



REGIONE CAMPANIA



PROVINCIA DI BENEVENTO



COMUNE DI APOLLOSA (BN)



COMUNE DI CASTELPOTO (BN)



COMUNE DI BENEVENTO (BN)

OGGETTO:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO NELLA LOCALITA' "PEZZA DELLE CAVE" NEI COMUNI DI APOLLOSA (BN), CASTELPOTO (BN) E BENEVENTO (BN) DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 44.036,3 KWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 35.000 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE UBICATE NEL COMUNE DI BENEVENTO (BN)

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

COMMITTENTE APOLLOSA SOLAR PARK S.R.L. VIALE FRANCESCO RASTELLI N.3/7 20124 MILANO P.IVA 06055390659	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	AGOSTO 2022	202100416	MMIT_APB_B04	Ing.Giovanni Marsicano

REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI : BENEVENTO
COMUNI DI BENEVENTO, APOLLOSA E CASTELPOTO
Località "PEZZA DELLE CAVE"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO VOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 44.036,3 kWp e MASSIMA IN IMMISIONE IN AC PARI A 35.000 KW NEI COMUNI DI BENEVENTO (BN), APOLLOSA (BN) E CASTELPOTO (BN) IN LOCALITA' PEZZA DELLE CAVE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI BENEVENTO (BN)

ELABORATO:
RELAZIONE DI VERIFICA DI COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA DEGLI IMPIANTI

Elaborato: MMIT_APB_B04

Committente :

APOLLOSA SOLAR PARK SRL

Viale Francesco Rastelli, nr. 3/7
20124 Milano (MI)
P.IVA 06055390659

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	7
5 CARRATERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	9
5.1 CARATTERISTICHE DEL GRUPPO DI CONVERSIONE E TRASFORMAZIONE	11
Inverter (Convertitori CC/CA).....	14
Trasformatori BT/MT	15
Quadri corrente alternata (QCA).....	15
5.2 CARATTERISTICHE DELLE CABINE DI RACCOLTA IN MT	16
5.4 CAVI ELETTRICI	16
5.4.2 Caratteristiche generali cavo interrato in MT	17
Caratteristiche tecniche generali.....	22
6 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	24
6.1 Campi elettromagnetici impianto fotovoltaico	24
7.ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI	43
8 CONCLUSIONI	44

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 "PEZZA DELLE CAVE" nei Comuni di Benevento (Bn), Apollosa (Bn) e Castelpoto (Bn) con relative opere di connessione ricadenti nel Comune di Benevento (Bn) sempre nella località Pezza delle Cave. L'impianto fotovoltaico di progetto avrà una potenza nominale di picco in DC pari a 44.036,3 kWp con una corrispondente potenza in immissione in AC di 35.000 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 $3 \mu\text{T}$ 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 $3\mu\text{T}$ 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 agrovoltaiico della potenza complessiva in DC di **44.036,3 kWp** a cui corrisponde una potenza di connessione in AC di **35.000 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 66.220 pannelli fotovoltaici monocristallino, per una potenza di picco complessiva di **44.036,3 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. 2.365 inseguitori da 28 moduli in configurazione verticale, a una distanza di pitch uno dall'altro in direzione est-ovest di 9 metri. Il modello di modulo fotovoltaico previsto è "**CS7N-665MS (1500V) bifacciale**" della **CANADIAN SOLAR** da **665 Wp** bifacciale in silicio monocristallino. L'impianto fotovoltaico interesserà complessivamente una superficie contrattualizzata di **55,43 Ha** di cui soltanto circa **24,913 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 voltaico sarà realizzato in agro dei Comuni di **BENEVENTO (BN)**, **APOLLOSA (BN)** e **CASTELPOTO (BN)** in località "Pezza delle Cave" ai seguenti Fogli e particelle:

Comune di Benevento al:

F. 43 p. 134-142-26-141-140-143-136-135-360

Comune di Apollosa al :

F.8 p. 19-41-33-39-40-42-183-173-3-34-43-44-172-16-193-223-197-171-210-15-277-274-424-179-9-226-227-17-198-47-273-264-262-5-20-48-21-22-263-38-23-46-255-254-233

F.3 p. 199-12

F. 2 P 124-125-132-184-131-127-128

Comune di Castelpoto al :

F. 13 P. 35-65-9-67-12-194-200-87-196-86-198-195-36-45-46-199-66

Le opere di connessione e la SE di Utenza cadranno nel Comune di Benevento (Bn) al

Foglio 43 p. 360 (SE UTENZA) e 403 (Stallo all'interno della SE RTN 380/150 KV "Benevento 2")

L'impianto fotovoltaico è essenzialmente suddiviso in 2 CAMPI aventi le seguenti estensioni, ubicazioni catastali e coordinate geografiche di riferimento:

Comune	Campo	Fogli e Particelle	Ha Tot. Particelle	Ha	Ha occupati dalle strutture	Coordinata E (UTM WGS84)	Coordinata N (UTM WGS84)
				interessati dal progetto agrovoltaico			
Apollosa	1	Foglio 8 P. 19-41-33-39-40-42-183-173-3-34-43-44-172-16-193-223-197-171-210-15-277-274-424-179-9-226-227-17-198-47-273-264-262-5-20-48-21-22-263-38-23-46-255-254-233 Foglio 3 P. 199-12	28,01	29,42	11,06	475709	455003
Benevento	1	Foglio 43 p. 360	8,24	8,00	3,04	475968	4550891
Castelpoto	2	Foglio 13 P. 35-65-9-67-12-194-200-87-196-86-198-195-36-45-46-199-66	13,33	11,17	4,00	476103	4551342

Benevento	2	Foglio 43 p. 134-142-26-141-140-143-136-135	17,54	5,22	2,04	475903	4551579
Apollosa	2	Foglio 2 P. 124-125-132-184-131-127-128	3,16	1,19	0,53	475990	4551342
Benevento	Substation	Foglio 43 p. 360	8,24	0,43		476000	4551101
			62,04	55,43	20,67		

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 380 m. ai 311 m. lungo tutto l'impianto agrovoltaiico 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 146 , SP 150 e SS7. La connessione dell'impianto alla RTN è prevista in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV della esistente Stazione di Terna 380/150 kV "Benevento 2" su uno stallo esistente da adeguare come previsto nel preventivo di connessione rilasciato da Terna Spa e regolarmente accettato – **STMG cod. id. 202100416**. L'impianto fotovoltaico sarà collegato tramite due cavidotti MT interrati che dalle cabine di consegna più lontane di ciascun Campo fotovoltaico in direzioni opposte raggiungeranno la SE di Utenza 30/150 kV ubicata in posizione baricentrica rispetto ai 2 campi agri voltaici di progetto. Da tale SE di Utenza 30/150 kV e più precisamente dalla barra 150 kV condivisa con altro produttore partirà un unico cavidotto in AT lungo 515 metri che giungerà sino allo stallo assegnato da Terna SPA all'interno della esistente stazione SE RTN 380/150 kV denominata "Benevento 2" .I cavidotti sia MT di collegamento tra i campi fotovoltaici e la SE di Utenza che il cavidotto AT 150 kV percorreranno per la maggior parte del loro percorso la strada comunale esistente in località Pezza delle Cave.

L'intero impianto agro voltaico occupa un'area contenuta e ricadente per quanto riguarda i campi fotovoltaici nel Comune di Benevento, Apollosa e Castelpoto in Provincia di Benevento , mentre per le opere di rete saranno realizzate nel Comune di Benevento . Il cavidotto interrato di collegamento dell'impianto alla SE di Utenza è costituito da 4 terne di cavi da 300 mmq di cui 3 terne relative al collegamento Campo 1 -SE Utenza saranno posizionate in un unico scavo così come la singola terna di cavi da 300 mmq relativa al collegamento Campo 2- SE Utenza sarà posizionata in un unico scavo.

4. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il generatore fotovoltaico sarà costituito da N° 66.220 moduli da 665 Wp cad. ed avrà una potenza complessiva in DC di 44.036.3kWp mentre in AC di 35.000 kW.

Il generatore fotovoltaico sarà suddiviso in n° 2 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	30.034,6	30.034,6	25.000	1.20	1613	10	Nr. 10 da 2.500 kVA
2	14.002,24	14.002,24	10.000	1.40	752	4	Nr.4 da 2.500 kVA
TOTAL E	44.036,3	44.036,3	35.000		2365	14	

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 35.000 kW così come previsto nella STMG rilasciata al Committente.

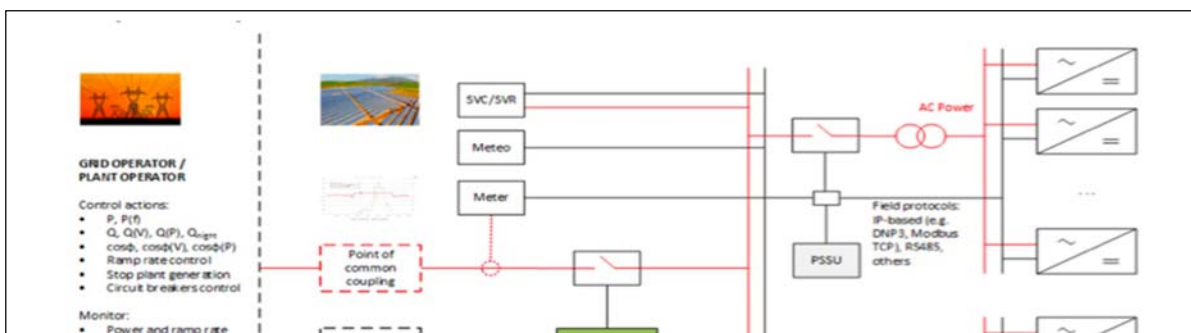


Figura *Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.*-1 **Sistema InAccess Power Plant Controller**

I moduli, riuniti a gruppi di 28, saranno collegati elettricamente in serie tra di loro e costituiranno una stringa della potenza unitaria di 18,62 kWp. Ai capi della stringa sarà presente una tensione a circuito aperto di circa 1.282 Vcc . L'insieme di N° 161 stringhe per un totale di N° 4500 moduli saranno collegate in parallelo tra di loro attraverso N° 6/7 quadri di parallelo stringhe che convogliano 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 9 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 4,21 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 36,23 Ha ed essa è l'occupazione al suolo maggiore quando i moduli sono disposti orizzontalmente al suolo.

