di pitch uno dall'altro in direzione est-ovest di 10,596 metri. Il modello di modulo fotovoltaico previsto è "**LR5-72 HBD 545 M bifacciale**" della **LONGI SOLAR** da **545 Wp** bifacciale in silicio monocristallino. L'impianto fotovoltaico interesserà complessivamente una

superficie contrattualizzata di **139 Ha** di cui soltanto circa **36,23 Ha** saranno occupati dagli inseguitori, dalle cabine di trasformazione e consegna, dalle strade interne, dalla SE di utenza, mettendo così a disposizione ampi spazi per le compensazioni ambientali e di mitigazione degli impatti visivi dell'impianto fotovoltaico oltre che per la coltivazione. L'impianto agro fotovoltaico sarà realizzato in agro del Comune di **CASTELLUCCIO DEI SAURI (FG) e DELICETO (FG)** in località "CATENACCIO" ai seguenti Fogli e particelle:

Comune di Castelluccio dei Sauri al:

Foglio 18 p. 307,158,73, 155,43, 155,40,306,463,249,272,16,69,470,37,93,92,10,299,108

Foglio 15 p.214,215,47,49,219,34,51,53,108,104,174,46,33,63,64,110,126,156,157,158,205,231,127,111,285,176,206

e al NCT del Comune di Deliceto al F.28 P. 166,211,575,577

Le opere di connessione e la SE di Utenza cadranno nel Comune di Ascoli Satriano (Fg) al

Foglio 57 p. 86 del Comune di Ascoli Satriano (Fg)

L'impianto fotovoltaico è essenzialmente suddiviso in 3 CAMPI aventi le seguenti estensioni, ubicazioni catastali e coordinate geografiche di riferimento:

Comune	Campo	Foglio	Particelle	Ha Tot. Particelle	Ha	Ha occupati dalle strutture	Coordinata E (UTM WGS84)	Coordinata N (UTM WGS84)
					interessati dal progetto fotovoltaico			
Castelluccio dei Sauri (FG)	1	18	F.18 P.307-158-73-155-43-40-306-463-249-108--272-16-69-470-37-93-92-10-299	75,58	68,61	15,49	538428	4569270
Castelluccio dei Sauri (FG)	2	15-18	P.15 P. 214-215-47-49-219-34-51-53-104-174-46-33-63-64-110-126-156-157-158-205-231-127-111-285-176-206- F.18 P.108	51,88	52,72	16,83	539675	4570915
Deliceto (FG)	3	28	F.28 p. 575-166-211-577-576-	24,65	17,12	3,91	539847	4564874



Ascoli Satriano (FG)	Substation	57	86	30	0,79	541157	4562734
TOTALI				179,12	139,24	36,23	

Le aree impegnate dalle opere sono costituite da terreni in parte pianeggianti e in parte collinari con pendenze molte basse rivolti verso sud -sud ovest con elevazione s.l.m. variabili da 225 m. ai 298 m. per ciascun campo fotovoltaico tali da avere un'esposizione ottimale e una conformazione morfologica ideale per il posizionamento delle strutture di tracker ad inseguimento est-ovest. Le aree di impianto fotovoltaico sono servite da una buona rete di viabilità esistente costituita da strade comunali e interpoderali sterrate che dai campi fotovoltaici portano sino sulla SP 104 e SP 106. La connessione dell'impianto alla RTN è prevista in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV del futuro ampliamento della SE 380/150 kV di terna della RTN di Deliceto (anche detta SE 380/150 kV di Deliceto nel prosieguo) come previsto nel preventivo di connessione rilasciato da Terna Spa e regolarmente accettato – **STMG cod. id. 202100644**. L'impianto fotovoltaico sarà collegato tramite un cavidotto interrato di circa 8,5 km totali in media tensione che a partire dal campo 2 più lontano al punto di connessione conetterà tutti i campi fotovoltaici fino alla SE 30/150 kV ubicata al F. 57 p. 86 del Comune di Ascoli Satriano in adiacenza al futuro ampliamento della SE RTN 380/150 kV di Deliceto ubicata nella medesima particella catastale. L'accesso alla nuova stazione satellite a 150 kV di Terna quale ampliamento della esistente SE RTN 380/150 kV di Deliceto avverrà dalla SP 104 in località "La Mezzana". L'intero impianto agro fotovoltaico occupa un'area contenuta e ricadente per quanto riguarda i campi fotovoltaici nel Comune di Castelluccio dei Sauri e Deliceto, mentre per le opere di rete queste saranno realizzate nel Comune di Ascoli Satriano e Deliceto (FG). Il cavidotto interrato di collegamento dell'impianto alla SE di Utenza è costituito da 5 terne di cavi da 630 mmq in un unico scavo che percorrono a partire dai CAMPI 1 e 2 e 3 i seguenti tratti stradali: SP 104, SP 106 – strada interpoderales in località "Saudone". Inoltre il cavidotto MT di collegamento tra i campi fotovoltaici e la SE di Utenza 30/150 kV attraverserà le seguenti particelle catastali :

Comune di Castelluccio dei Sauri :

F. 15 p. 129-168-112 (strada Interpoderales in località Saudone)

F.18 p. 102-94-110-45-129-135-131-106 (strada Interpoderales in località Saudone)

Comune di Deliceto :

F. 4 p. 214-213-57-58B

F.28 p. 575-166-576-578-14-635

F.42 p. 167

Comune di Ascoli Satriano :

F. 57 p. 32-22-23-26-29-27-30-31 (Strada Comunale Ascoli Satriano-Deliceto)

F. 57 p. 17-86

4. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da N° 137.712 moduli da 545 Wp cad. ed avrà una potenza complessiva in DC di **75.053,04** kWp mentre in AC di **55.000** kW.

Il generatore fotovoltaico sarà suddiviso in n° 3 campi che presentano le seguenti caratteristiche tecniche:

Campo	Potenza DNC LIMIT-kW	Potenza DC kW	Potenza AC Limit-KVA	DC/AC	Nr. Stringhe	Nr. inverter	Potenza in kVA singolo inverter
1	32.377,36	32.377,36	23.747	1.36	3713	7	Nr. 6 da 3.437+ Nr. 1 da 3.125 kVA
2	34.531,20	34.531,20	24.976,60	1.38	3960	8	Nr.8 da 3.125 kVa
3	8.144,48	8.144,48	6.276,4	1,30	934	2	Nr.1 da 3.125 + Nr. 1 da 3437 kVa
TOTALE	75.053.04	75.053,04	55.000		8607	17	

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di un sistema denominato **INAccess Power Plant Controller** che è un sistema intelligente indipendente dal fornitore per il controllo dinamico e accurato dell'impianto fotovoltaico e la conformità del codice di rete, personalizzabile per soddisfare qualsiasi esigenza di rete garantendo l'interoperabilità con i sistemi SCADA dell'impianto. Inaccess PPC controlla l'uscita dell'impianto fotovoltaico nel punto di accoppiamento comune, utilizzando gli inverter, i misuratori, i statcom, i condensatori e i controller periferici dell'impianto, fornendo funzionalità quasi in tempo reale per la disconnessione dell'impianto o l'arresto della generazione, il controllo della potenza attiva e reattiva, nonché il controllo della velocità della rampa di potenza. Inaccess PPC offre funzionalità di controllo e monitoraggio alla rete e all'operatore dell'impianto, controllo intelligente ad anello chiuso della potenza attiva e reattiva, controllo degli interruttori di circuito, nonché monitoraggio di quantità elettriche, meteorologiche, interruttori e modalità e stati di controllo dell'alimentazione. L'interoperabilità è garantita per un'ampia gamma di inverter e misuratori. In tal modo sarà garantito che la potenza nominale AC in immissione alla rete sia pari 55.000 kW così come previsto nella STMG rilasciata al Committente.

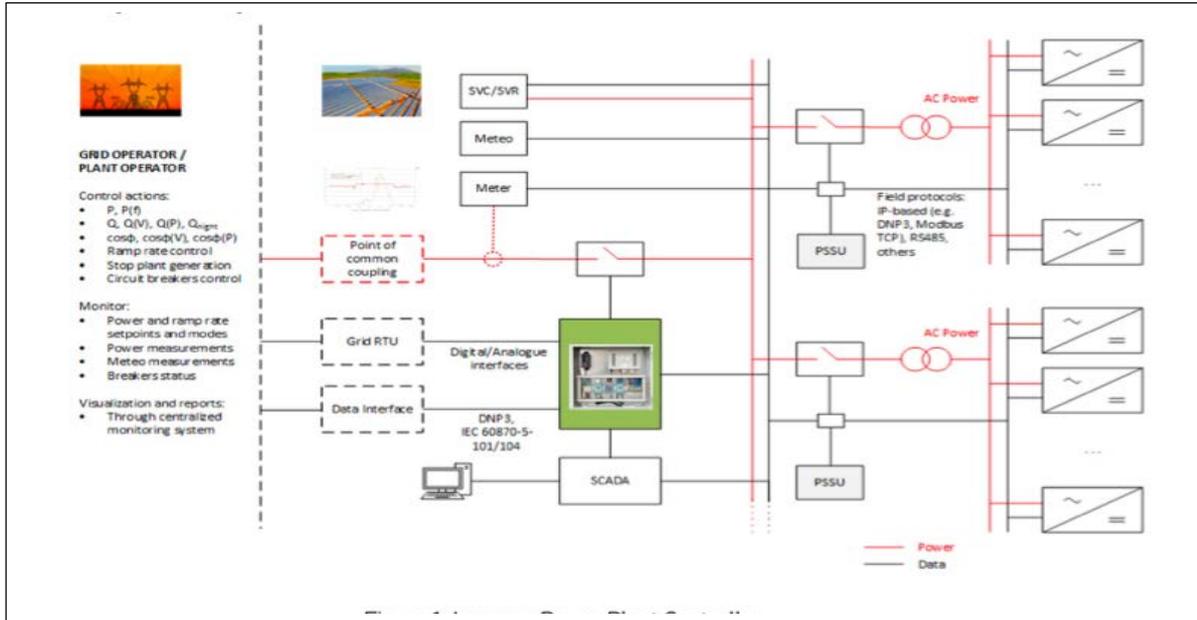


Figura 4-1 Sistema InAccess Power Plant Controller

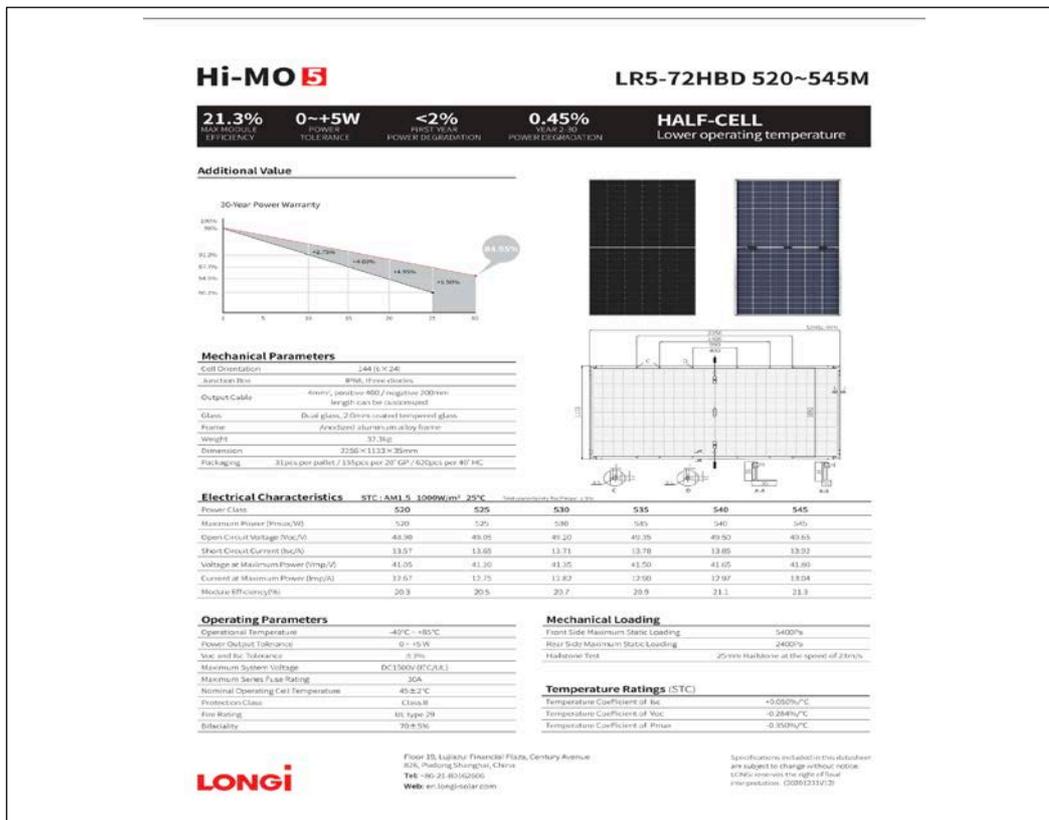
I moduli, riuniti a gruppi di 16, saranno collegati elettricamente in serie tra di loro e costituiranno una stringa della potenza unitaria di 8,72 Wp. Ai capi della stringa sarà presente una tensione a circuito aperto di circa 779,8 Vcc . L'insieme di N° 358 stringhe per un totale di N° 5728-6306 moduli saranno collegate in parallelo tra di loro attraverso N° 29/31 quadri di parallelo stringhe che convoglieranno l'energia verso ciascuno inverter, situato nella cabina di conversione. Ogni stringa sarà provvista di fusibile e diodo di blocco e sarà protetta (in parallelo con le altre) contro le sovratensioni, per mezzo di scaricatori (uno per ogni polo) collegati a terra. Fusibili, diodi di blocco e scaricatori sono dimensionati per le relative correnti e tensioni. Il generatore FV (lato CC) è gestito come sistema IT, ovvero nessun polo è connesso a terra. Per razionalizzare il montaggio e per minimizzare il percorso dei cavi elettrici di collegamento, i moduli saranno montati, con l'asse disposto in orizzontale, su telai metallici (pannelli) che potranno contenere 2, 3 e 4 stringhe. (I pannelli saranno posizionati sul terreno con un angolo di Azimut di 0° SUD e con un'inclinazione max di +- 55° sul piano orizzontale sia verso est che ovest essendo ad inseguimento; essi saranno disposti su file parallele, in base agli spazi disponibili. Per evitare l'ombreggiamento dei moduli nei periodi dell'anno in cui il sole è basso l'interasse dei moduli sarà di circa 10.6 m e la distanza tra le file dei moduli misurata tra le verticali della fine della prima fila e l'inizio della successiva sarà di 6.0 m. Con tale distanza anche il 21 dicembre (solstizio d'inverno) non vi sarà ombra nelle ore centrali del giorno (dalle 10.30 alle 13,30) mentre nel periodo degli equinozi (21 marzo -22 settembre) l'ombra sarà assente dalle ore 7,50 fino alle 17,40. La superficie netta del totale dei moduli è di ca 36,46 Ha ed essa è l'occupazione al suolo maggiore quando i moduli sono disposti orizzontalmente al suolo.

5 CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il **generatore fotovoltaico** sarà realizzato con moduli provvisti di diodi di by-pass e ciascuna stringa di moduli sarà selezionabile e dotata di diodo di blocco. Esso sarà gestito come sistema

IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. I moduli saranno da 545 Wp in silicio monocristallino bifacciali modello "LR5-72HBD545 M" della casa produttrice **LONGI SOLAR**. Qualora dovesse essere scelta una delle tecnologie diversa da quella prevista in questa fase progettuale, il layout generale dell'impianto, le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici ed i fabbricati delle cabine elettriche manterranno la stessa configurazione.

Il decadimento delle prestazioni è non superiore al 6,50 % nell'arco di 30 anni.