5 CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO

I Dati tecnici caratteristici dei moduli fotovoltaici sono i seguenti:

- 132 celle in silicio monocristallino collegate in serie;
- Tensione alla massima potenza, $V_m = 38.5$ V
- Tensione massima di circuito aperto, $V_{oc} = 45.6$ V
- Corrente alla massima potenza, $I_m = 13.83$ A
- Corrente massima di Corto circuito, $I_{sc} = 14.93$ 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° 2 Campi di generazione fotovoltaica a loro volta suddivisi in un totale di 14 sottocampi

N° 14 cabine inverter e trasformazione o di sottocampo

Ogni cabina conterrà:

Un Inverter + Trasformatore modello SG2500HV-20 della casa costruttrice SUNGROW avente le seguenti caratteristiche tecniche:

Ingresso inverter cabine SG2500HV-20

- Intervallo di tensione MPPT: 800-1300 V
- Numeri di ingressi DC: 18 -24
- Corrente massima DC per MPPT: 4800 A

Dati in uscita trasformatore cabina SG2500HV-20

- Potenza AC nominale: 2750 kV A
- Potenza AC massima: 2886 kV A
- Tensione AC a valle dell'inverter: 550 V
- Corrente massima AC: 2886 A
- Intervallo di funzionamento frequenza di rete (fAC) : 50 Hz / 60 Hz
- Distorsione della corrente di rete: < 3 % con potenza nominale
- Fattore di potenza (cosφ): $\cong 1$

Grado di rendimento cabine SG32500HV-20

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

Dati generali cabine SG32500HV-20

- Larghezza/altezza/profondità in mm (L / A / P) : 2991 / 2591 / 2438
- Peso approssimativo (T) : 17
- Comunicazione: RS485, Ethernet

Conformità agli standard cabine SG32500HV-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. 14 cabine SG2500HV-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

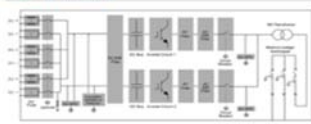
EASY O&M

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

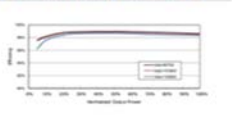
GRID SUPPORT

- Compliance with standards: IEC 61727, IEC 62116
- Low/high voltage ride through (L/HVRT)
- 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	SG3125HV-MV-20	SG2500HV-MV-20
Input (DC)			
Max. PV input voltage	1000 V	1000 V	1000 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	875 V / 750 V	875 V / 750 V	800 V / 640 V
MPP voltage range for nominal power	875 - 1000 V	875 - 1000 V	800 - 1000 V
No. of independent MPP inputs	1	1	1
No. of DC inputs	Symmetrical 2L 24 negative grounding or floating 2L negative grounding		3L - 24
Max. PV input current	4770 A	4770 A	3018 A
Output (AC)			
AC output power	3125 kW/40 20 °C / 3437 kW/40 45 °C / 2750 kW/40 45 °C	3125 kW/40 20 °C / 3437 kW/40 45 °C	2500 kW/40 45 °C
Max. AC output current	3437 kW/40 45 °C / 3438 A	3437 kW/40 45 °C / 3438 A	2500 kW/40 45 °C / 2500 A
AC voltage range	3438 A	3438 A	2500 A
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 50 - 65 Hz	50 Hz / 45 - 55 Hz, 60 Hz / 50 - 65 Hz	50 Hz
THD	+ 2 % (at nominal power)		
DC current injection	+ 0.3 A/m		
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	+ 0.99 / 0.8 leading - 0.8 lagging		
Reserve phases / Connection phases	3 / 3		
Efficiency			
Inverter Max. efficiency	99.0 %		
Inverter Lys efficiency	98.7 %		
Transformer			
Transformer rated power	3437 kVA	3438 kVA	2500 kVA
Transformer max. power	3438 kVA	3438 kVA	2500 kVA
U/I voltage	0.6 kV / 10 - 35 kV	0.6 kV / 10 - 35 kV	0.6 kV / 10 - 35 kV
Transformer ratio	20/1		
Transformer cooling type	ONAN (20 Natural Air Natural)		
Oil type	Mineral oil (PCB free) or degradable oil on request		
Protection and function			
DC Polar protection	Load break switch + fuse		
Inverter output protection	Circuit breaker		
AC MV output protection	Circuit breaker		
Overvoltage protection	OV Type 1 + 1 A C Type 2		
Grid monitoring / Island fault monitoring	Yes / No		
Isolation monitoring	Yes		
Overheat protection	Yes		
Q at night function	Optional		
Dimensions (W*H*P)			
Dimensions (W*H*P)	6058 * 2438 * 2438 mm	6058 * 2438 * 2438 mm	6058 * 2438 * 2438 mm
Weight	117 t	117 t	107 t
Degree of protection	IP54 (Inverter IP55)	IP54 (Inverter IP55)	IP54
Operating ambient temperature range	-35 to 60 °C	-35 to 60 °C	-35 to 60 °C
Altitude relative humidity range (non-condensing)	0 - 95 %	0 - 95 %	0 - 95 %
Cooling method	Temperature controlled forced air cooling		
Max. operating altitude	3000 m (standard) / + 1000 m (optional)		
Display	Touch screen		
Communication	Standard RS485, Ethernet, Optional optical fiber		
Compliance	CE, IEC 62109, IEC 62116, IEC 61727		
Grid support	Q at night function (optional), L/HVRT, 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 2750 kVA 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 2750 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 2750 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° 14, l'energia verrà trasportata, attraverso n°3 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%).
- Filtri per la soppressione dei disturbi indotti e/o emessi
- Controllo della corrente fornita in uscita (grid connected) tramite microprocessore a 16 bit che ne garantisce la forma sinusoidale con distorsione estremamente bassa.
- Funzionamento in parallelo alla rete a $\cos\phi=1$ (regolabile nel campo 0.9 induttivo ÷ 0.9 capacitivo)
- Programmazione e monitoraggio tramite tastiera alfanumerica.
- Monitoraggio a distanza.
- Dispositivo per la verifica della resistenza di isolamento tra l'ingresso e la terra.
- Datalogger per l'acquisizione delle principali grandezze e stati di funzionamento dell'impianto.
- Interruttore automatico magnetotermico in uscita
- Protezione IP24
- Conformità marchio CE.
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Le caratteristiche specifiche degli inverter sono riportate nel documento n° 3746-FV-013 specifiche dei componenti (Allegato 20).

Trasformatori BT/MT

Il trasformatore BT/MT sarà unico per ogni cabina ed avrà la potenza di 2750 kVA con rapporto di trasformazione di 550/30.000V. 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:

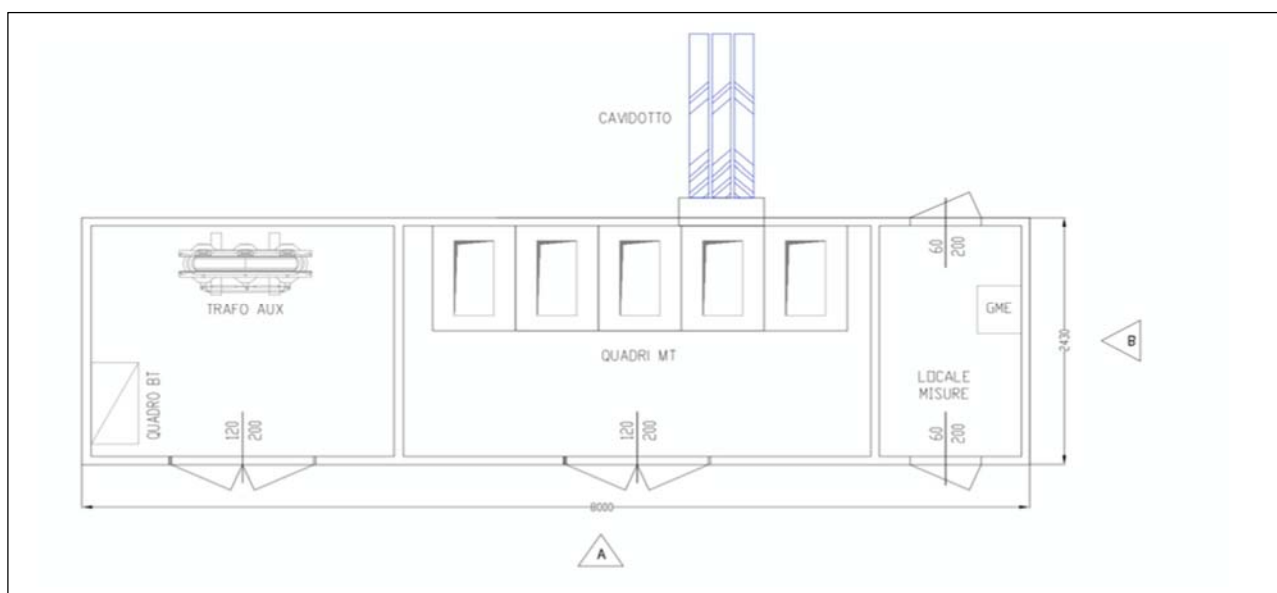
- n° 1 interruttore magnetotermico per l'inverter CCA1
- n° 1 interruttore magnetotermico per l'inverter CCA2
- n° 1 interfaccia di rete tipo Thytronic o similare (certificato DK5940)
- n° 1 dispositivo di interfaccia di rete, contattore tetrapolare da 3125 kW, riduttori di tensione e corrente bobina 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° 4), 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 4 linee di cavo MT **L1 ,L2, L3,L3,L4** che arrivano rispettivamente alle cabine di parallelo **CB//2 e CB//3 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 ARE4H5E idonei per tale tipo di applicazione. I cavi di energia saranno posati nel terreno protetti da appositi copri cavi con pozzetti di ispezione nei punti più cruciali 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 ARE4H5E 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 ARE4H5E 18/30 kV e avranno sezioni variabili da 1x(3x1)x240 mmq a 1x(3x1)x300 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	564	323	64,22	3337,18	0,12	3x(1x120)
1	da PS2 a Cb//1	377	323	64,22	3337,18	0,08	3x(1x120)
1	da PS3 a Cb//1	169	323	64,22	3337,18	0,04	3x(1x120)
1	da PS4 a Cb//1	123	323	64,22	3337,18	0,03	3x(1x120)
1	da PS5 a Cb//1	5	323	64,22	3337,18	0,001	3x(1x120)
1	da PS6 a Cb//1	263	323	64,22	3337,18	0,06	3x(1x120)
1	da PS7 a Cb//1	252	323	64,22	3337,18	0,06	3x(1x120)
1	da PS8 a Cb//1	150	323	64,22	3337,18	0,03	3x(1x120)
1	da PS9 a Cb//2	210	323	64,22	3337,18	0,05	3x(1x120)
1	da PS10 a Cb//2	5	323	64,22	3337,18	0,001	3x(1x120)
2	da PS11 a Cb//3	27	323	74,85	3889,51	0,01	3x(1x120)
2	da PS12 a Cb//3	385	323	74,85	3889,51	0,1	3x(1x120)
2	da PS13 a Cb//3	866	323	74,85	3889,51	0,22	3x(1x120)
2	da PS14 a Cb//3	1102	323	74,85	3889,51	0,1	3x(1x120)
1-1	Da Cb//1 a Cb//2	482	534	513,79	26697,44	0,02	3x(1x3x240)
2-SE Utenza	Da Cb//2 a SE Utenza	45	618	618,00	33371,78	0,01	3x1x(3x300)
3-SE Utenza	Da Cb//3 a SE Utenza	322	618	299,41	15558,04	0,08	1x(3x300)

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. 202100416** – 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 allo stallo esistente assegnato da terna all'interno della stazione 380/150 kV denominata "Benevento 2" . Il cavidotto in AT a 150 kV in singola terna sarà ubicato nel Comune di Benevento (Bn). Esso si dipartirà dal palo gatto della SE di Utenza 30/150 kV che verrà ubicata in località Pezza delle Cave del Comune di Benevento al F. 43 p. 360 e raggiungerà lo stallo di connessione assegnato da Terna all'interno della stazione esistente 380/150 kV di terna denominata "Benevento 2". Esso avrà una lunghezza media di circa 512 metri e sarà posato a partire dalla particella 360 del Foglio 43 del Comune di Benevento e proseguirà sulla strada comunale esistente Pratola -Fontana Spina sino ad arrivare alla particella 403 del Foglio 43 del Comune di Benevento dove è ubicata la SE RTN 380/150 kV "Benevento 2". 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

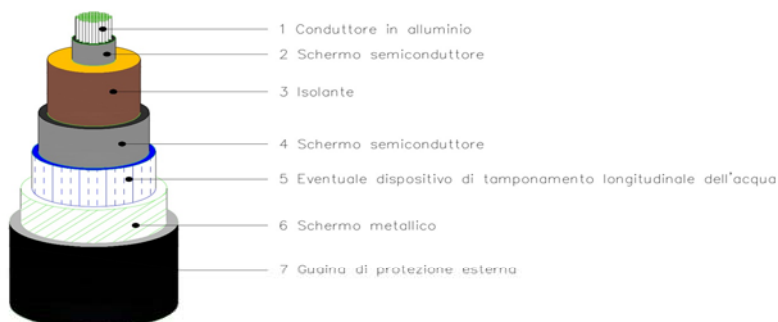
Tensione di isolamento del cavo

Dalla tab.2.1.06 della norma CEI 11-17 in base a tensione nominale e massima del sistema la tensione di isolamento U_0 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 mm², 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 SEMICONDUCTTORE		

La tipologia di posa standard prevede la posa in trincea, con disposizione dei cavi a "Trifoglio" o in "Piano" (per l'elettrodotto in cavo interrato in esame è prevista la posa a "trifoglio"),

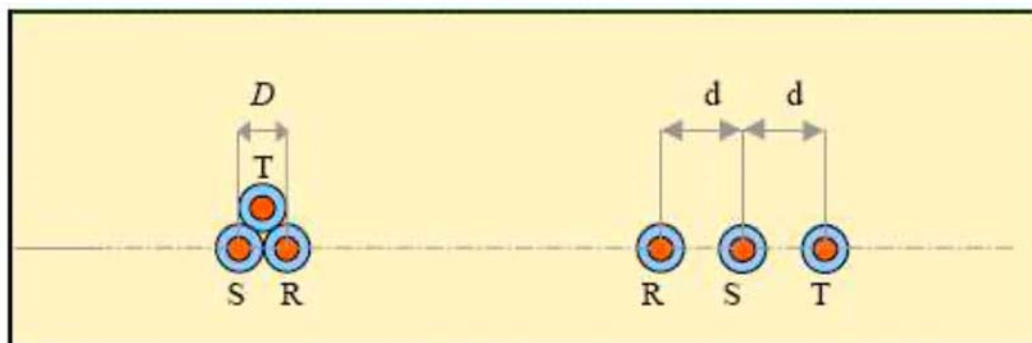


Figura 3 Modalità di posa cavo AT

secondo le modalità riportate nel tipico di posa contenuto nell'elaborato Particolari costruttivi di cui sintetizziamo gli aspetti caratteristici. I cavi saranno posati mediante uno scavo in trincea della larghezza di 0,7 m ad una profondità standard di -1,6 m (quota piano di posa), su di un letto di sabbia o di cemento magro dallo spessore di cm. 10 ca. cavi saranno ricoperti sempre con il medesimo tipo di sabbia o cemento, per uno strato di cm.40, sopra il quale la quale sarà posata una lastra di protezione in C.A. Ulteriori lastre saranno collocate sui lati dello scavo, allo scopo di creare una protezione meccanica supplementare. La restante parte della trincea sarà riempita con materiale di risulta e/o di riporto, di idonee caratteristiche.

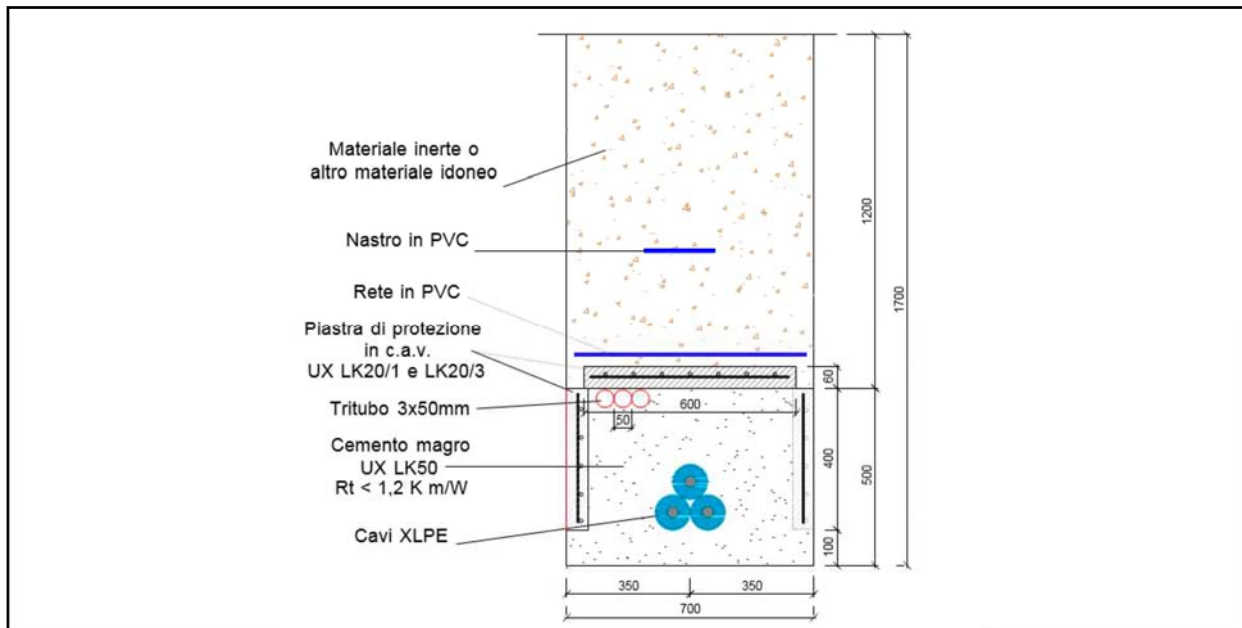


Figura 4 Particolare/Posa Cavidotto AT

5.4.5 Sottostazione MT/AT di Utenza

La stazione elettrica (SE) di utenza 30/150 kV sarà ubicata nel Comune di Benevento (Bn) al Foglio 43 p. 360. La configurazione della singola stazione di trasformazione prevede un montante trasformatore di potenza 30/150 kV con n.1 trasformatore da 35/40 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, 35/40 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	35/40 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° 66.220 moduli da 665 Wp cad. ed avrà una potenza complessiva in DC di 44.036,3 kWp mentre in AC di 35.000 kW.

Il generatore fotovoltaico sarà suddiviso in n° 2 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	30.034,6	30.034,6	25.000	1.20	1613	10	Nr. 10 da 2.500 kVA
2	14.002,24	14.002,24	10.000	1.40	752	4	Nr.4 da 2.500 kVA
TOTAL E	44.036,3	44.036,3	35.000		2365	14	

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.

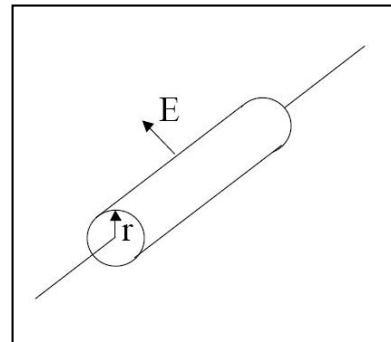
Il campo elettrico di un conduttore rettilineo e lunghezza indefinita percorso da corrente si ottiene dalla equazione di Maxwell:

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

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

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

(equazione di Biot-Savart)



Campo elettrico generato da un conduttore percorso da corrente

dove:

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:

\mathbf{B} = intensità campo magnetico

I = intensità di corrente

d = distanza del punto di calcolo dal conduttore

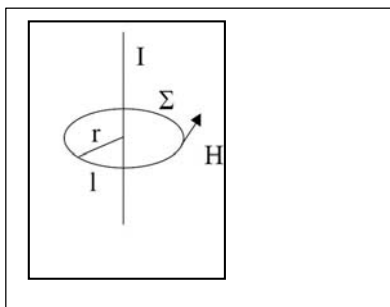
\mathbf{u}_I = versore della corrente

\mathbf{u}_r = versore ortogonale a quello della corrente

μ_0 = permeabilità magnetica nel vuoto ($4\pi \cdot 10^{-7}$ 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:

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



Campo magnetico generato da un conduttore percorso da corrente

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 :