6 Figura 3-2 Grafico prestazionale in funzione del tempo pannelli modello "HI-MO 5" marca MONGI SOLAR.

I Dati tecnici caratteristici dei moduli fotovoltaici sono i seguenti:

- 144 celle in silicio monocristallino collegate in serie;
- Tensione alla massima potenza, $V_m = 53.4$
- Tensione massima di circuito aperto, $V_{oc} = 49.65$ V
- Corrente alla massima potenza, $I_m = 13.04$ A
- Corrente massima di Corto circuito, $I_{sc} = 13.92$ A
- Superficie anteriore: vetro temperato in grado di resistere alla grandine (Norma CEI/EN 161215);
- Incapsulamento delle celle: EVA
- Cornice di alluminio anodizzato
- Terminali di uscita: cavi pre-cablati a connessione rapida impermeabile resistenti ai raggi UV da 4 mmq, 1200 mm
- Presenza di diodi di bypass per minimizzare la perdita di potenza dovuta ad eventuali danneggiamenti di qualche modulo fotovoltaico

5.1 CARATTERISTICHE DEL GRUPPO DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE

Il gruppo di conversione e trasformazione è formato da cabine di tipo prefabbricato che ospitano l'inverter, il trasformatore BT/MT e il trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari. L'inverter effettua la trasformazione dell'energia proveniente dal generatore fotovoltaico da corrente continua a corrente alternata; il gruppo di trasformazione è costituito da un quadro generale BT che alimenta il secondario del trasformatore MT/BT e il trasformatore dei servizi ausiliari BT/BT; le celle MT si collegano al primario del trasformatore di potenza e sono composte da sezionatori, relè di protezione e gruppi di misura; infine il quadro BT a valle del relativo trasformatore alimenta i servizi ausiliari di cabina. All'interno della cabina verrà inoltre installato l'interruttore generale dell'impianto con le relative protezioni di interfaccia come da norme CEI 0-16, CEI 11-20, dette protezioni saranno corredate di una certificazione di conformità emessa da un organismo accreditato. I valori della tensione e della corrente di ingresso agli inverter sono compatibili con quelli del generatore fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli dei gruppi di trasformazione ai quali viene connesso l'impianto. Tale tipologia di impianto è basata sul concetto della modularizzazione, o di architettura distribuita: collegando un insieme di stringhe al corrispondente inverter si ottiene un impianto fotovoltaico indipendente, impedendo che eventuali interazioni o sbilanciamenti fra le stringhe stesse diminuiscano l'efficienza complessiva dell'impianto. Dal lato del generatore CC le stringhe sono collegate ad ingressi dedicati gestiti da MPPT indipendenti dal lato dell'immissione in rete sono presenti i relè di protezione e il filtro per le interferenze elettromagnetiche.

L'impianto fotovoltaico sarà essenzialmente costituito da:

N° 3 Campi di generazione fotovoltaica a loro volta suddivisi in un totale di 17 sottocampi

N° 17 cabine inverter e trasformazione o di sottocampo

Ogni cabina conterrà :

Un Inverter + Trasformatore modello **SG3125HV-MV-20** e **SG3400HV-MV-20** della casa costruttrice **SUNGROW** avente le seguenti caratteristiche tecniche :

Ingresso inverter cabine SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20

- Intervallo di tensione MPPT: 875-1500 V
- Numeri di ingressi DC: 18
- Corrente massima DC per MPPT: 4178 A

Dati in uscita trasformatore cabina SG3125HV-MV-20

- Potenza AC nominale: 3125 kV A
- Potenza AC massima: 3593 kV A
- Tensione AC a valle dell'inverter: 600 V
- Corrente massima AC: 3458 A
- Intervallo di funzionamento frequenza di rete (fAC) : 50 Hz / 60 Hz
- Distorsione della corrente di rete : < 3 % con potenza nominale

- Fattore di potenza ($\cos\phi$) : $\cong 1$

Dati in uscita trasformatore cabina SG3400HV-MV-20

- Potenza AC nominale: 3437 kW A
- Potenza AC massima: 3593 kW A
- Tensione AC a valle dell'inverter: 600 V
- Corrente massima AC: 3458 A
- Intervallo di funzionamento frequenza di rete (fAC) : 50 Hz / 60 Hz
- Distorsione della corrente di rete : < 3 % con potenza nominale
- Fattore di potenza ($\cos\phi$) : $\cong 1$

Grado di rendimento cabine SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20

- Grado di rendimento massimo PCA, max (η) : 99.00 %
- Euro (η) : 98,70 %

Dati generali cabine SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20

- Larghezza/altezza/profondità in mm (L / A / P) : 6058 / 2896 / 2438
- Peso approssimativo (T) : 17
- Comunicazione: RS485, Ethernet

Conformità agli standard cabine SG3125HV-MV-20 e SG3400HV-MV-20

- IEC 61727 : Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of utility interface
- IEC 62116: Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures
- CE IEC 62109: Safety of power converters for use in photovoltaic power systems

In totale saranno utilizzate **nr. 12 cabine SG3125HV-MV-20**

SG3400/3125/2500HV-MV-20 SUNGROW

MV Turnkey Station for 1500 Vdc System - MV Separate Transformer + RMU



HIGH YIELD

- Advanced three-level technology, max. inverter efficiency 99 %

SAVED INVESTMENT

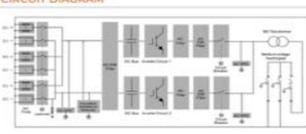
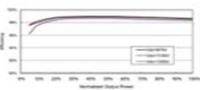
- Low transportation and installation cost due to 20-foot container design
- DC 1500 V system, low system cost
- Integrated MV transformer and switchgear
- Q at night function optional

EASY O&M

- Integrated current, voltage and MV parameters monitoring function for online analysis and fast trouble shooting
- Modular design, easy for maintenance
- Convenient external touch screen

GRID SUPPORT

- Compliance with standards: IEC 61727, IEC 62116
- Low/high voltage ride through (LVRT)
- Active & reactive power control and power ramp rate control

CIRCUIT DIAGRAM  **EFFICIENCY CURVE (SG3400HV-20)** 

SG3400/3125/2500HV-MV-20

Type designation	SG3400HV-MV-20	SG325HV-MV-20	SG2500HV-MV-20
Input (DC)			
Max. PV input voltage	1500 V	1500 V	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	875 V / 915 V	875 V / 915 V	800 V / 840 V
MPP voltage range for nominal power	875 - 1300 V	875 - 1300 V	800 - 1300 V
No. of independent MPP inputs	1	1	1
No. of DC inputs	Optional: 22, 24 negative grounding or floating, 28 negative grounding		18 - 24
Max. PV input current	4778 A	4778 A	3308 A
Output (AC)			
AC output power	3125 kW@ 25 °C / 3437 kW@ 45 °C	3125 kW@ 25 °C / 3437 kW@ 45 °C	2750 kW@ 45 °C
AC output current	3408 A	3408 A	2886 A
AC voltage range	10 - 30 kV	10 - 30 kV	10 - 30 kV
Nominal grid frequency / Grid 1 frequency range	50 Hz / 45 - 55 Hz, 50 Hz / 50 - 65 Hz	50 Hz / 45 - 55 Hz, 50 Hz / 50 - 65 Hz	50 Hz / 45 - 55 Hz, 50 Hz / 50 - 65 Hz
THD	+ 3 % (at nominal power)		+ 3 % (at nominal power)
DC current injection	+ 0.3 % In		+ 0.3 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	+ 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging		+ 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3		3 / 3
Efficiency			
Inverter Max. efficiency	99.0 %		99.0 %
Inverter Euro efficiency	98.7 %		98.7 %
Transformer			
Transformer rated power	3427 kVA	3125 kVA	2900 kVA
Transformer max. power	3883 kVA	3593 kVA	3700 kVA
U/V MV voltage	0.6 kV / 10 - 33 kV	0.6 kV / 10 - 33 kV	0.6 kV / 10 - 33 kV
Transformer vector	Dyn11		Dyn11
Transformer cooling type	ONAN (Oil Natural Air Natural)		ONAN (Oil Natural Air Natural)
Oil type	Mineral oil (IPCB free) or degradable oil on request		Mineral oil (IPCB free) or degradable oil on request
Protection and Function			
DC input protection	Load break switch + fuse		
Inverter output protection	Circuit breaker		
AC MV output protection	Circuit breaker		
Overvoltage protection	DC Type I + I / A / C Type II		
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes		
Insulation monitoring	Yes		
Overheat protection	Yes		
Q at night function	Optional		
Dimensions			
Dimensions (W*H*D)	6058 * 2894 * 2438 mm		
Weights	17T	17T	16T
Degree of protection	IP54 (Inverter: IP55)	IP54 (Inverter: IP55)	IP54
Operating ambient temperature range	-35 to 45 °C	-35 to 45 °C	-35 to 45 °C
Allowable relative humidity range (non-condensing)	> 45 °C derating)	> 50 °C derating)	> 50 °C derating)
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling		
Max. operating altitude	1000 m (standard) / > 1000 m (optional)		
Display	Touch screen		
Communication	Standard: RS485, Ethernet, Optional: optical fiber		
Compliance	CE, IEC 61000, IEC 61200, IEC 61007		
Grid support	Q at night function (optional), L / FVRT, active & reactive power control and power ramp rate control		

Locale ubicazione cabine inverter e di trasformazione

Gli inverters saranno ubicati in cabinati prefabbricati dalle dimensioni in pianta di 6057x 2438 mm, pari a 14,76 mq in grado di garantire condizioni ambientali ottimali ed adeguato potere di scambio termico grazie all'impiego di condizionatori ad avviamento automatico nei periodi estivi. Le cabine di conversione saranno installate nei pressi dei moduli per ridurre le perdite di potenza dovute al trasporto dell'energia. Le fondazioni su cui vengono sistemate le cabine sono del tipo a vasca in modo da consentire il passaggio dei cavi elettrici sotto il pavimento. Le cabine così composte poggiano su una platea di calcestruzzo dello spessore di 10-15 cm, gettata a circa 60 cm di profondità, previo scavo. In ogni cabina di conversione saranno sistemati N° 1 inverter trifase composto da 1 trasformatore da 3125 / 3437 kVA 875/915 V cadauno, i quali vengono poi collegati in parallelo su di un unico condotto sbarre trifase. Dal condotto sbarre verrà alimentato il trasformatore BT/MT. E' stata scelta la taglia dell'inverter di 3125/3437 kVA modulare in quanto si tratta di standard, disponibile sul mercato e con buone prestazioni. Ogni "inverter" sarà costituito da un insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento, protezione e controllo che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore alla rete, in conformità ai requisiti normativi, tecnici e di sicurezza applicabili. La potenza max in uscita di ogni inverter AC sarà di 3.593 kVA. Gli inverters sono progettati per inseguire il punto di massima potenza del proprio campo fotovoltaico, sulla curva I-V caratteristica (funzione MPPT), costruendo l'onda sinusoidale in uscita con la tecnica PWM, che permette di contenere l'ampiezza delle armoniche entro valori accettabili. Nella cabina di conversione sono contenuti gli interruttori di manovra e le apparecchiature di protezione. Dalle cabine di conversione, che in totale saranno N° 17, l'energia verrà trasportata, attraverso n°7 cabine di parallelo MT, con cavi interrati a 30 kV, verso la stazione elettrica dell'utente.

Inverter (Convertitori CC/CA)

Le caratteristiche generali degli inverter sono riassunte di seguito:

- Inverter a commutazione forzata dalla rete con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo nominale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 11-20 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)

- Sezione di arrivo dal campo fotovoltaico con organo di sezionamento e misura;
- Ingresso cc da generatore fotovoltaico con poli non connessi a terra, ovvero sistema IT
- Inverter dotato di ponte a IGBT a commutazione forzata
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto, in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 11-20 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Ogni inverter è dotato di un proprio dispositivo di interfaccia.
- Progetto e costruzione conformi ai requisiti della «Direttiva Bassa Tensione» e della «Direttiva EMC».
- Conversione cc/ac realizzata con tecnica PWM e ponte a IGBT ad elevata efficienza (rendimento >96÷97%).

Trasformatori BT/MT

Il trasformatore BT/MT sarà unico per ogni cabina ed avrà la potenza di 3125/3437 kVA con rapporto di trasformazione di 600/30.000V. Il trasformatore di uscita sarà ad elevato rendimento, capace di garantire un totale isolamento tra la rete e la centrale fotovoltaica, lato cc dell'inverter. Il trasformatore sarà del tipo a secco con isolamento in resina 35 KV.

Quadri corrente alternata (QCA)

I quadri elettrici QCA provvedono al parallelo degli inverter lato AC ed alla connessione con i trasformatori BT/MT. Il quadro costituito da un armadio metallico di dimensioni circa 600 x 2270 x 600 mm, dotato di pannelli posteriore e laterali, vani porta interruttori, vani porta sbarre, morsettiere.

Il quadro sarà equipaggiato con i seguenti dispositivi:

- n° 1 interruttore magnetotermico per l'inverter CCA1
- n° 1 interruttore magnetotermico per l'inverter CCA2
- n° 1 interfaccia di rete tipo Thytronic o similare (certificato DK5940)

n° 1 dispositivo di interfaccia di rete, contattore tetrapolare da 3125 kW, riduttori di tensione e corrente bobina di sgancio tipo ABB o similare.

n° 1 interruttore magnetotermico per il sezionamento del parallelo

n° 1 interruttore magnetotermico per il sezionamento del trasformatore BT/MT

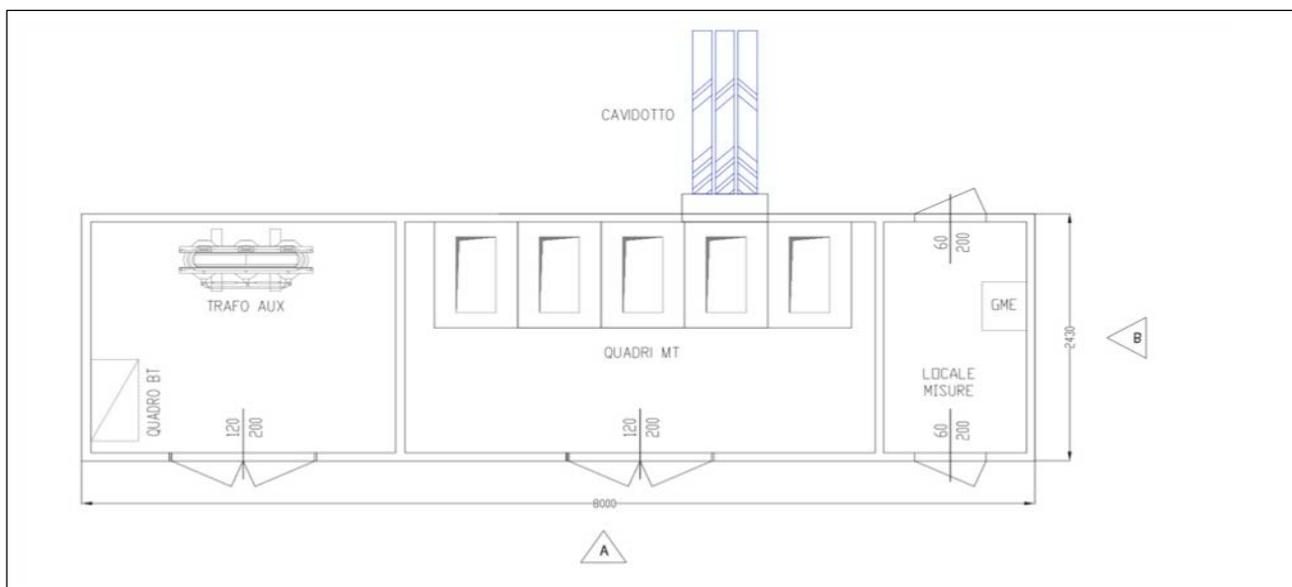
n° 1 interruttore magnetotermico/differenziale per il sezionamento del lato utenze BT

Il quadro è completo di accessori quali: morsetti passanti, guide DIN, cavi di collegamento, capicorda, numeri segna-cavo, cartelli monitori. .

I Quadri QCA saranno ubicati nella cabine di conversione.

5.2 CARATTERISTICHE DELLE CABINE DI RACCOLTA IN MT

Le cabine di parallelo avranno la funzione di ricevere attraverso un quadro sbarre l'energia elettrica MT (30 kV) proveniente da un gruppo di N°2,3 fino a 6 cabine di conversione di ciascun campo e di smistarla con unico cavo verso la Stazione Utente. Le cabine di parallelo, in cabinati prefabbricati dalle dimensioni 8000x3000x2400 mm, saranno ubicate nei pressi dei cavidotti MT; la loro funzione è di ridurre la lunghezza complessiva dei cavi ed il numero degli stessi in entrata alla Stazione Utente (totale linee entranti N° 3), con conseguente riduzione della superficie d'ingombro della Stazione utente. In totale sono previste 3 cabine di parallelo MT, ognuna posizionata all'ingresso di ciascun campo fotovoltaico.



Locale cabina di Parallelo MT- Prospetto

5.4 CAVI ELETTRICI

5.4. 1 Criteri di progettazione e soluzioni di calcolo

La struttura generale dell'impianto elettrico è sistemicamente definita dalla sottostazione MT/AT da cui partono 5 linee di cavo MT **L1 ,L2, L3,L3,L4,L5,L6** che arrivano rispettivamente alle cabine di parallelo **CB//7 e da questa alle altre cabine di parallelo a scalare**. All'interno di ciascun dei CAMPI fotovoltaici le cabine inverter e di trasformazione sono collegate mediante cavidotti in MT alle rispettive cabine di parallelo.

5.4.2 Caratteristiche generali cavo interrato in MT

I cavi di energia in corrente alternata MT (30 kV) saranno trifasi del tipo unipolare con conduttore a corda rotonda compatta in alluminio da 18/30 kV del tipo ARE4H5EX idonei per tale tipo di applicazione. I cavi di energia saranno posati nel terreno protetti da appositi copri cavi con pozzetti di ispezione intervallati ogni 40-50 m. ed in corrispondenza di ogni cambio di direzione . All'interno delle cabine i cavi saranno posati in cunicoli e/o su canaline . I cavi in MT all'interno di ciascun campo che escono dalle cabine inverter/trasformazione e giungono alle cabine di parallelo saranno in alluminio del tipo ARE4H5EX 18/30 kV e avranno sezioni 1x(3x1)x240 mmq. I cavi che dalle 3 cabine di parallelo MT andranno verso la SE di Utenza saranno del tipo ARE4H5EX 18/30 kV e avranno sezioni 1x(3x1)x400 mmq. I cavi MT avranno le seguenti caratteristiche :

Tipo di Cavo	ARE4H5E 18/30 kV EPR
Conduttore	Alluminio
Isolante	Mescola di Polietilene (qualità DIX 8)
Tensione Nominale	18/30 kV
Tensione Isolamento	36 kV
Circuito	RST
Cos ϕ	0.9
Temperatura Funzionamento	90 °C
Temperatura Corto Circuito	250 °C
Categoria	A
Profondità di Posa	1.2 m
Distanza Circuiti Adiacenti	15 cm
Tipo di Posa	Direttamente interrato in terra umida
Protezione Meccanica	Elementi rettangolari in materiale composito a matrice di resina
Codice Posa	63
Temperatura Ambiente	20 °C

In seguito vengono descritte le caratteristiche principali delle linee dell'impianto elettrico.

CAMPO	COLLEGAMENTO CAVIDOTTO	LUNGHEZZA (m)	PORTATA NOMINALE Iz (A)	Corrente Nominale In (A) per cavo	POTENZA APPARENTE (kVA)	CADUTA DI TENSIONE (%)	SEZIONE CAVO (mmq)
1	da PS1 a Cb//1	18	323	99,5	5193,72	0,02	3x(1x120)
1	da PS2 a Cb//1	11	323	99,5	5193,72	0,05	3x(1x120)
1	da PS3 a Cb//1	4	323	99,5	5193,72	0,06	3x(1x120)
1	da PS4 a Cb//1	346	323	99,5	5193,72	0,09	3x(1x120)
1	da PS5 a Cb//2	5	323	99,5	5193,72	0,02	3x(1x120)
1	da PS6 a Cb//3	38	323	99,5	5193,72	0,07	3x(1x120)
1	da PS7 a Cb//4	698	323	90,88	4722,22	0,16	3x(1x120)
2	da PS8 a Cb//5	177	323	93,55	4861,11	0,11	3x(1x120)
2	da PS9 a Cb//5	71	323	93,55	4861,11	0,10	3x(1x120)
2	da PS10 a Cb//6	727	323	93,55	4861,11	0,15	3x(1x120)
2	da PS11 a Cb//6	850	323	93,55	4861,11	0,22	3x(1x120)
2	da PS12 a Cb//6	998	323	93,55	4861,11	0,24	3x(1x120)
2	da PS13 a Cb//6	877	323	93,55	4861,11	0,23	3x(1x120)
2	da PS14 a Cb//6	573	323	93,55	4861,11	0,13	3x(1x120)
2	da PS15 a Cb//6	470	323	92,76	4820	0,11	3x(1x120)
3	da PS16 a Cb//7	538	323	93,55	4861,11	0,13	3x(1x120)
3	da PS17 a Cb//7	30	323	87,60	4552,02	0,12	3x(1x120)
1-1	Da Cb //1 a Cb//3	612	676	399,81	20774,88	0,2	1X(3X1)x400
1-1	Da CB//3 a CB//4	479	676	499,77	25968,6	0,17	1X(3X1)x400
1-1	Da Cb//2 a Cb//4	949	709	812,40	42213,46	0,24	2x3x(1x630)
2-2	Da Cb//5 a Cb//6	45	323	187,10	9722,22	0,02	3x(1x120)
2-1	Da Cb//6 a Cb//2	1715	709	560,52	29125,55	0,59	3x(1x630)
1-3	Da Cb//4 a Cb//7	5670	709	1459,44	75834,67	1,01	5x3x(1x630)
3-SE Utenza	Da Cb//7 a SE Utenza	3137	709	1614,21	83876,71	0,52	6x3x(1x630)

5.4.3 CAVIDOTTO INTERRATO IN AT 150 kV

Al fine di connettere l'impianto fotovoltaico di progetto alla **Rete Elettrica Nazionale RTN** come da preventivo di connessione rilasciato da **Terna SPA – STMG cod. id. 202100644** – regolarmente accettata dal proponente dell'iniziativa, sarà necessario realizzare un cavidotto in AT a 150 kV , singola terna che colleghi in antenna la SE di utenza 30/150 kV al futuro ampliamento della Stazione Elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di Deliceto . Il cavidotto in AT a 150 kV in singola terna sarà ubicato nel Comune di Ascoli Satriano (Fg). Esso si dipartirà dal palo gatto della SE di Utenza 30/150 kV che verrà ubicata in località La Mezzana del comune di Ascoli Satriano al F. 57 p. 86 e raggiungerà lo stallo di connessione assegnato da Terna. Esso avrà una lunghezza media di circa 169 metri e sarà posato interamente nella particella 86 del Foglio 57 Di Ascoli Satriano in cui verrà realizzata anche il futuro ampliamento della SE RTN 380/150 kV di Deliceto . Tra le possibili soluzioni è stato individuato il tracciato più funzionale, che tenga conto di tutte le esigenze e delle possibili ripercussioni sull'ambiente locale, con riferimento alla legislazione nazionale e regionale vigente in materia. Non vengono attraversati canali e corsi d'acqua.

5.4.4 Caratteristiche generali cavo interrato in AT

Le caratteristiche elettriche principali del sistema elettrico in alta tensione sono:

- sistema elettrico 3 fasi
- frequenza c.a. 50 Hz
- tensione nominale 150 kV
- tensione massima 170 kV
- categoria sistema A

Tensione di isolamento del cavo

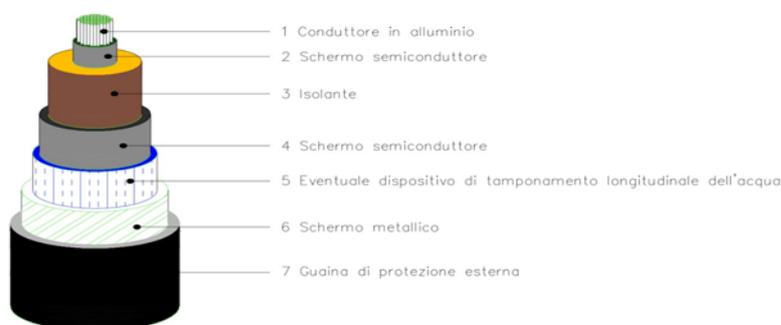
Dalla tab.2.1.06 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento U₀ corrispondente è 87 kV. Temperature massime di esercizio e di cortocircuito massima temperatura di esercizio è di 90°C mentre quella di cortocircuito è di 250°C.

Caratteristiche funzionali e costruttive

I cavi in progetto, con isolamento in XLPE e conduttore in alluminio di sezione pari a 1600 mm , sono formati secondo il seguente schema costruttivo (tabella tecnica TERNA UX LK101):

- Conduttore a corda rigida rotonda, compatta e tamponata di alluminio;
- Schermo semiconduttore;
- Isolante costituito da uno strato di polietilene reticolato estruso insieme ai due strati semiconduttivi;

- Schermo semiconduttore;
- Dispositivo di tamponamento longitudinale dell'acqua;
- Schermo metallico, in piombo o alluminio, o a fili di rame ricotto o a fili di alluminio non stagnati opportunamente tamponati, o in una loro combinazione e deve contribuire ad assicurare la protezione meccanica del cavo, assicurare la tenuta ermetica radiale, consentire il passaggio delle correnti corto circuito;
- Rivestimento protettivo esterno costituito da una guaina di PE nera e grafitata.



1	CONDUTTORE IN RAME O ALLUMINIO	5	BARRIERA CONTRO LA PENETRAZIONE DI ACQUA
2	SCHERMO SUL CONDUTTORE	6	GUAINA METALLICA
3	ISOLANTE	7	GUAINA ESTERNA
4	SCHERMO SEMICONDUCTORE		

5.4.5 Sottostazione MT/AT di Utenza

La stazione sarà del tipo all'aperto. La stazione elettrica (SE) di utenza 30/150 kV sarà ubicata nel Comune di Ascoli Satriano (Fg) al Foglio 57 p. 86. La configurazione della singola stazione di trasformazione prevede un montante trasformatore di potenza 30/150 kV con n.1 trasformatore da 55/60 MVA. All'interno della stazione è previsto un edificio, suddiviso in vari locali: controllo e protezioni, quadri MT, misure (con accesso anche dall'esterno), servizi igienici, servizi ausiliari e gruppo elettrogeno.

Caratteristiche tecniche generali

TRASFORMATORE MT/AT

Trasformatore trifase di potenza 30/150 kV, 55/60 MVA, ONAN/ONAF, gruppo vettoriale YNd11, provvisto di commutatore sotto carico lato AT (150 ±10x1,25%/30 kV) e cassonetto di contenimento cavi MT. Con scaricatori incorporati dimensionato per alloggiare n.3 terne di cavi MT da 400mm² Cu.

• Tipo	immerso in olio
• Tipo di servizio	continuo
• Temperatura ambiente	40°C
• Classe di isolamento	A
• Metodo di raffreddamento	ONAN/ONOF
• Tipo d'olio:	minerale conforme CEI-EN 60296
• Altezza d'installazione	<=100 m
• Frequenza nominale	50 Hz
• Potenza nominale: ONAN/ONAF	55/60 MVA
• Tensioni nominali (a vuoto):	
- AT	150 kV
- MT	30 kV
• Regolazione tensione AT:	± 10x1,25 %
• Tipo di commutatore (CSC):	sotto carico (CEI EN 60214- 1)
• Collegamento fasi:	
- avvolgimento AT	Y stella (con neutro accessibile)
- avvolgimento MT	Δ triangolo
• Gruppo di collegamento	YNd11
• Classe d'isolamento:	
-Lato AT	
-Lato MT	
Tensione di Tenuta a Frequenza Industriale	
-Lato AT	
-Lato MT	
Tensione di tenuta ad impulso atmosferico:	
-Lato AT	
-Lato MT	
• Sovratemperature ammesse:	
- massima temperatura ambiente	40°C
- media avvolgimenti	65°C
- nucleo magnetico	75°C
PERDITE DI GARANZIE IEC	
PERDITE A VUOTO A Un	<= 30 kV
CORRENTE A VUOTO A Un	0,2%
Perdite Cu a 75°C	<= 165 kV
Tensione di corto circuito Vcc:	13%
Massimo livello presione sonora:	70 dB a 0,3 m

Sezionatore di linea, per la derivazione dalle sbarre condivise 150 kV, tripolare rotativo orizzontale a tre colonne/fase, con terna di lame di messa a terra, completo di comando motorizzato per le lame principali e manuale per le lame di terra:

Norme di riferimento:	CEI EN 62271
Tensione nominale:	170 kV
Corrente nominale:	1250 A
Corrente nominale di breve durata:	
○ - valore efficace	31,5 kVA
○ - valore di cresta	80,0 kA
Durata ammissibile della corrente di breve durata	1s
Tensione di prova ad impulso atmosferico:	
Verso massa	750 kV
Sulla distanza disezionamento	860 kV
Tensione di tenuta a frequenza di esercizio (1m)	
Contatti ausiliari disponibili	
- verso terra	325 kV
- sulla distanza di sezionamento	375 kV 4NA+4NC
Alimentazione circuiti ausiliari:	325 kV
- motore:	110 Vcc +10% -15%
- circuiti di comando:	110 Vcc +10% -15%
- resistenza di riscaldamento:	230 a
- Isolatori tipo:	C6-750
linea di fuga:	25 mm/KV

Per ogni ulteriore dettaglio sulla stazione elettrica di trasformazione MT/AT fare. Riferimento alla relazione “ **Calcolo Preliminare degli impianti elettrici**”

6 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

6.1 Campi elettromagnetici impianto fotovoltaico

6.1.1. 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.

6.1.2. Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo). A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)). Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%.

- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in super imposizione 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 disinserzione dell'impianto fotovoltaico.

6.1.3 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 3593 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, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto. Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

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

Dove:

DPA=distanza di prima approssimazione in metri (m)

I= corrente nominale

x=distanza tra le fasi pari al diametro complessivo dei cavi unipolari (conduttore + isolante)

Nel caso delle cabine di trasformazione di progetto ubicate all'interno di ciascun Campo Fotovoltaico per il calcolo della DPA si fa riferimento al valore massimo di corrente erogata sul secondario del trasformatore di potenza (massima potenza erogabile dal trasformatore 3.593 kVA) e sul primario del trasformatore dei servi ausiliari.

In tal caso si ha :

Utenza	Formazione	I[A]	X[m]	DPA [m]
Avvolgimento secondario	3x(1x240)	3458	0,0786	6,34
Servizi Ausiliari	3x10	27,10	0,0109	0,199

Distanza prima approssimazione da cabine di trasformazione MT/BT

D'altra parte, nel caso in questione le cabine sono posizionata all'aperto e normalmente non sono permanentemente presidiate.

6.1. 4 Linee MT in corrente alternata

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da N° 137.712 moduli da 545 Wp cad. ed avrà una potenza complessiva in DC di 75.053,04 kWp mentre in AC di 55.000 kW.

Il generatore fotovoltaico sarà suddiviso in n° 3 campi che presentano le seguenti caratteristiche tecniche:

Campo	Potenza DNC LIMIT-kW	Potenza DC kW	Potenza AC Limit-KVA	DC/AC	Nr. Stringhe	Nr. inverter	Potenza in kVA singolo inverter
1	32.377,36	32.377,36	23.747	1.36	3713	7	Nr. 6 da 3.437+ Nr. 1 da 3.125 kVA
2	34.531,20	34.531,20	24.976,60	1.38	3960	8	Nr.8 da 3.125 kVa
3	8.144,48	8.144,48	6.276,4	1,30	934	2	Nr.1 da 3.125 + Nr. 1 da 3437 kVa
TOTALE	75.053.04	75.053,04	55.000		8607	17	

Il collegamento delle cabine di trasformazione con le relative cabine di Parallelo posizionate all'interno di ciascun campo e da queste fino alla sottostazione elettrica di trasformazione di Utenza 30/150 kV avviene mediante cavidotti interrati a 30 KV. Per tali tratte di cavidotti in base alla corrente da essi trasportata e alla sezione dei cavi sono stati calcolati i valori del campo elettromagnetico in corrispondenza dell'asse del cavidotto alla quota di 0 metri sul piano di campagna. Il calcolo del campo elettrico e magnetico che si genererà con il passaggio di corrente elettrica nel cavidotto dell'impianto fotovoltaico è stato effettuato con un programma di calcolo denominato "NIR" che possiede un modulo di calcolo di nome "ELF" il quale consente di quantificare i campi elettromagnetici generati da linee elettriche a bassa frequenza come richiesto norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche" pubblicata dal Comitato Elettrico Italiano nel luglio 1996. Il software di calcolo ricorre al principio delle immagini e per computare il campo elettrico si è considerato il terreno come piano equipotenziale ed a potenziale nullo che può essere simulato con una configurazione di cariche immagini, più esplicitamente per ogni conduttore esistente si è considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del conduttore reale.