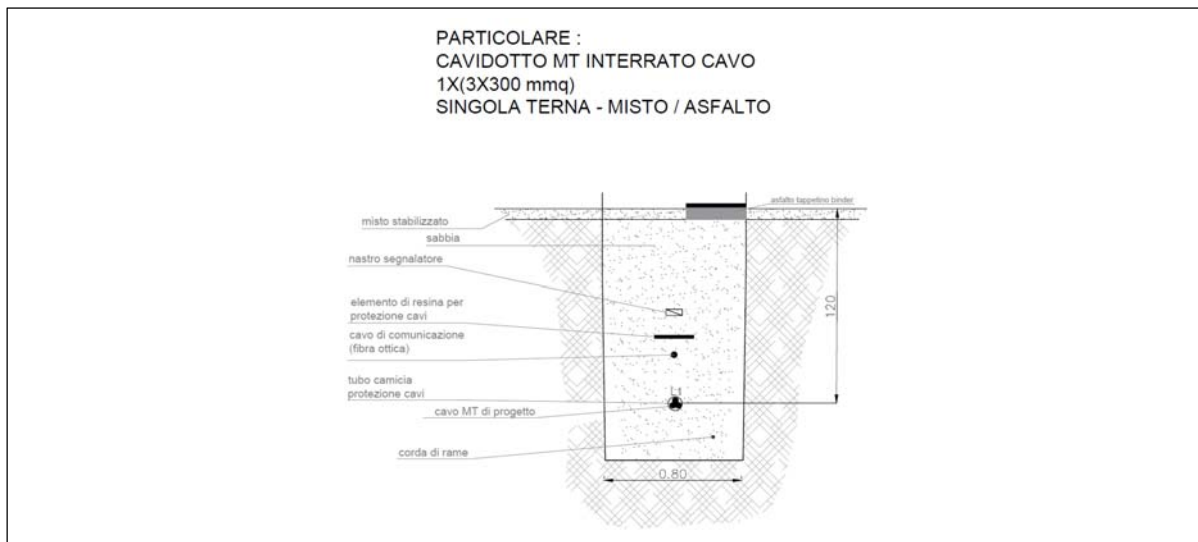
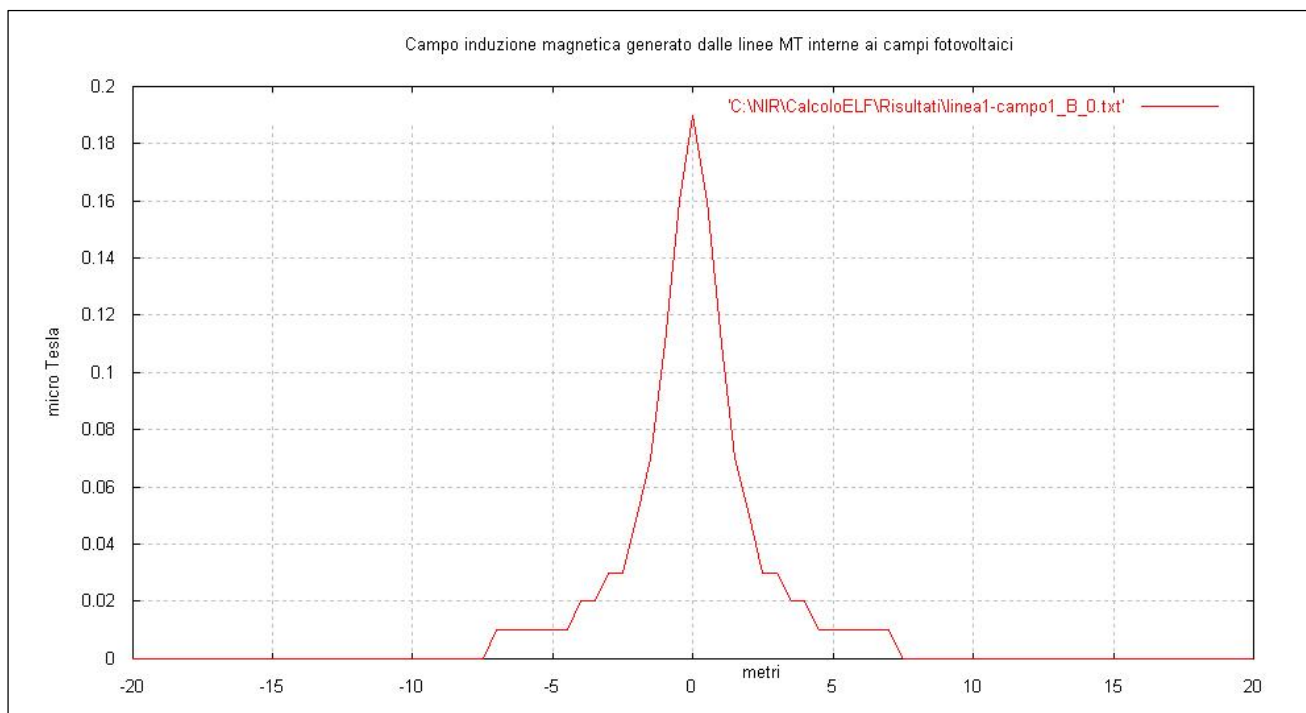


Tabella 4 – Elenco tratte cavidotti e valore campo induzione magnetica a piano campagna

CAMPO	COLLEGAMENTO CAVIDOTTO	LUNGHEZZA (m)	PORTATA NOMINALE I _z (A)	Corrente Nominale In (A) per cavo	POTENZA APPARENTE (kVA)	CADUTA DI TENSIONE (%)	SEZIONE CAVO (mmq)
1	da PS1 a Cb//1	564	323	64,22	3337,18	0,12	3x(1x120)
1	da PS2 a Cb//1	377	323	64,22	3337,18	0,08	3x(1x120)
1	da PS3 a Cb//1	169	323	64,22	3337,18	0,04	3x(1x120)
1	da PS4 a Cb//1	123	323	64,22	3337,18	0,03	3x(1x120)
1	da PS5 a Cb//1	5	323	64,22	3337,18	0,001	3x(1x120)
1	da PS6 a Cb//1	263	323	64,22	3337,18	0,06	3x(1x120)
1	da PS7 a Cb//1	252	323	64,22	3337,18	0,06	3x(1x120)
1	da PS8 a Cb//1	150	323	64,22	3337,18	0,03	3x(1x120)
1	da PS9 a Cb//2	210	323	64,22	3337,18	0,05	3x(1x120)
1	da PS10 a Cb//2	5	323	64,22	3337,18	0,001	3x(1x120)
2	da PS11 a Cb//3	27	323	74,85	3889,51	0,01	3x(1x120)
2	da PS12 a Cb//3	385	323	74,85	3889,51	0,1	3x(1x120)
2	da PS13 a Cb//3	866	323	74,85	3889,51	0,22	3x(1x120)
2	da PS14 a Cb//3	1102	323	74,85	3889,51	0,1	3x(1x120)
1-1	Da Cb//1 a Cb//2	482	534	513,79	26697,44	0,02	3x(1x3x240)
2-SE Utenza	Da Cb//2 a SE Utenza	45	618	618,00	33371,78	0,01	3x1x(3x300)
3-SE Utenza	Da Cb//3 a SE Utenza	322	618	299,41	15558,04	0,08	1x(3x300)



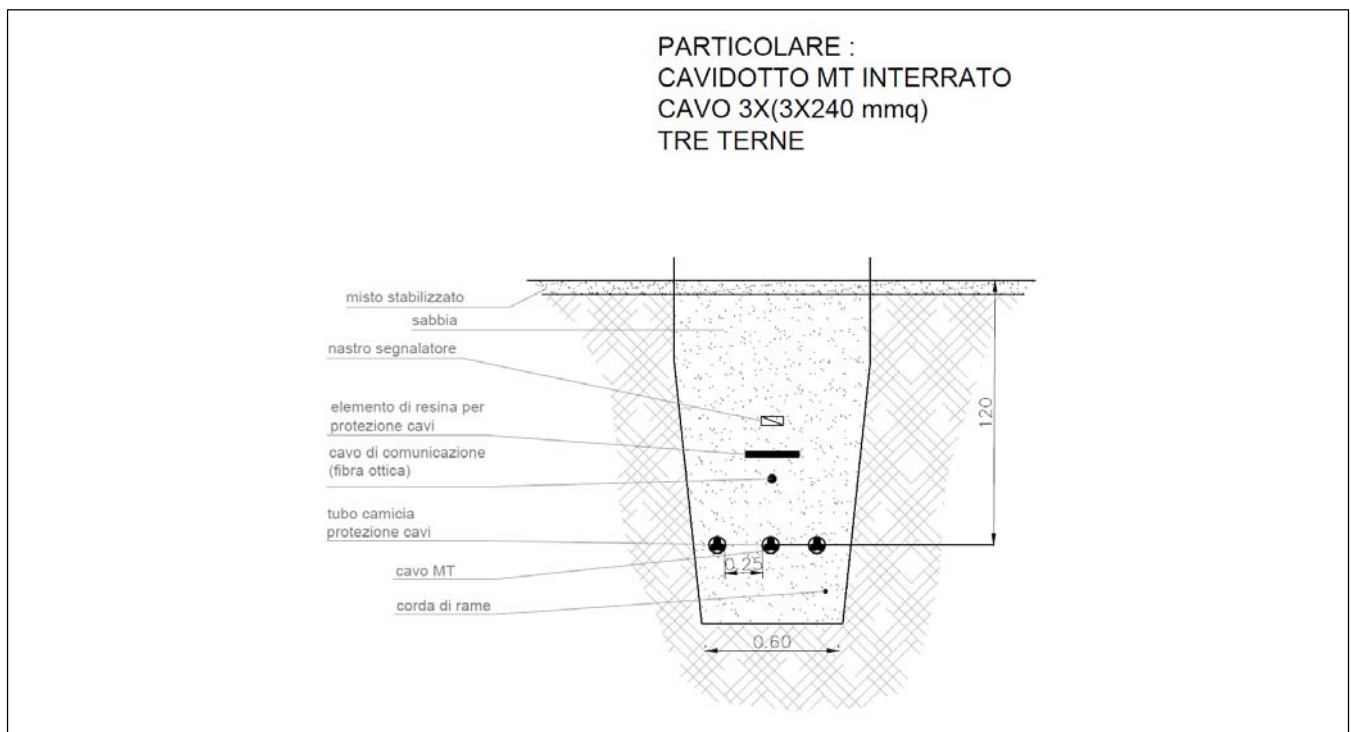
X metri	B(μT)
0,00	0,19
0,50	0,16
1,00	0,11
1,5	0,07
2,00	0,05
2,50	0,03
3,00	0,03
3,50	0,02
4,00	0,02
4,5	0,01
5,00	0,01
5,50	0,01
6,00	0,01
6,5	0,01
7,00	0,01
7,5	0,00
8,00	0,00
8,5	0,00
9,00	0,00
9,50	0,00
10,00	0,00
10,5	0,00
11,00	0,00
11,50	0,00
12,00	0,00
12,50	0,00
13,00	0,00
13,50	0,00
14,00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

Linea L 1 ,L2,L3 = cavo tripolare in configurazione a trifoglio 1x3x240 mm² – Collegamento da CAB//1 a CAB//2