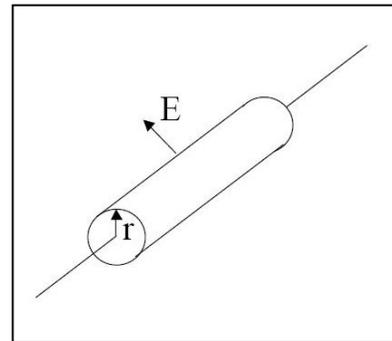
Il campo elettrico di un conduttore rettilineo e lunghezza indefinita percorso da corrente si ottiene dalla equazione di Maxwell:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho / \epsilon_0$$

nel caso di rettilineo e lunghezza indefinita percorso da corrente si ha:

$$\mathbf{E} = \frac{\rho}{2\pi\epsilon_0 r}$$

(equazione di Biot-Savart)



Campo elettrico generato da un conduttore percorso da corrente

dove:

\mathbf{E} = intensità del campo elettrico

ρ = densità di carica lineare

ϵ_0 = costante dielettrica o permittività
nel vuoto $[(8,85418 \pm 0,00002)10^{-12} \text{ F/m}]$

r = raggio del conduttore

quindi, l'algoritmo utilizza la legge di Biot-Savart per il calcolo del campo elettrico.

L'induzione magnetica in un generico punto dello spazio si ottiene integrando l'equazione di Maxwell:

$$\nabla \times \bar{\mathbf{H}} = \bar{\mathbf{J}} + \frac{\partial \bar{\mathbf{D}}}{\partial t}$$

ritenendo trascurabile il termine:

$$\frac{\partial \bar{\mathbf{D}}}{\partial t}$$

si ha:

$$\nabla \times \bar{\mathbf{H}} = \bar{\mathbf{J}}$$

quindi nel caso di conduttore rettilineo percorso da corrente:

$$H = \frac{I_{\Sigma}}{2\pi r}$$

da cui:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \mathbf{u}_I \mathbf{u}_r$$

dove:

B = intensità campo magnetico

I = intensità di corrente

d = distanza del punto di calcolo dal conduttore

u_i = versore della corrente

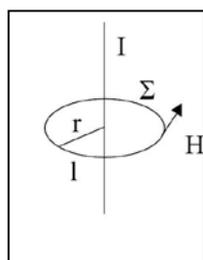
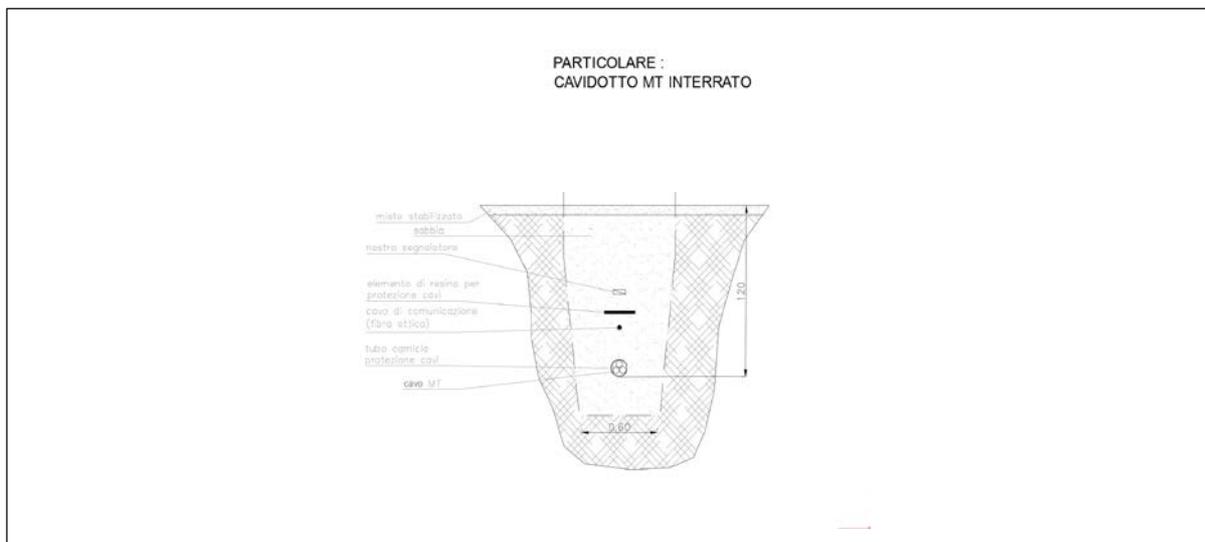
u_r = versore ortogonale a quello della corrente

μ_0 = permeabilità magnetica nel vuoto ($4\pi 10^{-7}$ H/m)

Se abbiamo un numero n di conduttori rettilinei, orizzontali e paralleli tra loro, dette (x_i, y_i) le coordinate del conduttore i -esimo, le componenti B_x e B_y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio (x, y) da tutti i conduttori, è data dalle relazioni seguenti:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right] ; \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

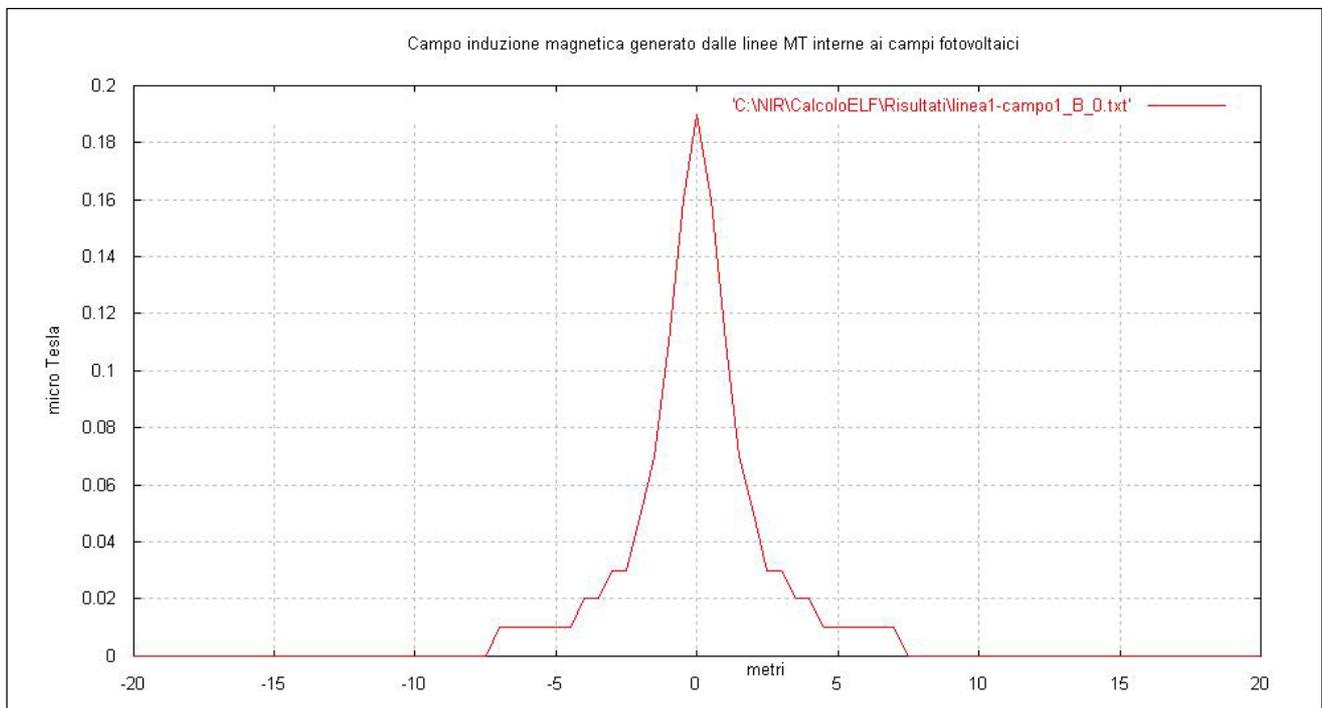
Per il calcolo si è preso in considerazione la posa del cavo MT in configurazione a trifoglio a **1,2** metri di profondità secondo tale particolare costruttivo :



Campo magnetico generato da un conduttore percorso da corrente

Tabella 4 – Elenco tratte cavidotti e valore campo induzione magnetica a piano campagna

CAMPO	COLLEGAMENTO CAVIDOTTO	LUNGHEZZA (m)	PORTATA NOMINALE Iz (A)	Corrente Nominale In (A) per cavo	POTENZA APPARENTE (kVA)	CADUTA DI TENSIONE (%)	SEZIONE CAVO (mmq)
1	da PS1 a Cb//1	18	323	99,5	5193,72	0,02	3x(1x120)
1	da PS2 a Cb//1	11	323	99,5	5193,72	0,05	3x(1x120)
1	da PS3 a Cb//1	4	323	99,5	5193,72	0,06	3x(1x120)
1	da PS4 a Cb//1	346	323	99,5	5193,72	0,09	3x(1x120)
1	da PS5 a Cb//2	5	323	99,5	5193,72	0,02	3x(1x120)
1	da PS6 a Cb//3	38	323	99,5	5193,72	0,07	3x(1x120)
1	da PS7 a Cb//4	698	323	90,88	4722,22	0,16	3x(1x120)
2	da PS8 a Cb//5	177	323	93,55	4861,11	0,11	3x(1x120)
2	da PS9 a Cb//5	71	323	93,55	4861,11	0,10	3x(1x120)
2	da PS10 a Cb//6	727	323	93,55	4861,11	0,15	3x(1x120)
2	da PS11 a Cb//6	850	323	93,55	4861,11	0,22	3x(1x120)
2	da PS12 a Cb//6	998	323	93,55	4861,11	0,24	3x(1x120)
2	da PS13 a Cb//6	877	323	93,55	4861,11	0,23	3x(1x120)
2	da PS14 a Cb//6	573	323	93,55	4861,11	0,13	3x(1x120)
2	da PS15 a Cb//6	470	323	92,76	4820	0,11	3x(1x120)
3	da PS16 a Cb//7	538	323	93,55	4861,11	0,13	3x(1x120)
3	da PS17 a Cb//7	30	323	87,60	4552,02	0,12	3x(1x120)
1-1	Da Cb //1 a Cb//3	612	676	399,81	20774,88	0,2	1X(3X1)x400
1-1	Da CB//3 a CB//4	479	676	499,77	25968,6	0,17	1X(3X1)x400
1-1	Da Cb//2 a Cb//4	949	709	812,40	42213,46	0,24	2x3x(1x630)
2-2	Da Cb//5 a Cb//6	45	323	187,10	9722,22	0,02	3x(1x120)
2-1	Da Cb//6 a Cb//2	1715	709	560,52	29125,55	0,59	3x(1x630)
1-3	Da Cb//4 a Cb//7	5670	709	1459,44	75834,67	1,01	5x3x(1x630)
3-SE Utenza	Da Cb//7 a SE Utenza	3137	709	1614,21	83876,71	0,52	6x3x(1x630)



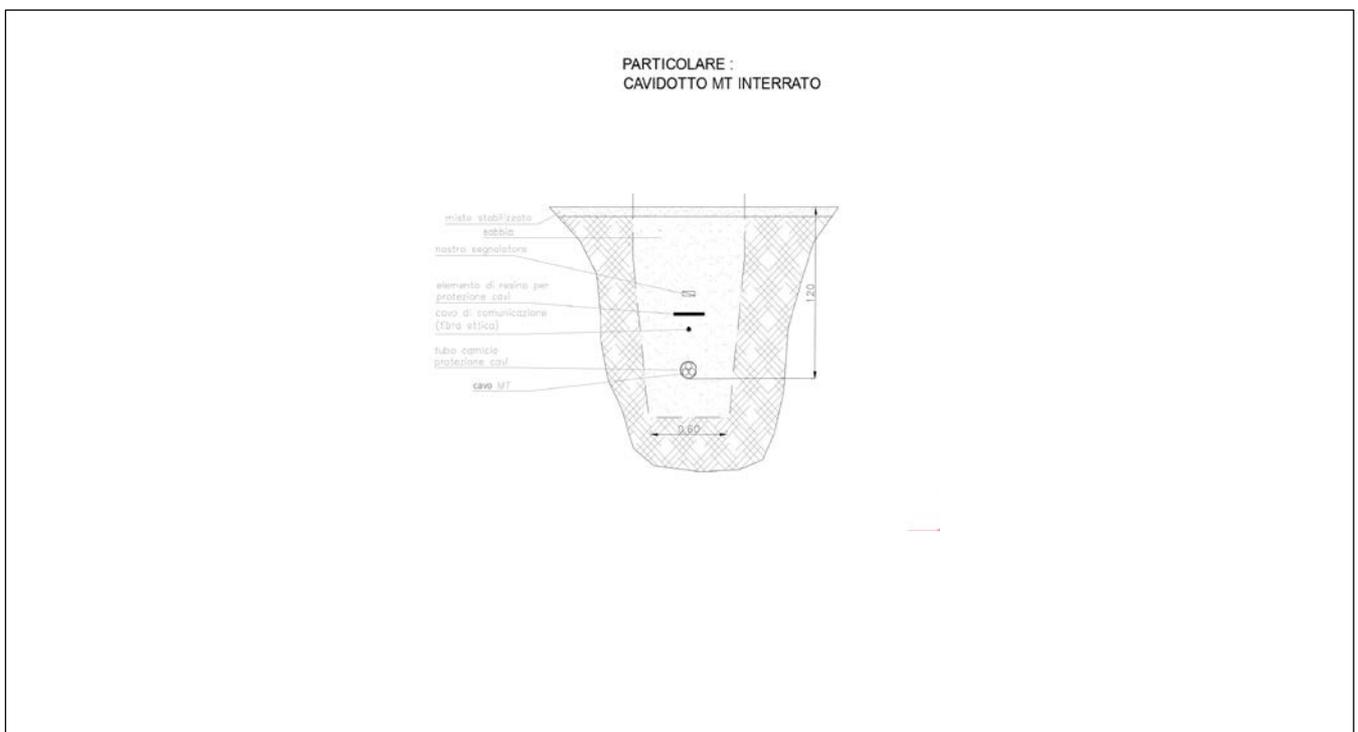
X metri	B(μT)
0,00	0,19
0,50	0,16
1,00	0,11
1,5	0,07
2,00	0,05
2,50	0,03
3,00	0,03
3,50	0,02
4,00	0,02
4,5	0,01
5,00	0,01
5,50	0,01
6,00	0,01
6,5	0,01
7,00	0,01
7,5	0,00
8,00	0,00
8,5	0,00
9,00	0,00
9,50	0,00
10,00	0,00
10,5	0,00
11,00	0,00
11,50	0,00
12,00	0,00
12,50	0,00
13,00	0,00
13,50	0,00
14,00	0,00
14,50	0,00
15,00	0,00
15,50	0,00
16,00	0,00
16,50	0,00
17,00	0,00
17,50	0,00
18,00	0,00
18,50	0,00
19,00	0,00
19,50	0,00
20,00	0,00

X metri	B(μT)
-20,00	0,00
-19,50	0,00
-19,00	0,00
-18,50	0,00
-18,00	0,00
-17,50	0,00
-17,00	0,00
-16,50	0,00
-16,00	0,00
-15,50	0,00
-15,00	0,00
-14,5	0,00
-14,00	0,00
-13,5	0,00
-13,00	0,00
-12,5	0,00
-12,00	0,00
-11,5	0,00
-11,00	0,00
-10,5	0,00
-10,00	0,00
-9,5	0,00
-9,00	0,00
-8,5	0,00
-8,00	0,00
-7,5	0,00
-7,00	0,01
-6,5	0,01
-6,00	0,01
-5,5	0,01
-5,00	0,01
-4,5	0,01
-4,00	0,02
-3,5	0,02
-3,00	0,03
-2,5	0,03
-2,00	0,05
-1,5	0,07
-1,00	0,11
-.5	0,16
0,00	0,19

Valori numerici del campo di induzione magnetica ad altezza del piano di campagna e a diverse distanze dall'asse del cavidotto

Dai risultati ottenuti dalla simulazione con il software NIR si osserva che tutte le linee MT di collegamento tra le cabine di trasformazione all'interno dei campi fino alle cabine di parallelo rispettano l'obiettivo di qualità di $3 \mu T$ in corrispondenza del piano di campagna. Le fasce di rispetto sono da definirsi in conformità alla metodologia di calcolo emanata dal decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008 e pubblicato sulla G.U. n. 156 del 05.07.08 nel supplemento ordinario della G.U. n° 160. Il decreto suddetto definisce "fascia di rispetto" lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità come prescritto dall'art. 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore. L'art. 4 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa "**l'obiettivo di qualità**" in $3 \mu T$ per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Per la determinazione della fascia di rispetto relativa al cavidotto MT interrato si individua la distanza dall'asse del cavo in corrispondenza della quale si raggiunge il valore $3 \mu T$.

Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di parallelo **CB// 1**, e vanno verso la cabina di parallelo **CB//3** è riportato di seguito. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità.



Dalla simulazione con il software NIR del campo di induzione magnetica generato dalla terna di cavi assumendo per esse i seguenti dati di ingresso :

Linea L 1 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x400 mm² –

Corrente massima =399,81 A

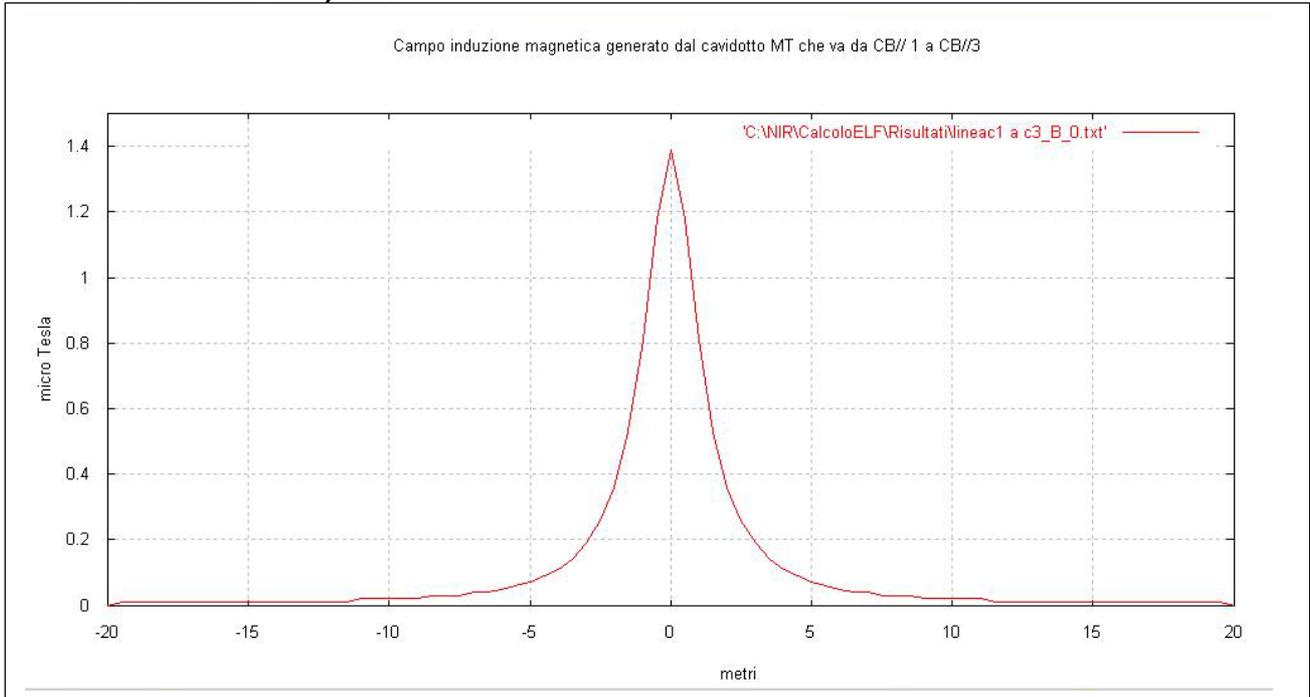
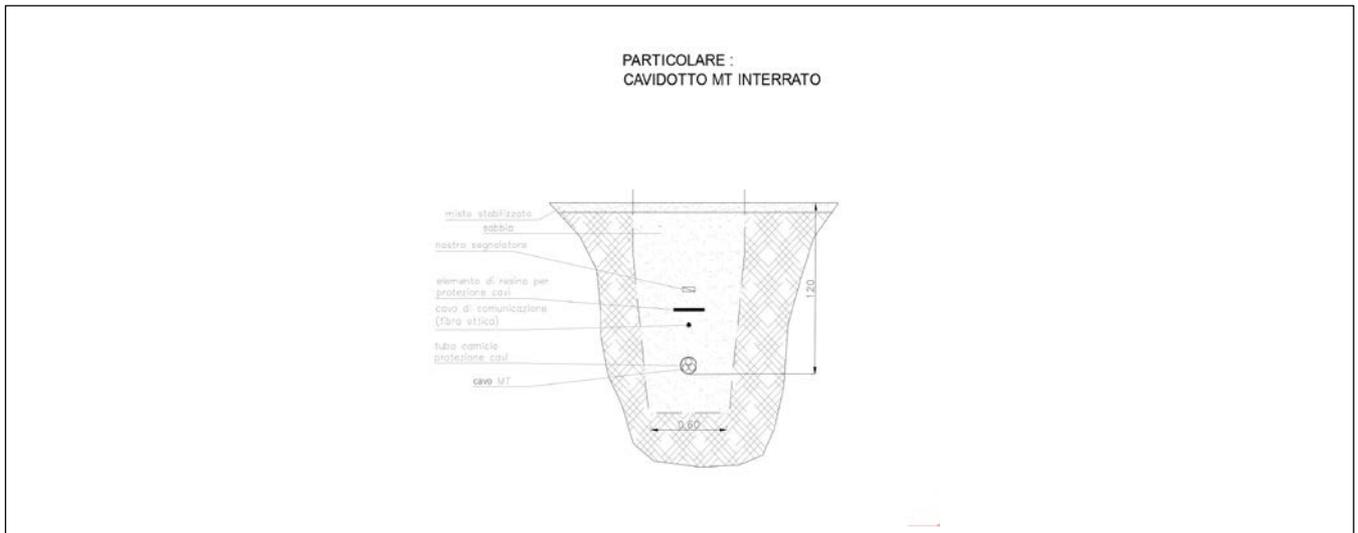


Grafico campo induzione magnetica generato dalle Linee L1

X(metri)	B(μT)	X(metri)	B(μT)
0,00	1,39	-20,00	0,00
0,50	1,18	-19,50	0,01
1,00	0,81	-19,00	0,01
1,50	0,53	-18,50	0,01
2,00	0,36	-18,00	0,01
2,50	0,26	-17,50	0,01
3,00	0,19	-17,00	0,01
3,50	0,14	-16,50	0,01
4,00	0,11	-16,00	0,01
4,50	0,09	-15,50	0,01
5,00	0,07	-15,00	0,01
5,50	0,06	-14,50	0,01
6,00	0,05	-14,00	0,01
6,50	0,04	-13,50	0,01
7,00	0,04	-13,00	0,01
7,50	0,03	-12,50	0,01
8,00	0,03	-12,00	0,01
8,50	0,03	-11,50	0,01
9,00	0,02	-11,00	0,02
9,50	0,02	-10,50	0,02
10,00	0,02	-10,00	0,02
10,50	0,02	-9,50	0,02
11,00	0,02	-9,00	0,02
11,50	0,01	-8,50	0,03
12,00	0,01	-8,00	0,03
12,50	0,01	-7,50	0,03
13,00	0,01	-7,00	0,04
13,50	0,01	-6,50	0,04
14,00	0,01	-6,00	0,05
14,50	0,01	-5,50	0,06
15,00	0,01	-5,00	0,07
15,50	0,01	-4,50	0,09
16,00	0,01	-4,00	0,11
16,50	0,01	-3,50	0,14
17,00	0,01	-3,00	0,19
17,50	0,01	-2,50	0,26
18,00	0,01	-2,00	0,36
18,50	0,01	-1,50	0,53
19,00	0,01	-1,00	0,81
19,50	0,01	-0,50	1,18
20,00	0,00	0,00	1,39

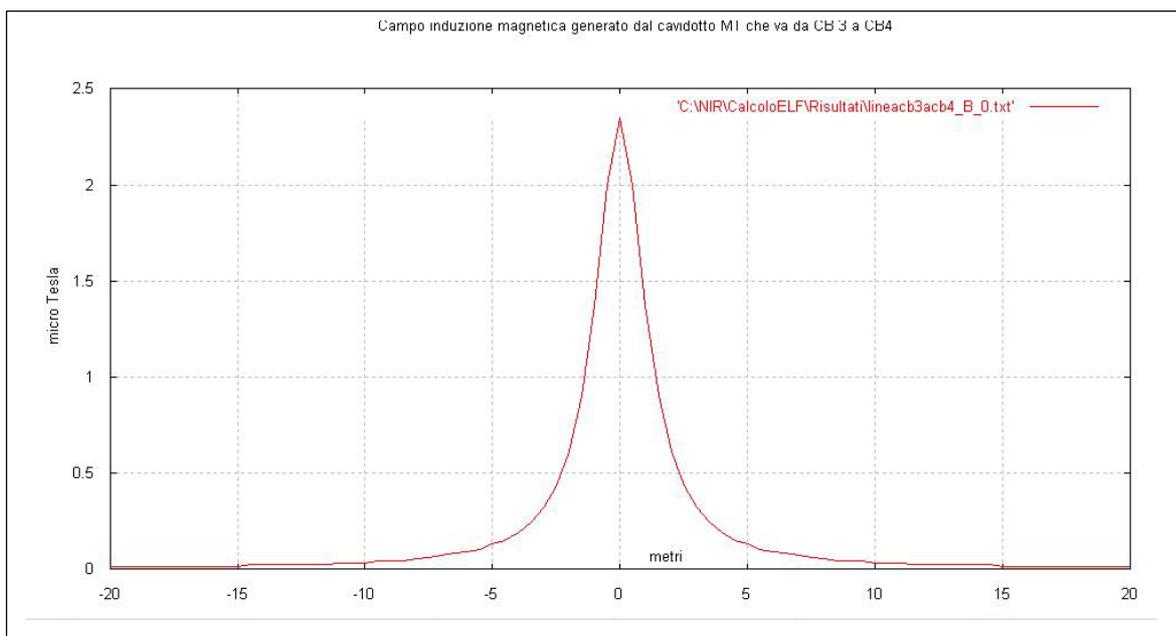
Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di parallelo **CB// 3**, e vanno verso la cabina di parallelo **CB//4** è riportato di seguito. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità .



Dalla simulazione con il software NIR del campo di induzione magnetica generato dalla terna di cavi assumendo per esse i seguenti dati di ingresso :

Linea L 2 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x400 mm² –

Corrente massima =676 A



X metri	B(μT)	X metri	B(μT)
0,00	2,35	-20,00	0,01
0,50	2,00	-19,50	0,01
1,00	1,37	-19,00	0,01
1,50	0,90	-18,50	0,01
2,00	0,61	-18,00	0,01
2,50	0,43	-17,50	0,01
3,00	0,32	-17,00	0,01
3,50	0,24	-16,50	0,01
4,00	0,19	-16,00	0,01
4,50	0,15	-15,50	0,01
5,00	0,13	-15,00	0,01
5,50	0,10	-14,50	0,02
6,00	0,09	-14,00	0,02
6,50	0,08	-13,50	0,02
7,00	0,07	-13,00	0,02
7,50	0,06	-12,50	0,02
8,00	0,05	-12,00	0,02
8,50	0,04	-11,50	0,02
9,00	0,04	-11,00	0,03
9,50	0,04	-10,50	0,03
10,00	0,03	-10,00	0,03
10,50	0,03	-9,50	0,04
11,00	0,03	-9,00	0,04
11,50	0,02	-8,50	0,04
12,00	0,02	-8,00	0,05
12,50	0,02	-7,50	0,06
13,00	0,02	-7,00	0,07
13,50	0,02	-6,50	0,08
14,00	0,02	-6,00	0,09
14,50	0,02	-5,50	0,10
15,00	0,01	-5,00	0,13
15,50	0,01	-4,50	0,15
16,00	0,01	-4,00	0,19
16,50	0,01	-3,50	0,24
17,00	0,01	-3,00	0,32
17,50	0,01	-2,50	0,43
18,00	0,01	-2,00	0,61
18,50	0,01	-1,50	0,90
19,00	0,01	-1,00	1,37
19,50	0,01	-0,50	2,00
20,00	0,01	0,00	2,35

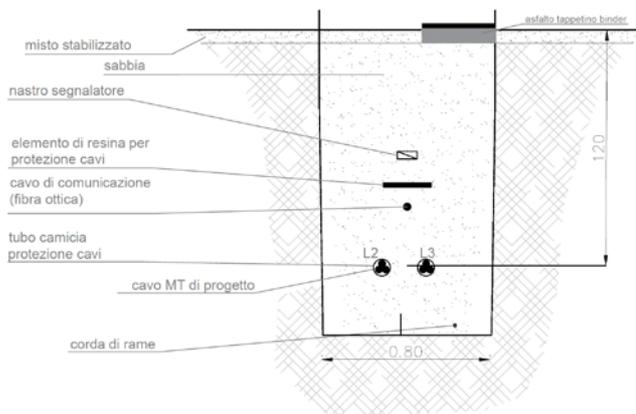
Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di parallelo **CB// 2**, e vanno verso la cabina di parallelo **CB//4** è riportato di seguito. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità .

Dalla simulazione con il software NIR del campo di induzione magnetica generato dalla terna di cavi assumendo per esse i seguenti dati di ingresso :

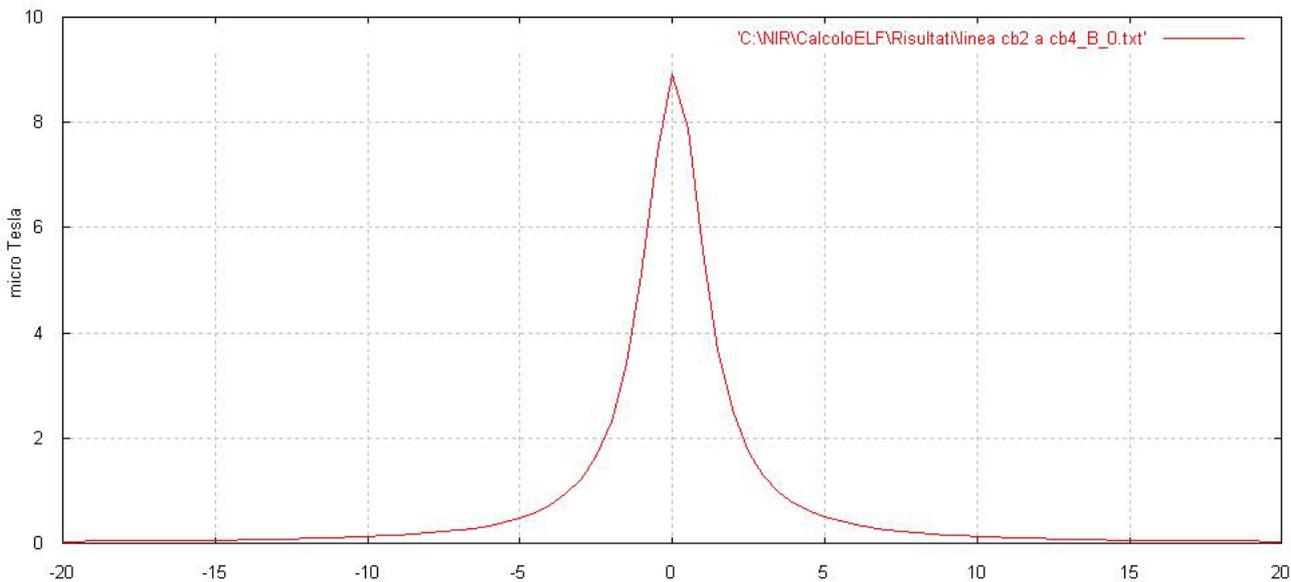
Linea L 3 e L4 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 2x3x1x630 mm2 –

Corrente massima = 812,4 A

PARTICOLARE :
CAVIDOTTO MT INTERRATO
CAVO 2X(3X1) X 630 mmq
TRE TERNE - MISTO / ASFALTO



Campo induzione magnetica generato da cavidotto MT da CB2 a CB4



Xmetri	BuT	Xmetri	BuT
0,00	8,92	-20,00	0,03
0,50	7,88	-19,50	0,03
1,00	5,55	-19,00	0,04
1,50	3,67	-18,50	0,04
2,00	2,48	-18,00	0,04
2,50	1,74	-17,50	0,04
3,00	1,28	-17,00	0,04
3,50	0,97	-16,50	0,05
4,00	0,76	-16,00	0,05
4,50	0,61	-15,50	0,05
5,00	0,50	-15,00	0,06
5,50	0,42	-14,50	0,06
6,00	0,35	-14,00	0,07
6,50	0,30	-13,50	0,07
7,00	0,26	-13,00	0,08
7,50	0,23	-12,50	0,08
8,00	0,20	-12,00	0,09
8,50	0,18	-11,50	0,10
9,00	0,16	-11,00	0,11
9,50	0,14	-10,50	0,12
10,00	0,13	-10,00	0,13
10,50	0,12	-9,50	0,14
11,00	0,11	-9,00	0,16
11,50	0,10	-8,50	0,17
12,00	0,09	-8,00	0,20
12,50	0,08	-7,50	0,22
13,00	0,08	-7,00	0,25
13,50	0,07	-6,50	0,29
14,00	0,07	-6,00	0,34
14,50	0,06	-5,50	0,40
15,00	0,06	-5,00	0,48
15,50	0,05	-4,50	0,59
16,00	0,05	-4,00	0,73
16,50	0,05	-3,50	0,93
17,00	0,04	-3,00	1,22
17,50	0,04	-2,50	1,65
18,00	0,04	-2,00	2,32
18,50	0,04	-1,50	3,41
19,00	0,04	-1,00	5,13
19,50	0,03	-0,50	7,42
20,00	0,03	0,00	8,92

Il campo di induzione magnetica scende sotto i 3μT a 2 metri di distanza dall'asse mediano verticale del cavidotto che passa per il centro della disposizione a trifoglio dei 3 cavi MT.