Corrente per cavo massima =426 A

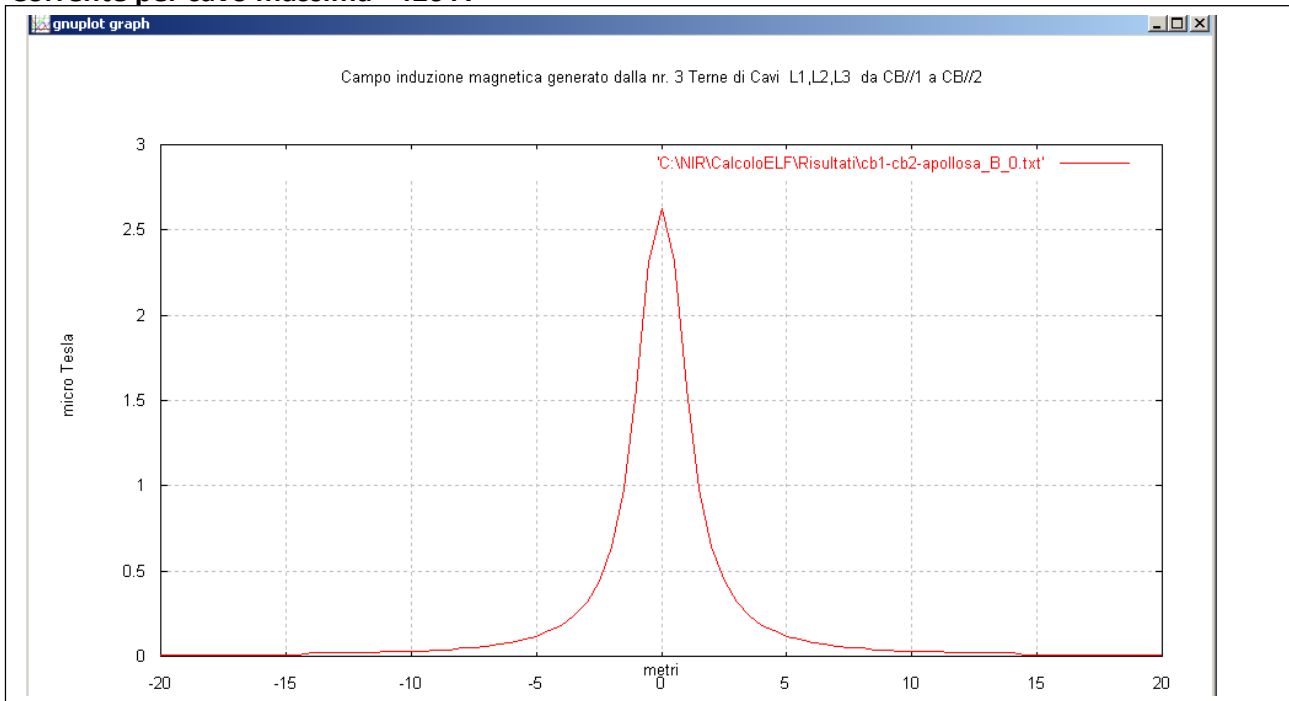
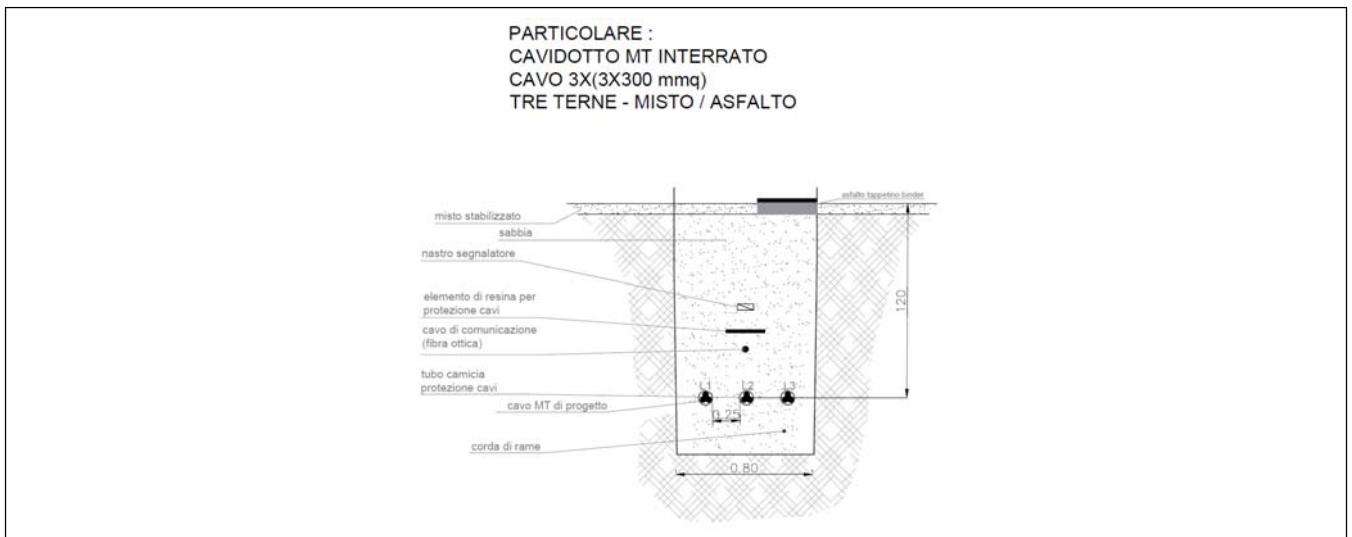


Grafico campo induzione magnetica generato dalle Linee L1,L2,L3

x metri	y Tesla	x metri	y Tesla
0	2.62	-20	.01
.5	2.31	-19.5	.01
1	1.57	-19	.01
1.5	.98	-18.5	.01
2	.64	-18	.01
2.5	.44	-17.5	.01
3	.32	-17	.01
3.5	.24	-16.5	.01
4	.18	-16	.01
4.5	.15	-15.5	.01
5	.12	-15	.01
5.5	.1	-14.5	.01
6	.08	-14	.02
6.5	.07	-13.5	.02
7	.06	-13	.02
7.5	.05	-12.5	.02
8	.05	-12	.02
8.5	.04	-11.5	.02
9	.04	-11	.03
9.5	.03	-10.5	.03
10	.03	-10	.03
10.5	.03	-9.5	.03
11	.03	-9	.04
11.5	.02	-8.5	.04
12	.02	-8	.05
12.5	.02	-7.5	.05
13	.02	-7	.06
13.5	.02	-6.5	.07
14	.02	-6	.08
14.5	.01	-5.5	.1
15	.01	-5	.12
15.5	.01	-4.5	.15
16	.01	-4	.18
16.5	.01	-3.5	.24
17	.01	-3	.32
17.5	.01	-2.5	.44
18	.01	-2	.64
18.5	.01	-1.5	.98
19	.01	-1	1.57
19.5	.01	-.5	2.31
20	.01	0	2.62

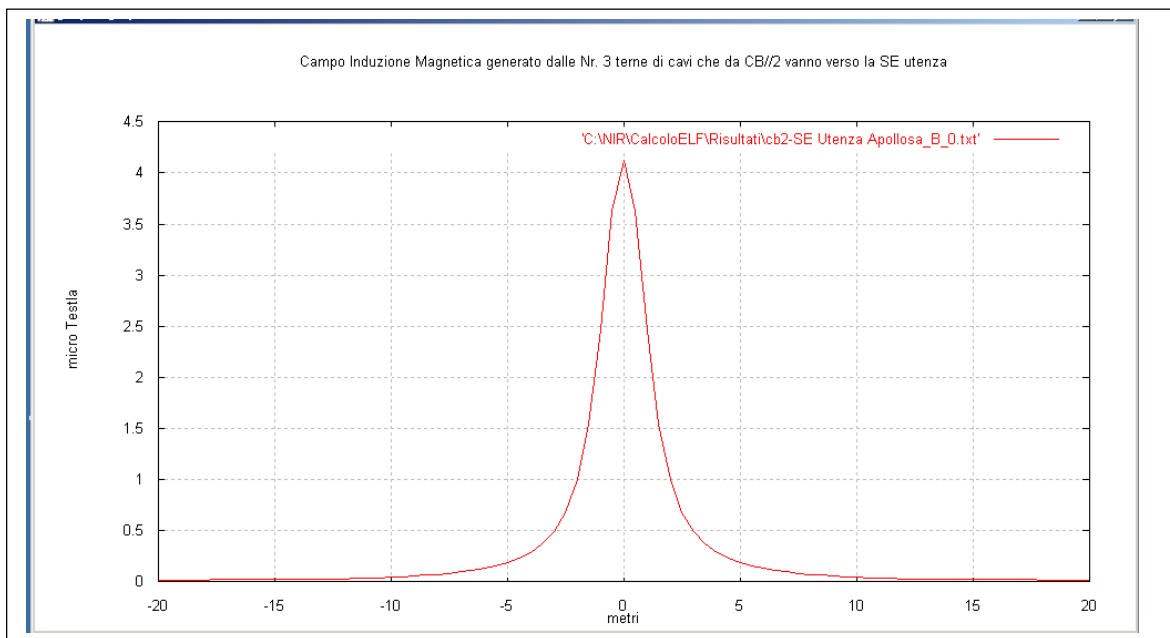
Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di parallelo **CB// 2** e vanno verso la **SE di Utenza** è riportato di seguito. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità.



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 5, L 6, L 7 = cavo ripolare in configurazione a trifoglio 1x3x300 mm² –

Corrente per cavo massima =480 A



X metri	μTesla	X metri	μTesla
0	3.63	-20	.01
.5	2.46	-19.5	.01
1	1.54	-19	.01
1.5	1	-18.5	.01
2	.68	-18	.01
2.5	.49	-17.5	.02
3	.37	-17	.02
3.5	.29	-16.5	.02
4	.23	-16	.02
4.5	.19	-15.5	.02
5	.16	-15	.02
5.5	.13	-14.5	.02
6	.11	-14	.02
6.5	.1	-13.5	.03
7	.08	-13	.03
7.5	.07	-12.5	.03
8	.07	-12	.03
8.5	.06	-11.5	.04
9	.05	-11	.04
9.5	.05	-10.5	.04
10	.04	-10	.05
10.5	.04	-9.5	.05
11	.04	-9	.06
11.5	.03	-8.5	.07
12	.03	-8	.07
12.5	.03	-7.5	.08
13	.03	-7	.1
13.5	.02	-6.5	.11
14	.02	-6	.13
14.5	.02	-5.5	.16
15	.02	-5	.19
15.5	.02	-4.5	.23
16	.02	-4	.29
16.5	.02	-3.5	.37
17	.02	-3	.49
17.5	.01	-2.5	.68
18	.01	-2	1
18.5	.01	-1.5	1.54
19	.01	-1	2.46
19.5	.01	-.5	3.63
20	.01	0	4.12

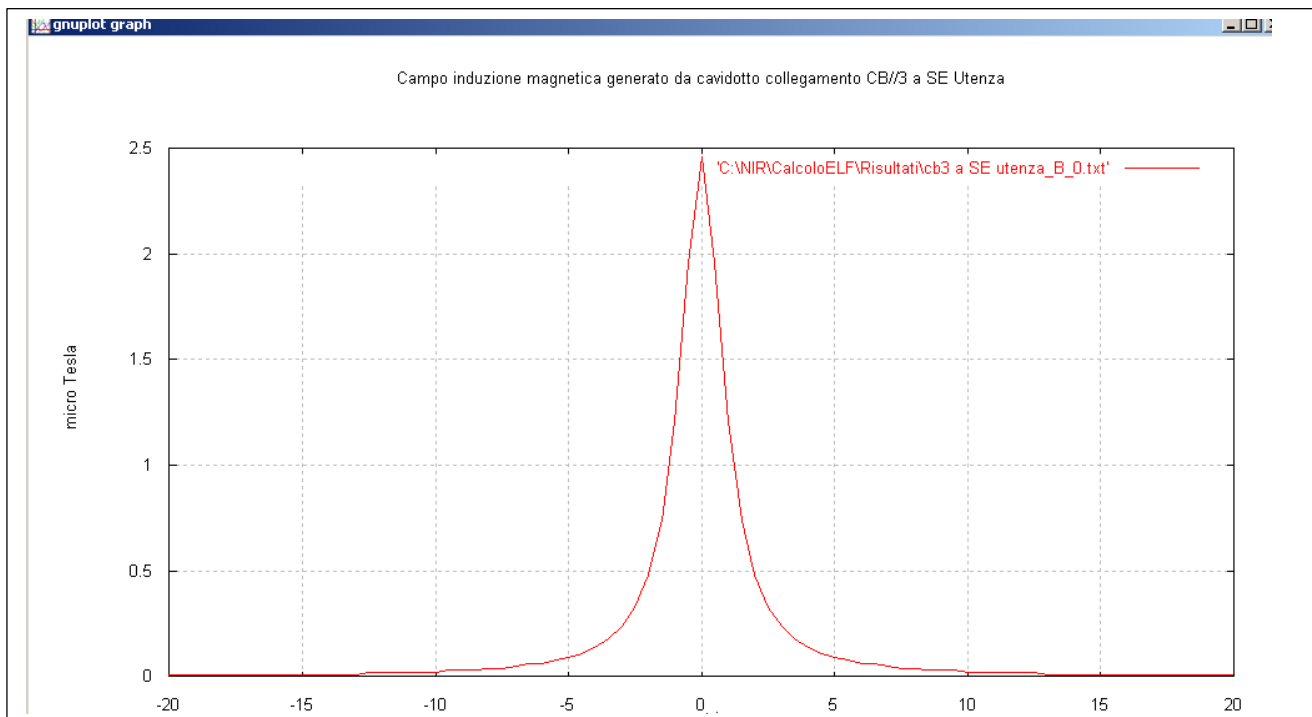
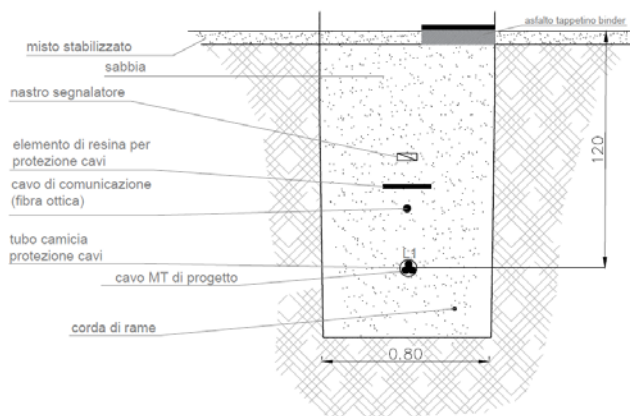
Il calcolo dei valori di induzione magnetica dei cavidotti che partono dalle cabine di parallelo **CB// 3** e vanno verso la SE di Utenza è riportato di seguito. Si è considerata la configurazione di posa a trifoglio del cavidotto posato a 1,2 metri di profondità .