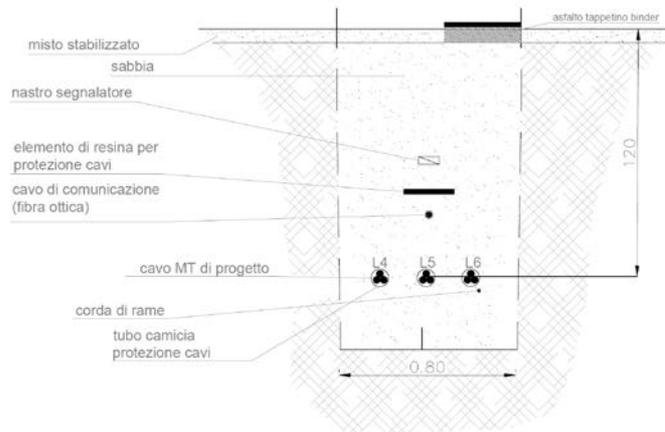
Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di parallelo **CB// 6**, e vanno verso la cabina di parallelo **CB//2** è riportato di seguito. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità .

Dalla simulazione con il software NIR del campo di induzione magnetica generato dalla terna di cavi assumendo per esse i seguenti dati di ingresso :

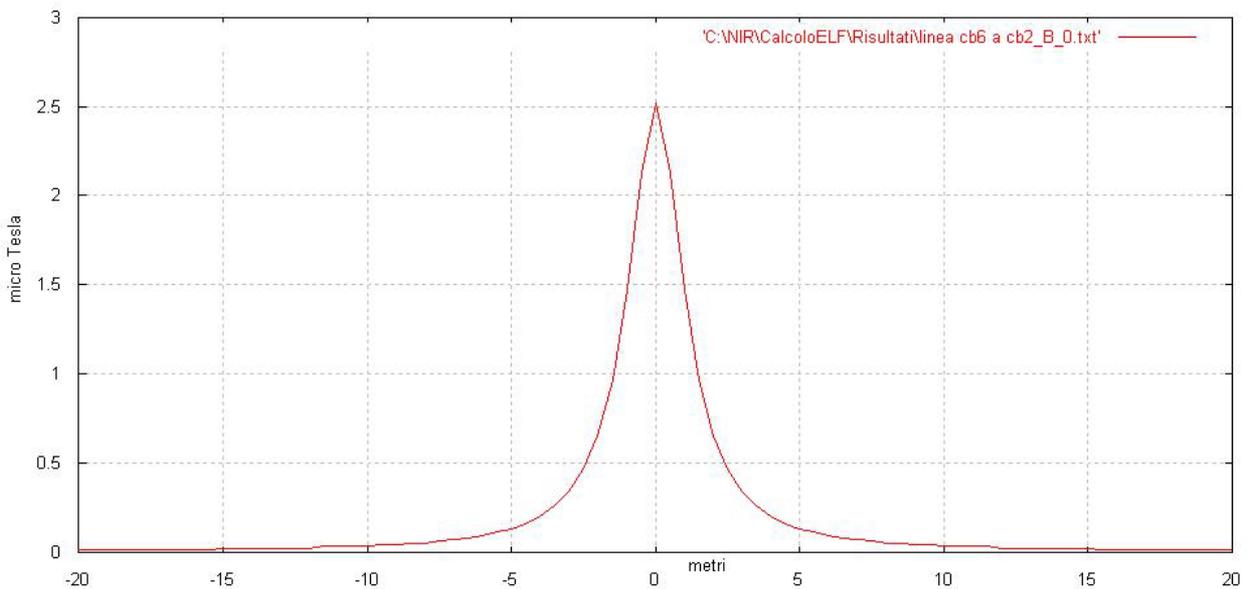
Linee L 5,L6,L7 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 3x1x630 mm2 –

Corrente massima = 560,52 A

PARTICOLARE :
CAVIDOTTO MT INTERRATO
CAVO 3X(3X1) X 630 mmq
TRE TERNE - MISTO / ASFALTO



Campo induzione magnetica generato da cavidotto Mt di collegamento CB6 a CB2



X metri	B(μT)
0,00	2,52
0,50	2,13
1,00	1,47
1,50	0,96
2,00	0,65
2,50	0,46
3,00	0,34
3,50	0,26
4,00	0,20
4,50	0,16
5,00	0,13
5,50	0,11
6,00	0,09
6,50	0,08
7,00	0,07
7,50	0,06
8,00	0,05
8,50	0,05
9,00	0,04
9,50	0,04
10,00	0,03
10,50	0,03
11,00	0,03
11,50	0,03
12,00	0,02
12,50	0,02
13,00	0,02
13,50	0,02
14,00	0,02
14,50	0,02
15,00	0,02
15,50	0,01
16,00	0,01
16,50	0,01
17,00	0,01
17,50	0,01
18,00	0,01
18,50	0,01
19,00	0,01
19,50	0,01
20,00	0,01

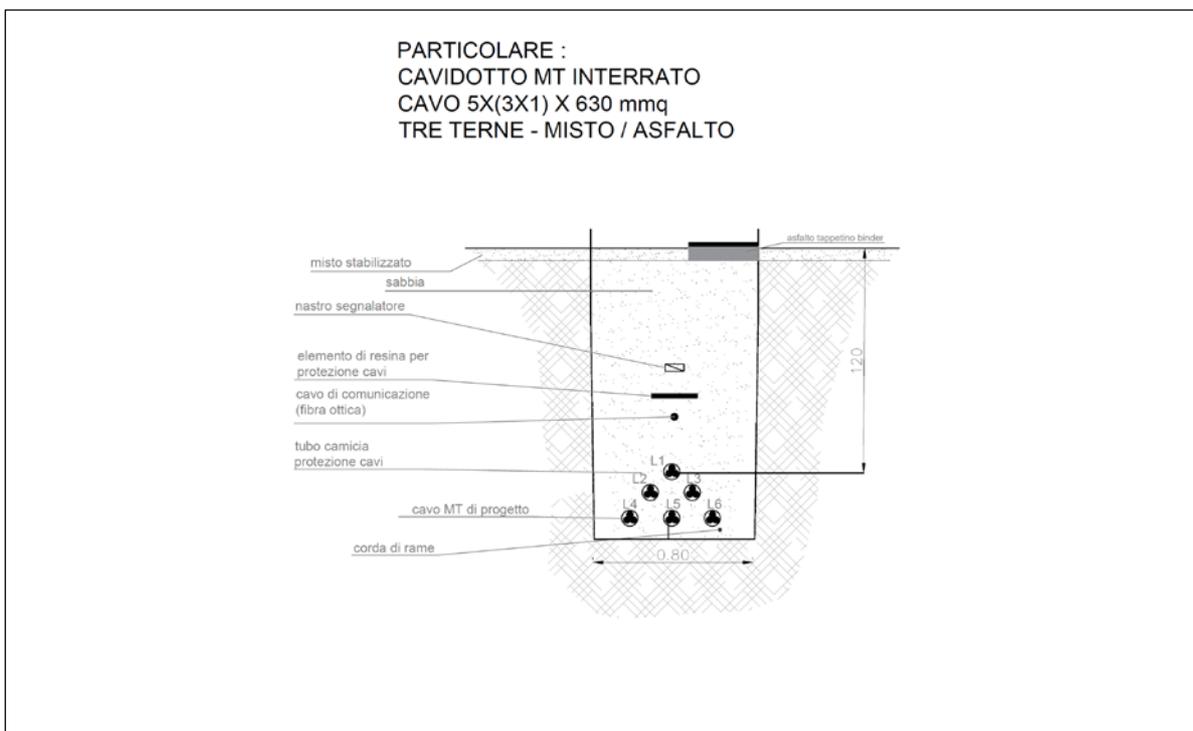
X metri	B(μT)
-20,00	0,01
-19,50	0,01
-19,00	0,01
-18,50	0,01
-18,00	0,01
-17,50	0,01
-17,00	0,01
-16,50	0,01
-16,00	0,01
-15,50	0,01
-15,00	0,02
-14,50	0,02
-14,00	0,02
-13,50	0,02
-13,00	0,02
-12,50	0,02
-12,00	0,02
-11,50	0,03
-11,00	0,03
-10,50	0,03
-10,00	0,03
-9,50	0,04
-9,00	0,04
-8,50	0,05
-8,00	0,05
-7,50	0,06
-7,00	0,07
-6,50	0,08
-6,00	0,09
-5,50	0,11
-5,00	0,13
-4,50	0,16
-4,00	0,20
-3,50	0,26
-3,00	0,34
-2,50	0,46
-2,00	0,65
-1,50	0,96
-1,00	1,47
-0,50	2,13
0,00	2,52

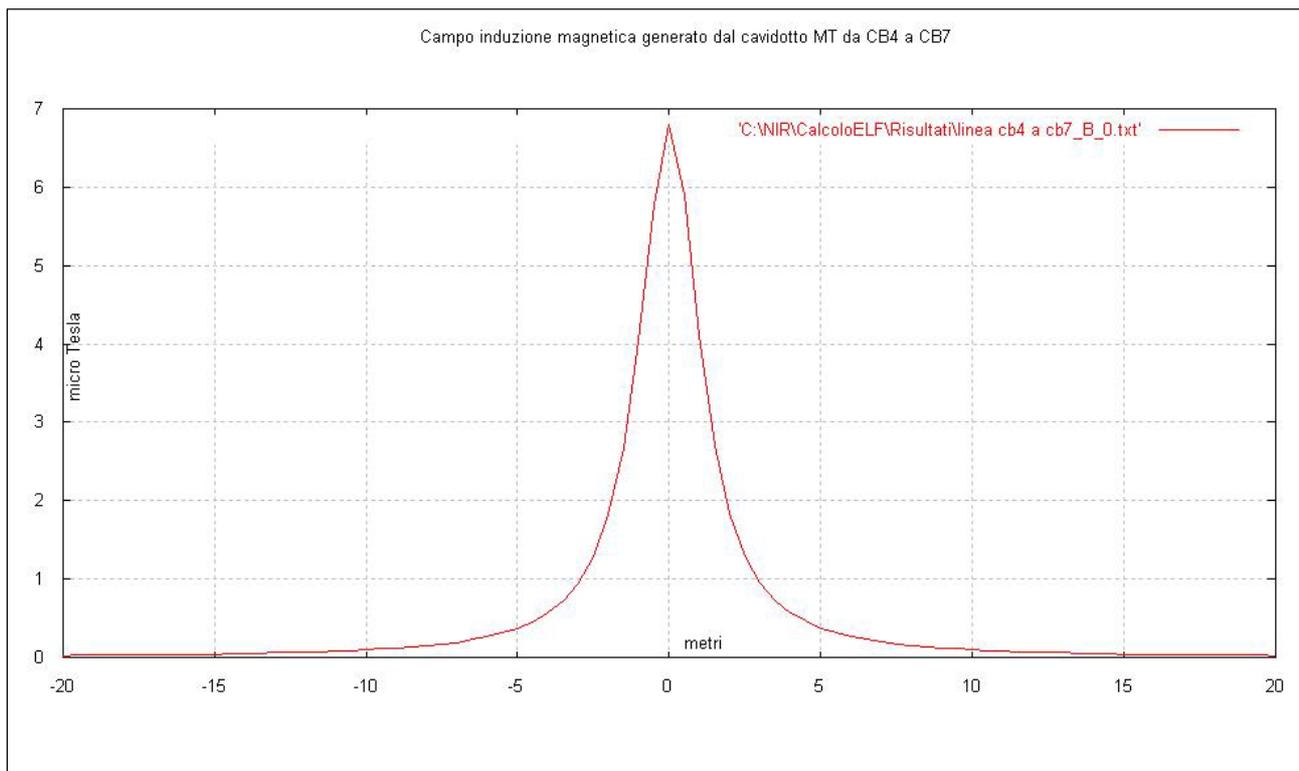
Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di parallelo **CB// 4**, e vanno verso la cabina di parallelo **CB//7** è riportato di seguito. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità .

Dalla simulazione con il software NIR del campo di induzione magnetica generato dalla terna di cavi assumendo per esse i seguenti dati di ingresso :

Linea L8,L9,L10,L11,L12 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 5X3x1x630 mm² –

Corrente massima = 1459,44 A





X metri	B(μT)	X metri	B(μT)
0,00	6,80	-20,00	0,02
0,50	5,90	-19,50	0,03
1,00	4,11	-19,00	0,03
1,50	2,71	-18,50	0,03
2,00	1,83	-18,00	0,03
2,50	1,29	-17,50	0,03
3,00	0,95	-17,00	0,03
3,50	0,72	-16,50	0,04
4,00	0,57	-16,00	0,04
4,50	0,46	-15,50	0,04
5,00	0,37	-15,00	0,04
5,50	0,31	-14,50	0,05
6,00	0,26	-14,00	0,05
6,50	0,23	-13,50	0,05
7,00	0,20	-13,00	0,06
7,50	0,17	-12,50	0,06
8,00	0,15	-12,00	0,07
8,50	0,13	-11,50	0,07
9,00	0,12	-11,00	0,08
9,50	0,11	-10,50	0,09
10,00	0,10	-10,00	0,10
10,50	0,09	-9,50	0,11
11,00	0,08	-9,00	0,12
11,50	0,07	-8,50	0,13
12,00	0,07	-8,00	0,15
12,50	0,06	-7,50	0,17
13,00	0,06	-7,00	0,19
13,50	0,05	-6,50	0,23
14,00	0,05	-6,00	0,26
14,50	0,05	-5,50	0,31
15,00	0,04	-5,00	0,37
15,50	0,04	-4,50	0,45
16,00	0,04	-4,00	0,56
16,50	0,04	-3,50	0,72
17,00	0,03	-3,00	0,94
17,50	0,03	-2,50	1,28
18,00	0,03	-2,00	1,82
18,50	0,03	-1,50	2,68
19,00	0,03	-1,00	4,04
19,50	0,03	-0,50	5,78
20,00	0,02	0,00	6,80

I campo di induzione magnetica scende sotto i 3μT a 1,5 metri di distanza dall'asse mediano verticale del cavidotto che passa per il centro della disposizione a trifoglio dei 3 cavi MT.