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 = cavo tripolare in configurazione a trifoglio 1x3x300 mm2 –

Corrente per cavo massima = 480 A

PARTICOLARE :
CAVIDOTTO MT INTERRATO CAVO
1X(3X300 mmq)
SINGOLA TERNA - MISTO / ASFALTO



X metri	μTesla
0	1.96
.5	1.21
1	.74
1.5	.48
2	.33
2.5	.24
3	.18
3.5	.14
4	.11
4.5	.09
5	.08
5.5	.06
6	.06
6.5	.05
7	.04
7.5	.04
8	.03
8.5	.03
9	.03
9.5	.02
10	.02
10.5	.02
11	.02
11.5	.02
12	.02
12.5	.01
13	.01
13.5	.01
14	.01
14.5	.01
15	.01
15.5	.01
16	.01
16.5	.01
17	.01
17.5	.01
18	.01
18.5	.01
19	.01
19.5	.01
20	.01

X metri	μTesla
-20	.01
-19.5	.01
-19	.01
-18.5	.01
-18	.01
-17.5	.01
-17	.01
-16.5	.01
-16	.01
-15.5	.01
-15	.01
-14.5	.01
-14	.01
-13.5	.01
-13	.01
-12.5	.02
-12	.02
-11.5	.02
-11	.02
-10.5	.02
-10	.02
-9.5	.03
-9	.03
-8.5	.03
-8	.04
-7.5	.04
-7	.05
-6.5	.06
-6	.06
-5.5	.08
-5	.09
-4.5	.11
-4	.14
-3.5	.18
-3	.24
-2.5	.33
-2	.48
-1.5	.74
-1	1.21
-.5	1.96
0	2.46

Dall'analisi dei risultati ottenuti dai colcoli dei campi di induzione magnetica generati dalle linee MT a 30 kV dell'impianto fotovoltaico risulta che i campi generati dai cavidotti MT interni ai campi fotovoltaici si attestano sotto i $3\mu\text{T}$ già ad altezza zero metri dal piano di campagna, lo stesso vale per i campi elettromagnetici generati dai cavidotti di collegamento tra le cabine di consegna CB//1 a CB//2 e CB// 3 alla SE di Utenza 30 /150kV. I campi generati dai cavidotti delle linee L5,L6,L7 che si dipartono dalla cabina di consegna CB//2 e vanno verso la SE di Utenza con un cavidotto di lunghezza pari a 45 metri sono maggiori di $3\mu\text{T}$ ad altezza di zero metri dal piano di campagna sull'interasse del cavidotto e scendono sotto i $3\mu\text{T}$ già a una distanza di 0,5 metri rispetto all'asse verticale che passa per il centro dello scavo del cavidotto.

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 $\leq 3\mu$ T	VALORE DPA ASSUNTO
Cavidotti interni ai campi Fotovoltaici di collegamento tra le cabine di trasformazione e le cabine di consegna		1x3x120 mmq	0,19	0	0
L1,L2,L3	DA CB//1 A CB//2	3x1x3x240 mmq	2,62	0	0
L4	DA CB//3 A SE UTENZA	1x3x300mmq	1,96	0	0
L5,L6,L7	Da CB//2 A SE UTENZA	3x1x3x300 mmq	3.63	0,5	1

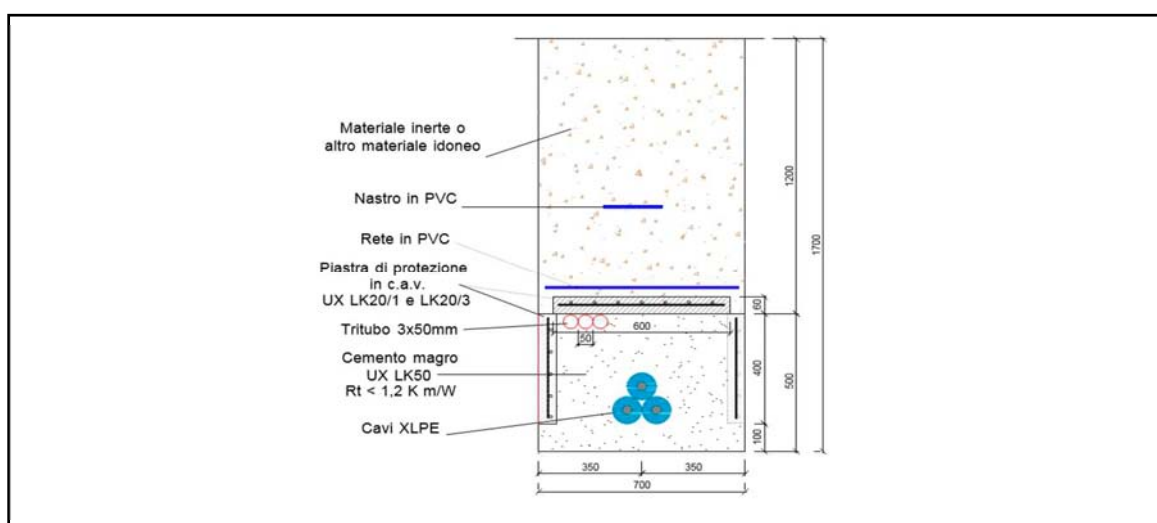
Come si evince dai risultati numerici e dal grafico su riportato, il campo di induzione magnetica sul piano di campagna dato dalle terne di cavo delle linee **L1,L2,L3,L4**, di collegamento tra le cabine di parallelo **CB//1 a CB//2 e CB//3 a SE Utenza** restano sempre sotto il valore di 3μ T, le linee **L5,L6,L7** di collegamento tra la cabina di **Consegna CB// 2 e la SE Utenza** presentano un campo di induzione magnetica che resta sotto il valore dei 3μ T a una distanza di 0,5 m. dall'asse del cavidotto per cui è necessario definire una **DPA** di 1 metro 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 3μ 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 3μ 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

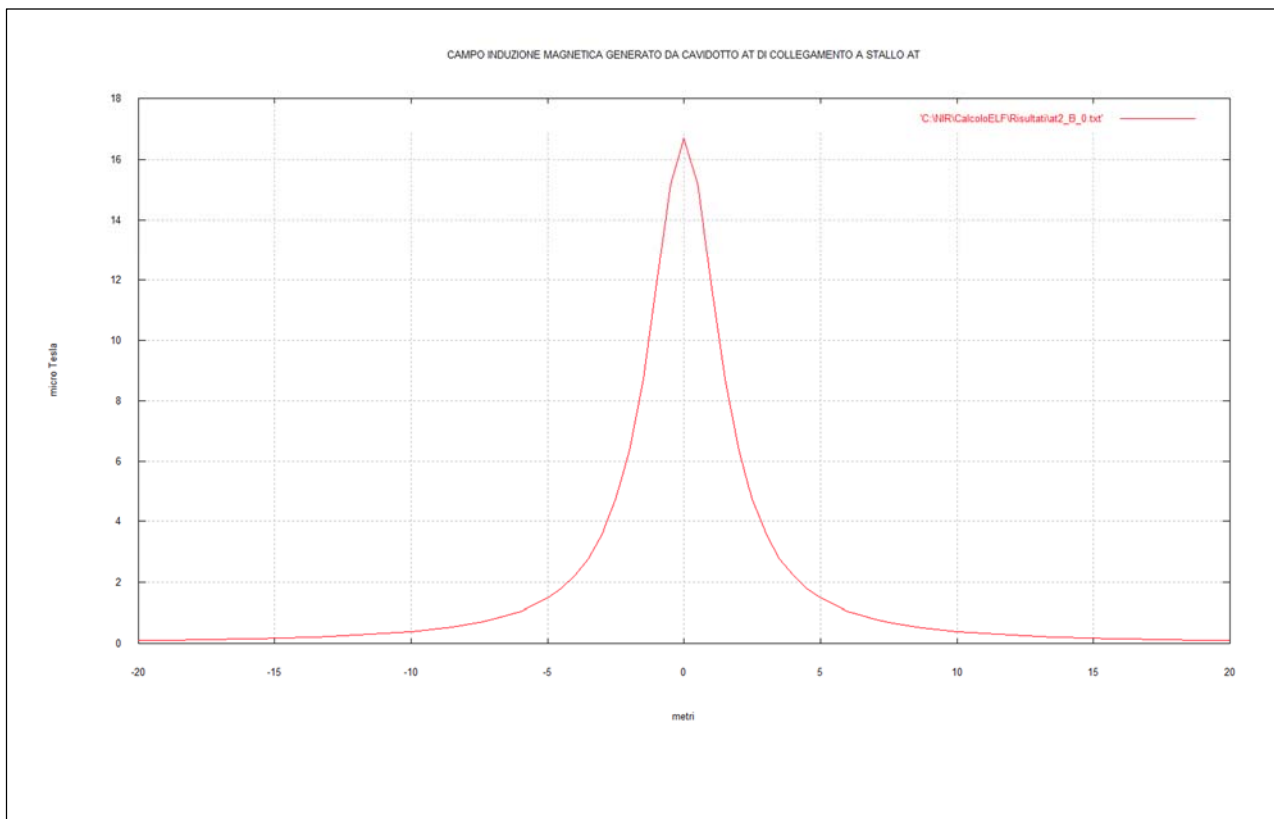
Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in AT tra la stazione elettrica di utenza e la stazione satellite di Terna a 150 kV , sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la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

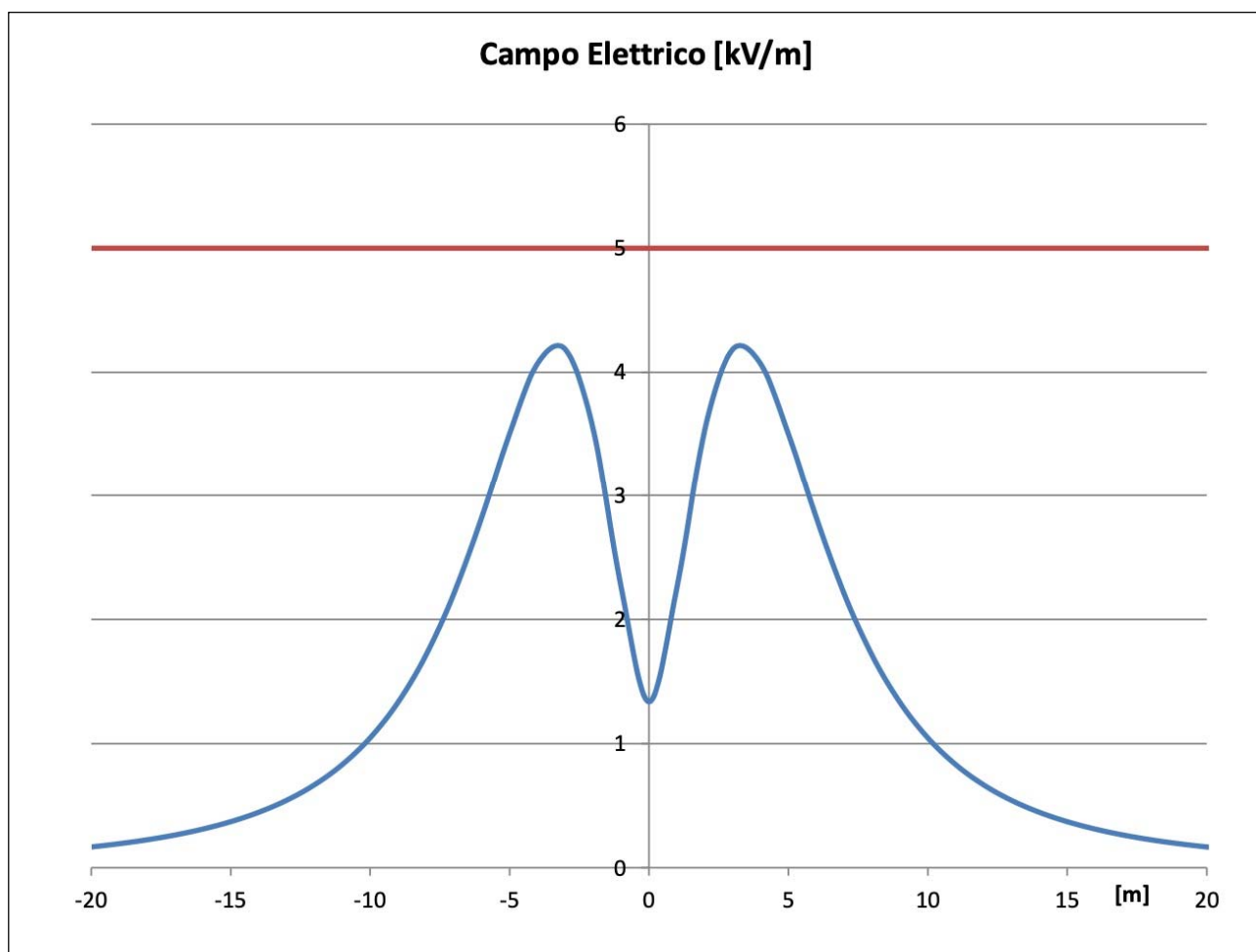


metri	μTestla	metri	μTestla
-20	.1	0	16.69
-19.5	.11	.5	15.16
-19	.11	1	11.88
-18.5	.12	1.5	8.73
-18	.13	2	6.36
-17.5	.13	2.5	4.72
-17	.14	3	3.59
-16.5	.15	3.5	2.79
-16	.16	4	2.23
-15.5	.17	4.5	1.81
-15	.18	5	1.5
-14.5	.19	5.5	1.26
-14	.21	6	1.07
-13.5	.22	6.5	.92
-13	.24	7	.8
-12.5	.26	7.5	.7
-12	.28	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 3μT 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.

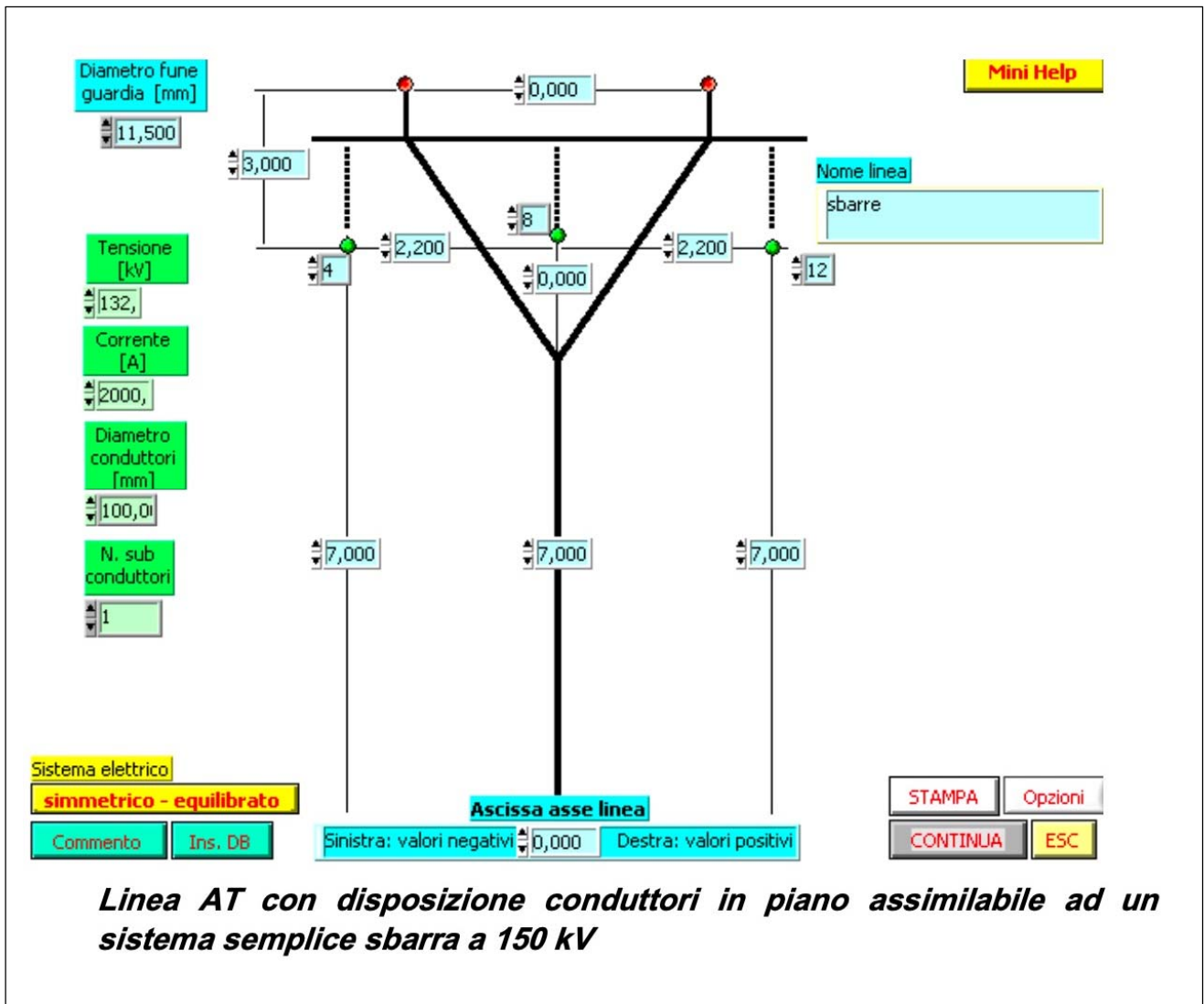


Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV

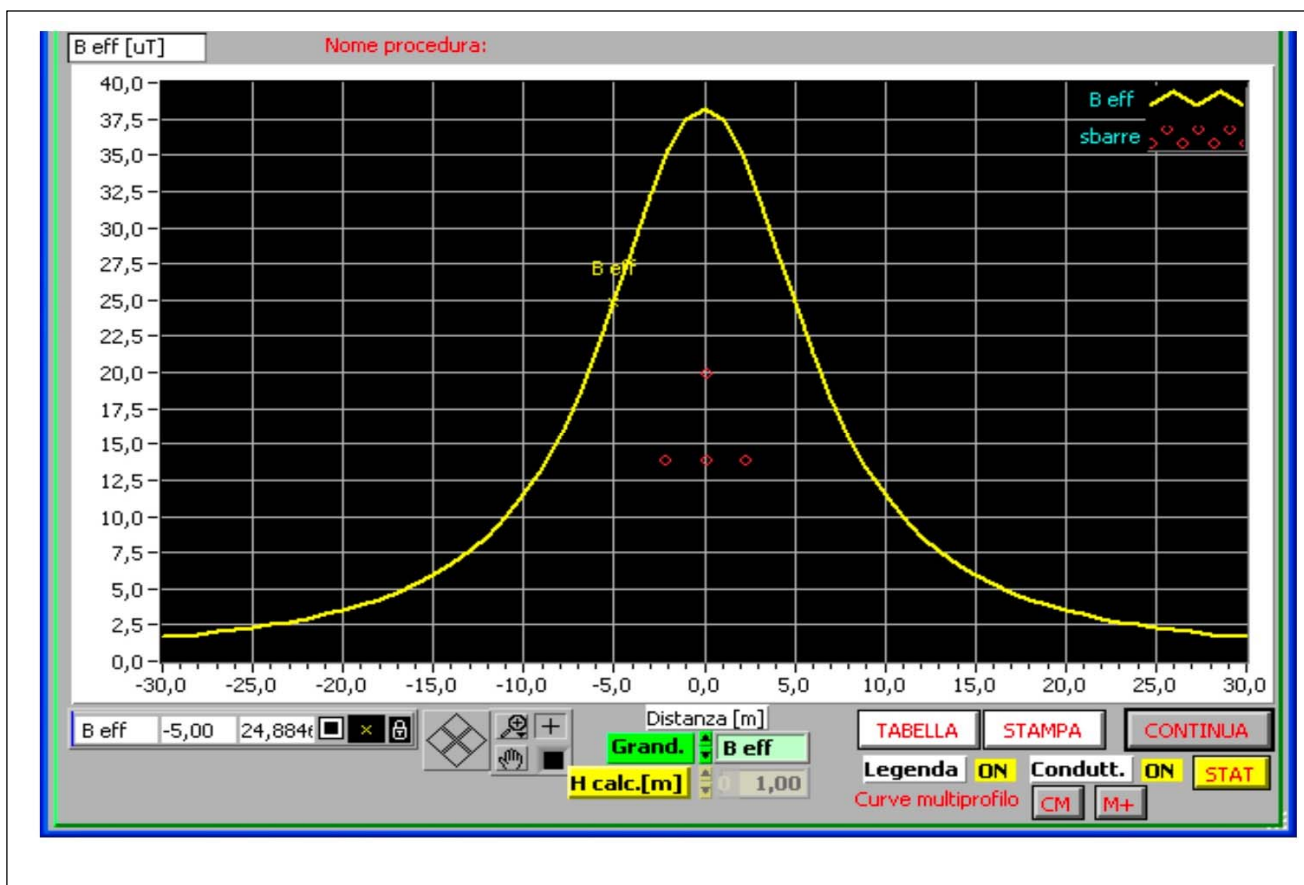
I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle via cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, 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 la tratta del cavidotto di collegamento tra cabina di consegna del Campo 1 alla SE di Utenza entrambe ubicate all'interno della particella 360 del Foglio 43 del Comune di Benevento e peranto anche tale cavidotto è ubicato in tal eparticella. 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 1 m a cavallo della mezzeria del cavidotto MT e 4 metri lungo il cavidotto AT che avranno una lunghezza rispettivamente di circa 45 m. e 512 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 1 metro 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.