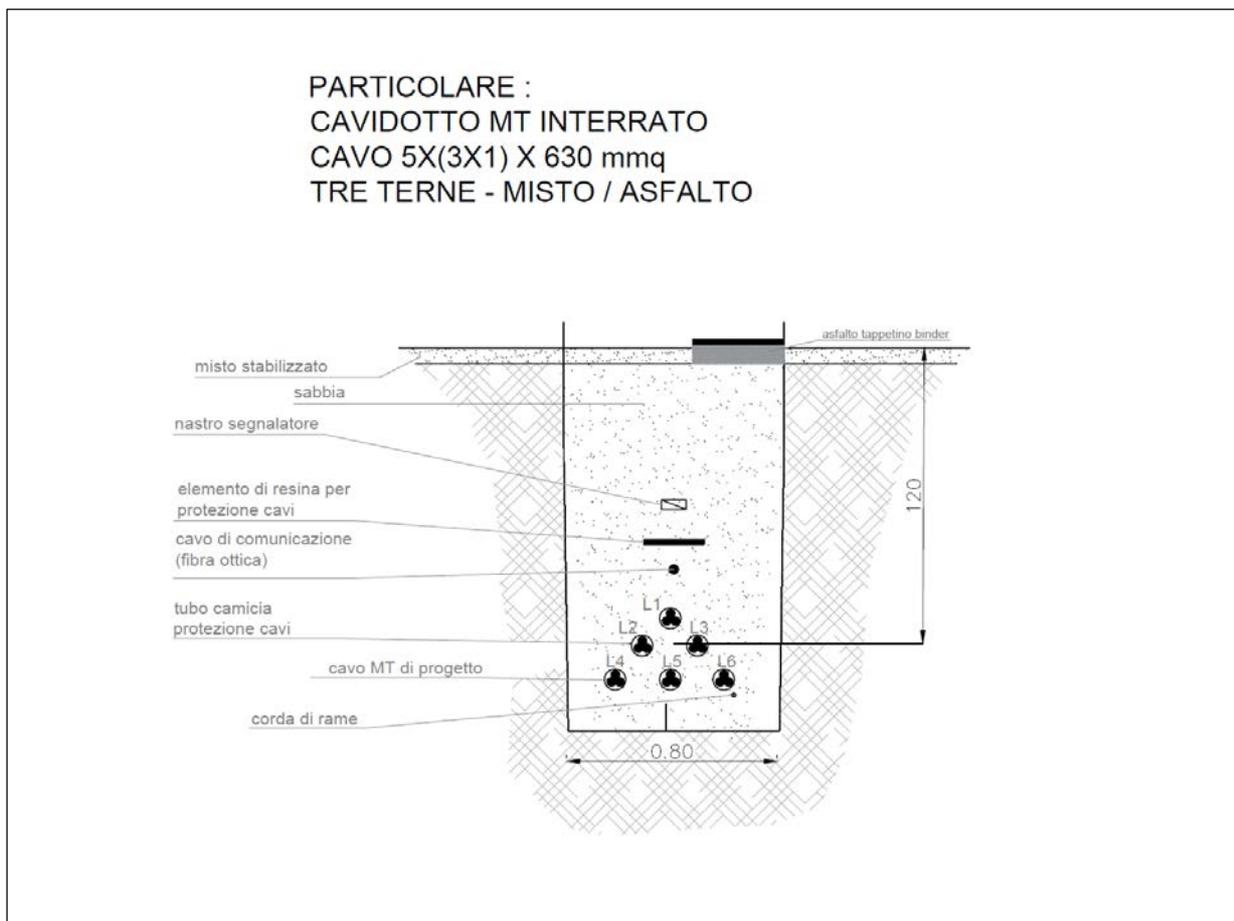
Infine è stato calcolato il campo di induzione magnetica dei cavidotti che trasportano l'energia prodotta dall'impianto agro voltaico dalla cabina di parallelo CB//7 alla SE di Utenza.

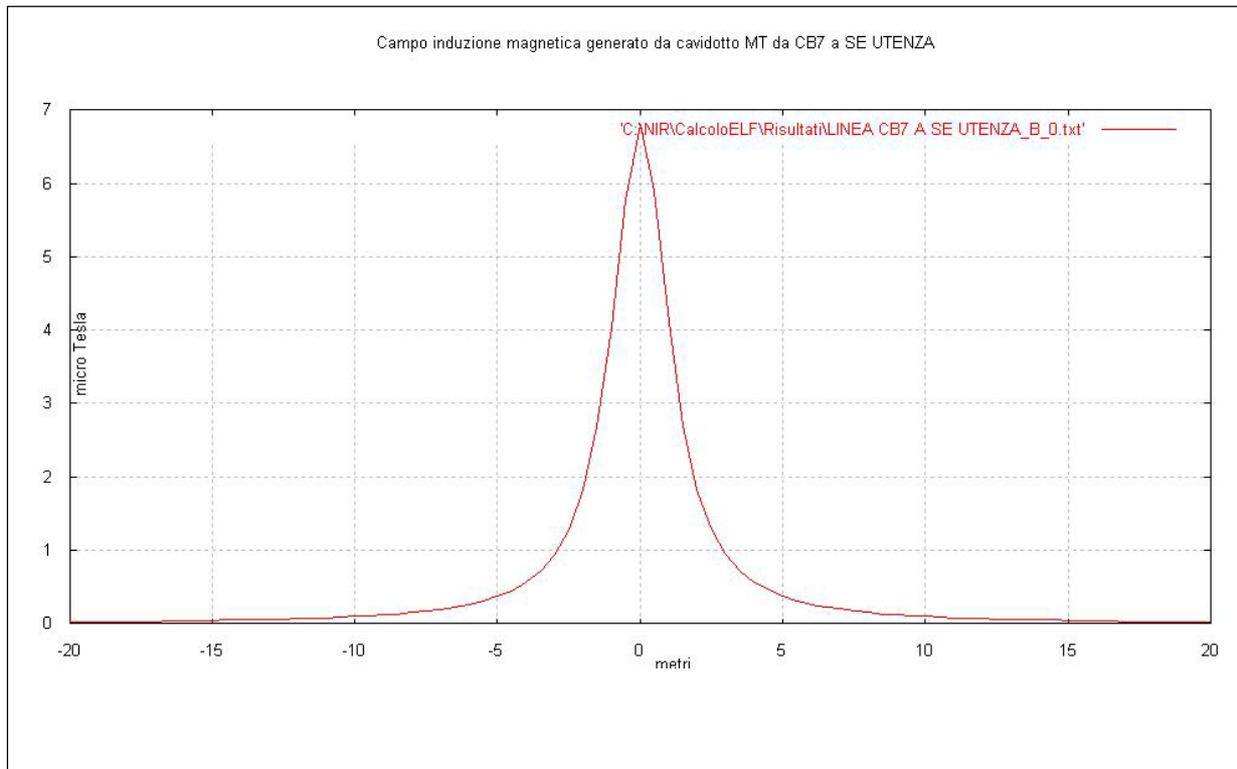
Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità .

Dalla simulazione con il software NIR del campo di induzione magnetica generato dalla terna di cavi assumendo per esse i seguenti dati di ingresso :

Linea L13,L14,L15,L16,L17,L18 = cavo unipolare in configurazione a trifoglio 6X3x1x630 mm² –

Corrente massima = 1.614 A





X metri	B(μT)	X metri	B(μT)
0,00	6,80	-20,00	0,02
0,50	5,90	-19,50	0,03
1,00	4,41	-19,00	0,03
1,50	2,71	-18,50	0,03
2,00	1,83	-18,00	0,03
2,50	1,29	-17,50	0,03
3,00	0,95	-17,00	0,03
3,50	0,72	-16,50	0,04
4,00	0,57	-16,00	0,04
4,50	0,46	-15,50	0,04
5,00	0,37	-15,00	0,04
5,50	0,31	-14,50	0,05
6,00	0,26	-14,00	0,05
6,50	0,23	-13,50	0,05
7,00	0,20	-13,00	0,06
7,50	0,17	-12,50	0,06
8,00	0,15	-12,00	0,07
8,50	0,13	-11,50	0,07
9,00	0,12	-11,00	0,08
9,50	0,11	-10,50	0,09
10,00	0,10	-10,00	0,10
10,50	0,09	-9,50	0,11
11,00	0,08	-9,00	0,12
11,50	0,07	-8,50	0,13
12,00	0,07	-8,00	0,15
12,50	0,06	-7,50	0,17
13,00	0,06	-7,00	0,19
13,50	0,05	-6,50	0,23
14,00	0,05	-6,00	0,26
14,50	0,05	-5,50	0,31
15,00	0,04	-5,00	0,37
15,50	0,04	-4,50	0,45
16,00	0,04	-4,00	0,56
16,50	0,04	-3,50	0,72
17,00	0,03	-3,00	0,94
17,50	0,03	-2,50	1,28
18,00	0,03	-2,00	1,82
18,50	0,03	-1,50	2,68
19,00	0,03	-1,00	4,04
19,50	0,03	-0,50	5,78
20,00	0,02	0,00	6,80

In sintesi dai calcoli effettuati risulta che il campo di induzione magnetica di ciascuna linea a livello del piano di campagna e la relativa DPA assumono i seguenti valori :

NOME LINEA	COLLEGAMENTO	CONFIGURAZIONE CAVIDOTTO	VALORE MAX CAMPO INDUZIONE MAGNETICA (μ T)	DISTANZA X IN METRI DALL'ASSE DEI CAVIDOTTI A CUI IL CAMPO INDUZIONE MAGNETICA è = \leq 3 μ T	VALORE DPA ASSUNTO
L1	DA CB//1 A CB//3	3X1X400 mmq	1,39	0	0
L2	DA CB//3 A CB//4	3x1x400 mmq	2,35	0	0
L3,L4	DA CB//2 A CB//4	2x3x1x630 mmq	8,92	1,5	2
L5,L6,L7	Da CB//6 A CB//2	3X1X630 mmq	2,52	0	0
L8,L9,L10,L11,L12	Da CB//4 A CB//7	5X1X630 mmq	6,8	1,5	2
L13,L14,L15,L16,L17,L18	DA CB//7 A SE UTENZA	6x1x630 mmq	6,8	1,5	2

Come si evince dai risultati numerici e dal grafico su riportato, il campo di induzione magnetica sul piano di campagna dato dalle terne di cavo delle linee **L1,L2,L5,L6,L7** di collegamento tra le cabine di parallelo **CB//1-CB//3-CB//4-CB//2-CB//6** restano sempre sotto il valore di 3 μ T, le linee **L3,L4,L8,L9,L10,L11,L12,L13,L14,L15,L16,L17,L18** di collegamento tra le cabine di parallelo **CB//2,CB//4,CB//7** presentano un campo di induzione magnetica che resta sotto il valore dei 3 μ T a una distanza di 1,5 m. dall'asse del cavidotto per cui è necessario definire una **DPA** di 2 metri volendo approssimare al metro tali distanze. I tracciati di posa dei cavi sono stato studiati in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3 μ T in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata. Anche per i cavidotti in MT interni ai campi fotovoltaici dove in ogni caso i valori dei campi di induzione magnetica sono inferiori a 3 μ T si troveranno collocati in zone dove la presenza umana sarà molto scarsa, solo periodicamente durante le ispezioni di manutenzione. Infine poiché i cavi MT utilizzati sono schermati il **campo elettrico** esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

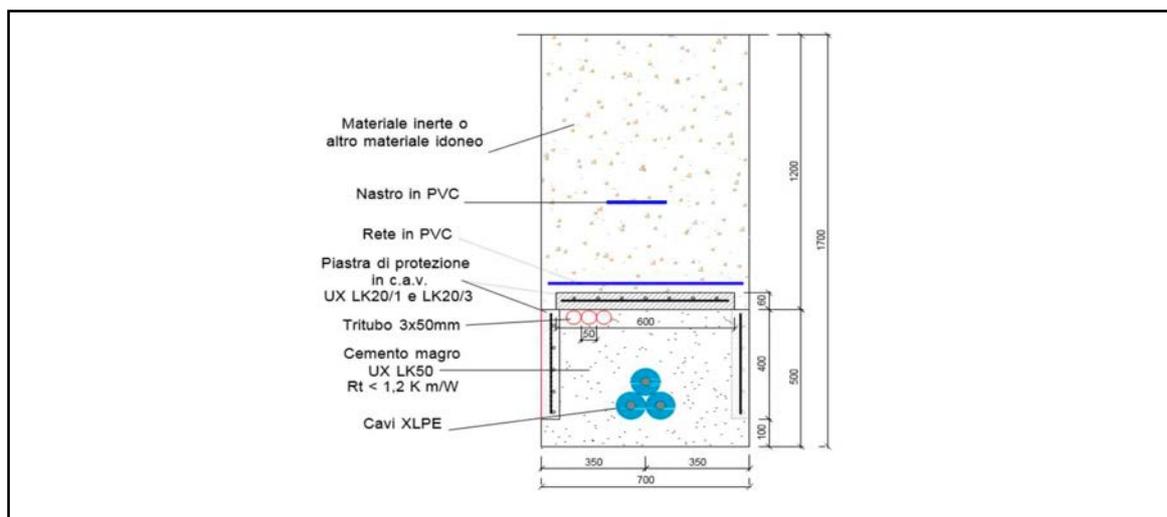
6.1.5 Linea AT in corrente alternata

Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in AT tra la stazione elettrica di utenza e la stazione satellite di Terna a 150 kV , sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la

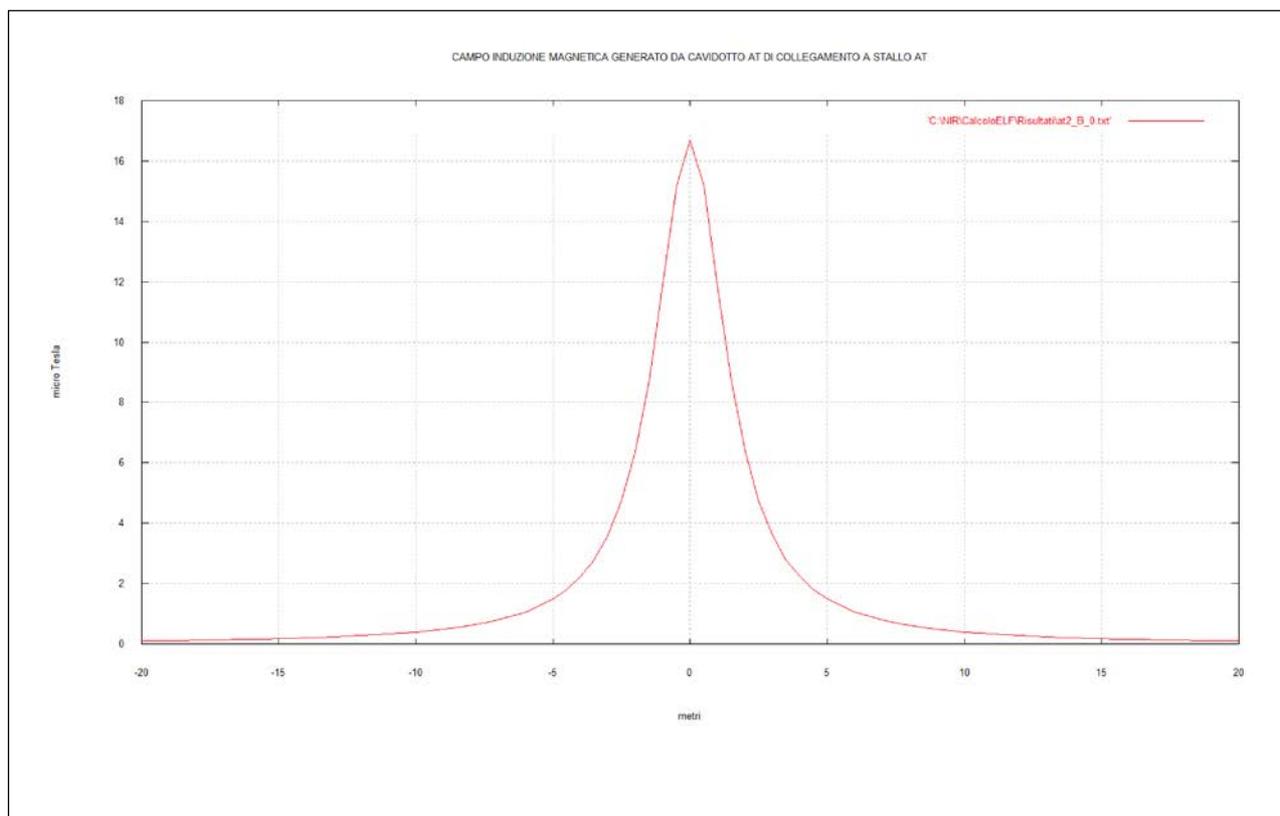
scelta di operare con linee in AT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno. Nel caso in questione, lo studio del campo magnetico è stato effettuato, alla tensione nominale di 150 kV, sul seguente tratto di cavidotto così costituito:

LINEA AT - una terna di conduttori di sezione 1600 mm² percorsa da corrente massima pari a 1333A considerando che tale linea AT dovrà trasportare anche l'energia prodotta da tutti gli altri impianti che sottoscriveranno l'accordo di condivisione dello stallo per una potenza complessiva di circa 200 MW . Pertanto nella valutazione del campo elettromagnetico si è considerato il caso di massima immissione di potenza in rete generata da tutti gli impianti di produzione che utilizzano tale cavidotto in AT .

I valori del campo magnetico sono stati misurati a livello del piano di campagna. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano, per ognuna delle situazioni richiamate, l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.



LINEA AT - Cavidotto AT ad una terna di sezione 1600 mm² interrata a 1.7 m dal piano di campagna

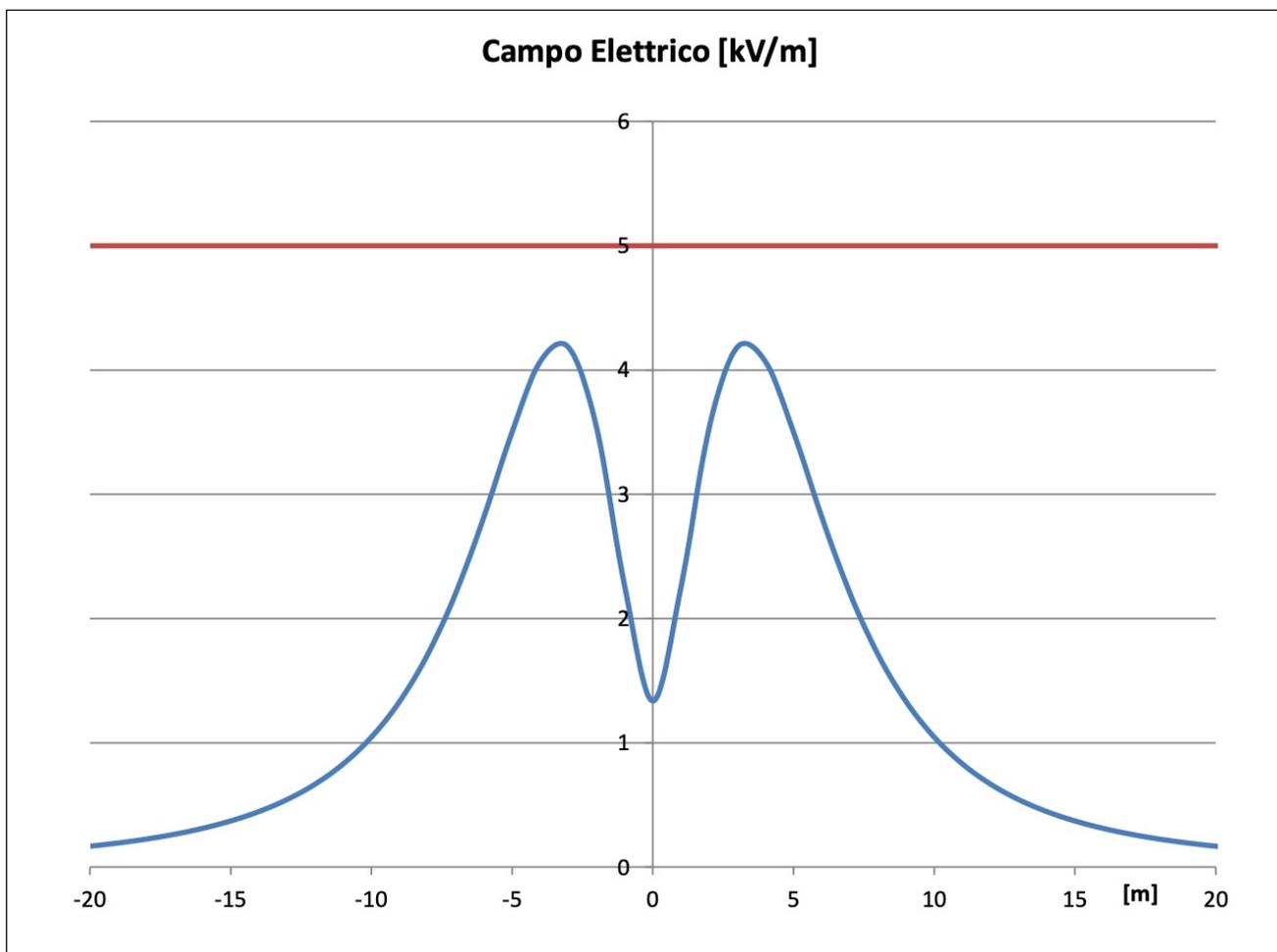


metri	μ Testla	metri	μ Testla
-20	.1	0	16.69
-19.5	.11	.5	15.16
-19	.11	1	11.88
-18.5	.12	1.5	8.73
-18	.13	2	6.36
-17.5	.13	2.5	4.72
-17	.14	3	3.59
-16.5	.15	3.5	2.79
-16	.16	4	2.23
-15.5	.17	4.5	1.81
-15	.18	5	1.5
-14.5	.19	5.5	1.26
-14	.21	6	1.07
-13.5	.22	6.5	.92
-13	.24	7	.8
-12.5	.26	7.5	.7
-12	.28	8	.62
-11.5	.31	8.5	.55
-11	.33	9	.49
-10.5	.36	9.5	.44
-10	.4	10	.4
-9.5	.44	10.5	.36
-9	.49	11	.33
-8.5	.55	11.5	.31
-8	.62	12	.28
-7.5	.7	12.5	.26
-7	.8	13	.24
-6.5	.92	13.5	.22
-6	1.07	14	.21
-5.5	1.26	14.5	.19
-5	1.5	15	.18
-4.5	1.81	15.5	.17
-4	2.23	16	.16
-3.5	2.79	16.5	.15
-3	3.59	17	.14
-2.5	4.72	17.5	.13
-2	6.36	18	.13
-1.5	8.73	18.5	.12
-1	11.88	19	.11
-.5	15.16	19.5	.11
0	16.69	20	.1

Dal calcolo effettuato si evince come il valore del campo di induzione magnetica pari a 3μ T viene raggiunto a una distanza dall'asse del cavidotto di poco più di 3,5 metri per cui si può considerare come valore della DPA la distanza di ± 4 metri dall'asse del cavidotto.

6.1.6 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA

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. 10 m di distanza da queste ultime.

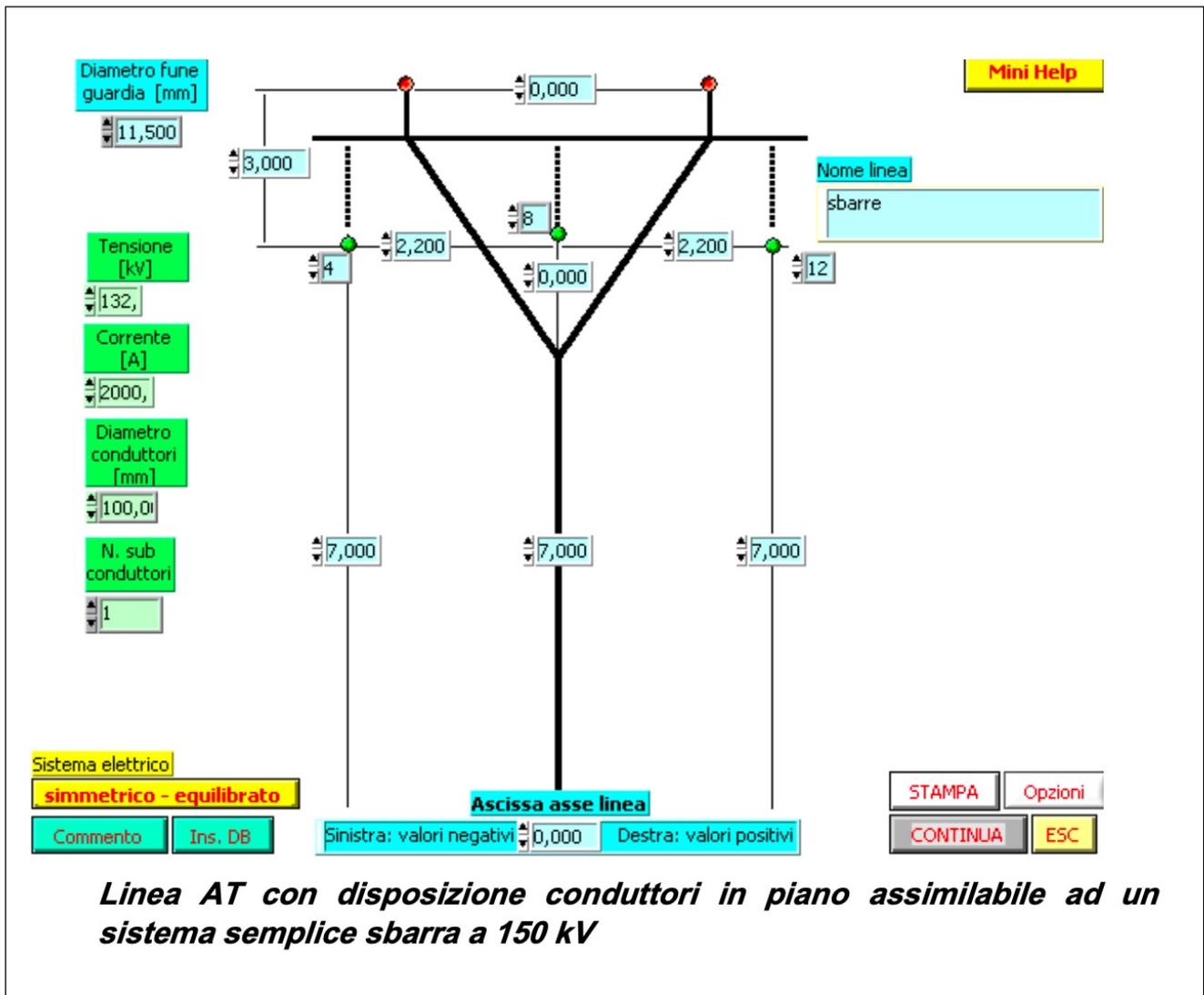


Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV

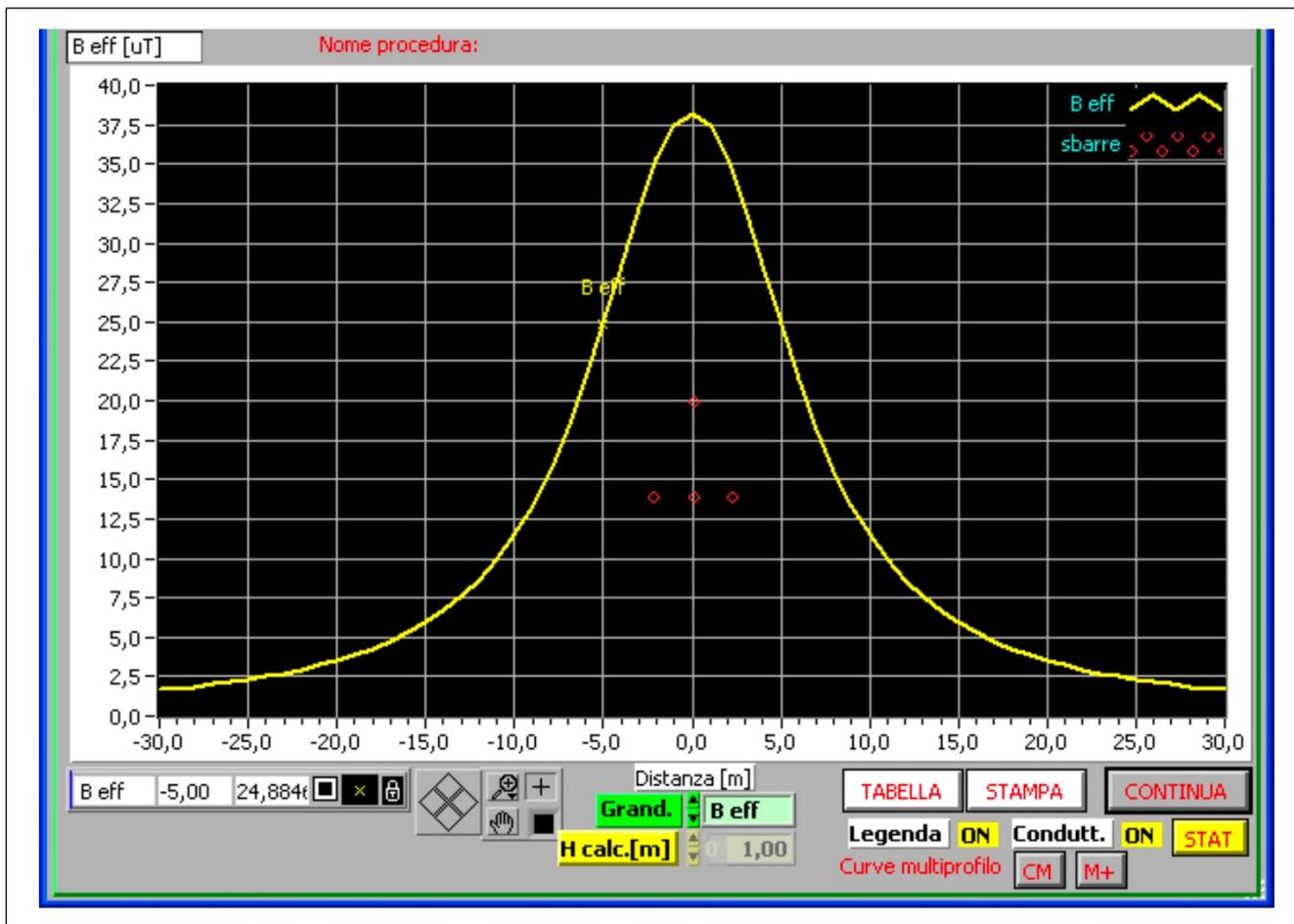
I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle via cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3 μ 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.

A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre presenti in stazione, considerando una corrente massima di 2000 A pari alla corrente massima sopportabile dalle sbarre stesse. Nella seguente figura è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione d'utenza.



Schematizzazione sistema sbarre della sottostazione AT/MT a 150 kV



Valore del campo di induzione magnetica generato per $I = 2000 \text{ A}$

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

7.ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di $3 \mu\text{T}$, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza del cavidotto MT lungo le tratte che collegano le cabine di parallelo dei campi fotovoltaici (e/o raccolta dell'energia) ,nella tratta di cavidotto MT che va dall'ultima cabina di parallelo posta nel Campo 3 alla SE di Utenza e lungo il cavidotto AT che dalla SE di Utenza collega fino alla futura stazione satellite 150

kV ubicata nel Comune di Ascoli Satriano al F. 57 p.86 quale ampliamento della esistente stazione 380/150 kV di Deliceto; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di 2 m a cavallo della mezzeria del cavidotto MT e 4 metri lungo il cavidotto AT che avranno una lunghezza rispettivamente di circa 8.500 m. e 170 m.. D'altra parte trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003. La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 6,34 m attorno alle cabine di trasformazione ed alla cabina di impianto, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT e del breve cavidotto AT. Infatti, anche per la stazione d'utenza, ad eccezione che in corrispondenza degli ingressi e delle uscite linea, al di fuori della recinzione della stazione, i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

8 CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete di 50 Hz degli elettrodotti". In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione. Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica atteso non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione. Per quanto riguarda i cavidotti MT sia interni ai Campi fotovoltaici che esterni di collegamento alla SE di Utenza è stato riscontrato come il valore del Campo di induzione magnetica di ciascuno di essi si tenga sotto il valore di $3\mu\text{T}$ rispettando gli obiettivi di qualità fissati per legge nella fascia di DPA considerata pari a 2 metri per i cavidotti MT e 4 metri per il cavidotto AT. Si esclude inoltre la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno. Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 3593 kVA), già a circa 6,34 m (DPA) dalla cabina stessa. Per quanto riguarda la cabina d'impianto, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obiettivo di qualità si raggiunge a circa 3 m (DPA) dalla cabina stessa. Comunque considerando che nelle cabine di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.

ALLEGATI : MMIT_CSD_B4.1_TAVOLE DPA SU ORTOFOTO SCALA 1:10.000

Capaccio Paestum , LI 15 giugno 2022

IL TECNICO
Ing. Marsicano Giovanni