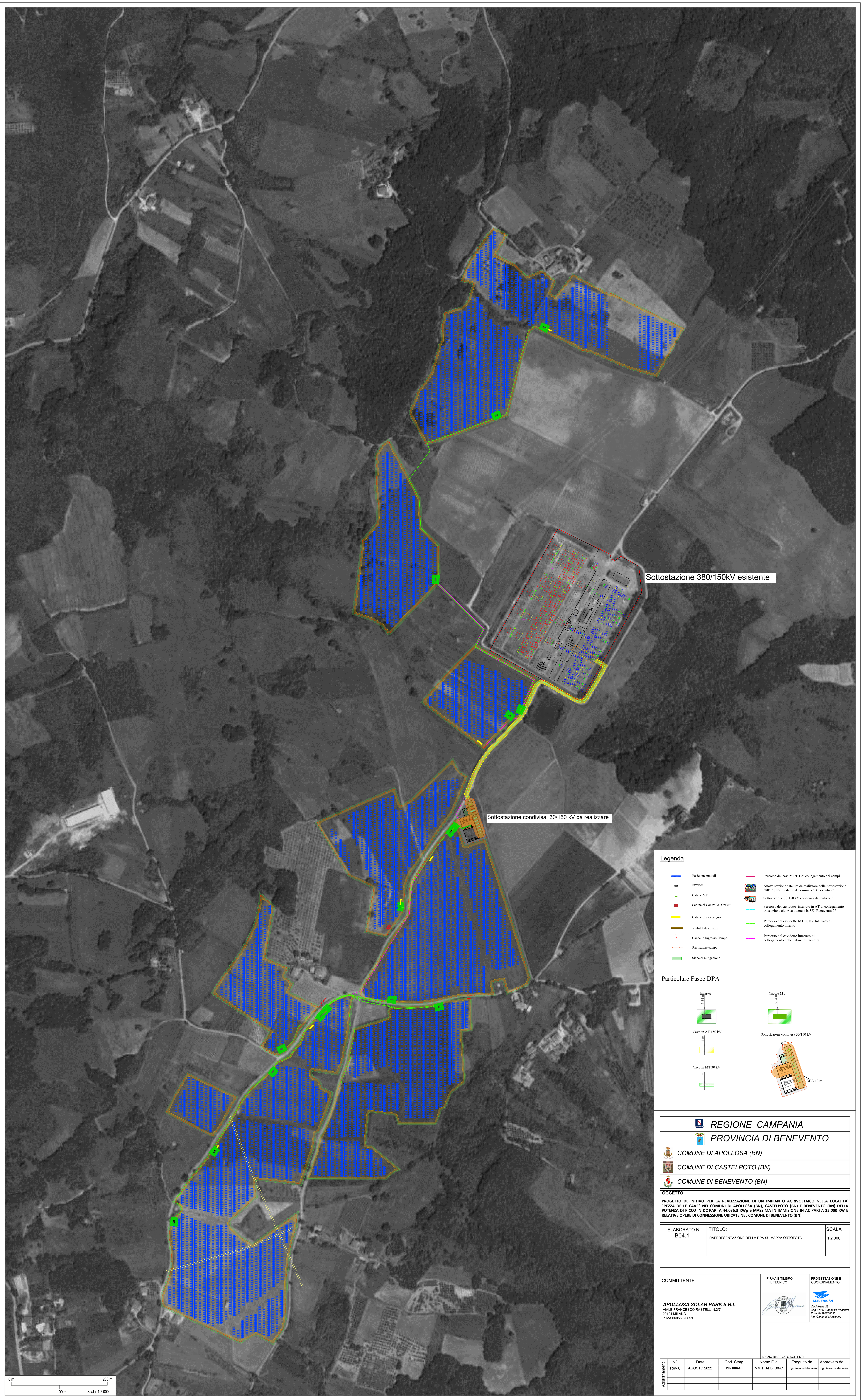
ALLEGATI : MMIT_APB_B04.1_TAVOLA DPA SU ORTOFOTO SCALA 1:10.000

Capaccio Paestum , LI 2 settembre 2022

IL TECNICO

Ing. Marsicano Giovanni





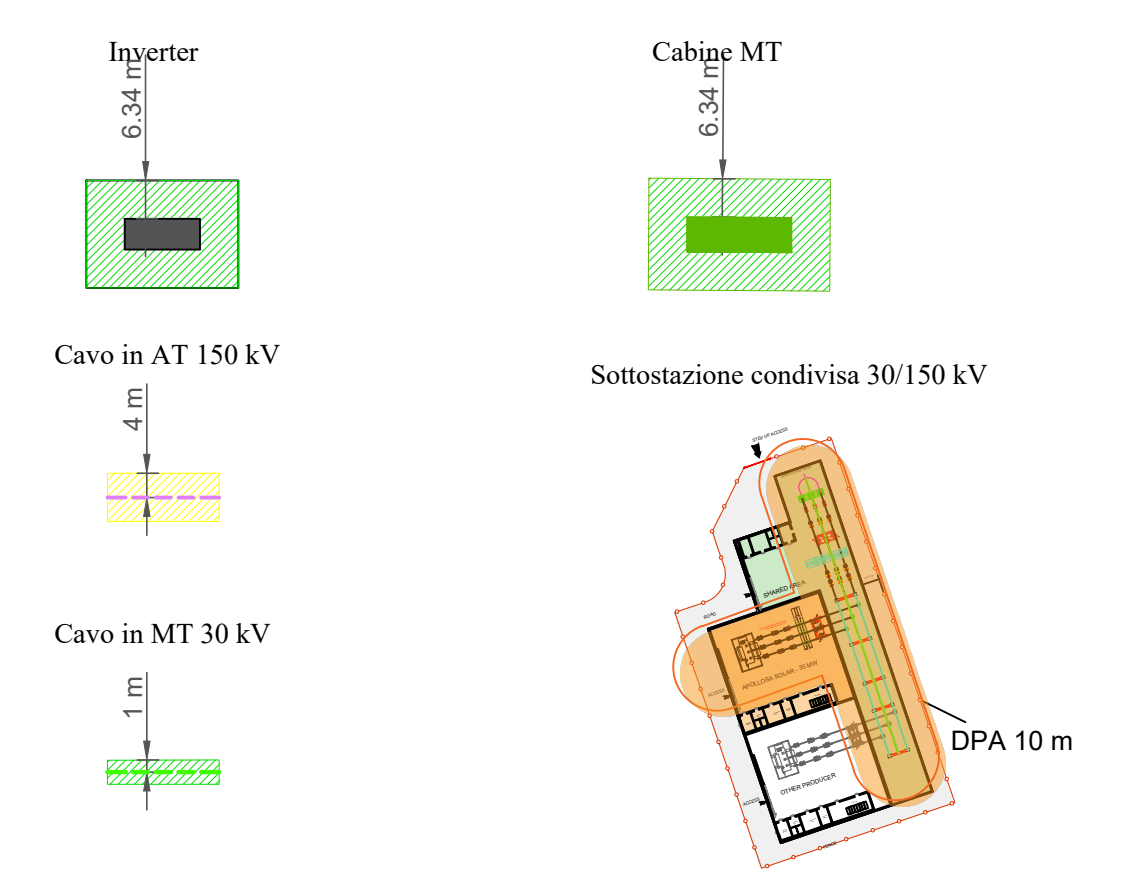
Sottostazione 380/150kV esistente

Sottostazione condivisa 30/150 kV da realizzare

Legenda

- Posizione moduli
- Inverter
- Cabine MT
- Cabine di Controllo "O&M"
- Cabine di stoccaggio
- Viabilità di servizio
- Cancelli ingresso Campo
- Recinzione campo
- Siepe di mitigazione
- Percorso dei cavi MT/BT di collegamento dei campi
- Nuova stazione satellite da realizzare della Sottostazione 380/150 kV esistente denominata "Benevento 2"
- Sottostazione 30/150 kV condivisa da realizzare
- Percorso del cavidotto interrato in AT di collegamento tra stazione elettrica utente e la SE "Benevento 2"
- Percorso del cavidotto MT 30 kV Interrato di collegamento interno
- Percorso del cavidotto interrato di collegamento delle cabine di raccolta

Particolare Fasce DPA



REGIONE CAMPANIA
PROVINCIA DI BENEVENTO

COMUNE DI APOLLOSA (BN)
COMUNE DI CASTELPOTO (BN)
COMUNE DI BENEVENTO (BN)

OGGETTO:
PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO NELLA LOCALITA' "PEZZA DELLE CAVE" NEI COMUNI DI APOLLOSA (BN), CASTELPOTO (BN) E BENEVENTO (BN) DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 44.036,3 kWp e MASSIMA IN IMMISSIONE IN AC PARI A 35.000 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE UBICATE NEL COMUNE DI BENEVENTO (BN)

ELABORATO N. B04.1	TITOLO: RAPPRESENTAZIONE DELLA DPA SU MAPPA ORTOFOTO	SCALA 1:2.000
-----------------------	---	------------------

COMMITTENTE APOLLOSA SOLAR PARK S.R.L. VIALE FRANCESCO RASTELLI N.317 20124 MILANO P.IVA 06055300659	FIRMA E TIMBRO IL TECNICO 	PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO
	Ing. Giovanni Marsicano Ing. Giovanni Marsicano	

AGGIORNAMENTI					
N°	Data	Cod. Stmg	Nome File	Eseguito da	Approvato da
Rev 0	AGOSTO 2022	202100416	MMIT_APB_B04.1	Ing. Giovanni Marsicano	Ing. Giovanni Marsicano