



Poggio Imperiale

Comune di Poggio Imperiale

Provincia di Foggia



Apricena

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN

IMPIANTO FOTOVOLTAICO

In agro di Poggio Imperiale (FG)

Potenza nominale 32,97 MW

Proponente:



NVA SUNFLOWER S.r.l.

PROCEDIMENTO UNICO AMBIENTALE

Art.27 D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.

“SUNFLOWER”

RICHIESTA DI AUTORIZZAZIONE UNICA

D.Lgs. 387/2003

VALUTAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO

CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

L.R. 9-10-2008 n.25 - DPCM 8-7-03 - DM 29-5-08

Progettazione:



Tecnico Competente:

Ing. Francesco Di Cosmo

Emissione: **Marzo 2024**

PREMESSA

Il *D.P.C.M. 8 luglio 2003* prescrive che il proprietario/gestore di impianti da sorgenti fisse con frequenza compresa tra 100 kHz e 300 GHz, che possono generare campi elettromagnetici, comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto e i dati utilizzati per il loro calcolo.

L'impianto fotovoltaico nel suo complesso è costituito da due zone:

- zona interna privata e recintata
- zona esterna pubblica

Lo studio di impatto elettromagnetico si rende necessario al fine di una valutazione del campo elettrico e magnetico nei riguardi della popolazione. In particolare "la fascia di rispetto" di cui al DM 29-5-08 "*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*" viene calcolata tenendo conto dell'elettrodotto, o cavidotto, e delle cabine elettriche.

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

Poiché le linee di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica (elettrodotti e cavidotti), hanno in Europa una frequenza di 50 Hz i campi elettrici e magnetici rientrano nella cosiddetta banda ELF (30 - 300 Hz, bassa frequenza).

L'impianto oggetto dello studio

Il presente documento è finalizzato alla valutazione di impatto e compatibilità dei campi elettromagnetici che saranno determinati dall'esercizio della nuova centrale fotovoltaica in progetto da **32,97 MWp**, denominata "**Sunflower**" da realizzarsi in agro di **Poggio Imperiale** (FG) con collegato in cavidotto a 150 kV fino alla Sottostazione Utente per la connessione alla futura stazione del "Gestore della Rete - GSE" ubicate in Apriceca.

La valutazione di compatibilità elettromagnetica è stata effettuata per la zona esterna pubblica a partire dal cavidotto uscente dalla sottostazione utente SI di elevazione 30/150 kV e fino alla Sottostazione Utente in prossimità della Stazione Terna.

Basse frequenze

I limiti per le basse frequenze sono imposti dal *D.P.C.M. 8-7-03*, pubblicato sulla G.U. n.200 del 29 Agosto 2003, "*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*".

I valori limite fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003, nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz, sono riportati nella seguente tabella:

	Campo Elettrico [kV/m]	Induzione Magnetica [μT]
Limite di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

Il decreto prevede, nel caso del limite di esposizione, che i valori di campo elettrico e campo magnetico siano espressi come valori efficaci mentre, per il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità, l'induzione magnetica è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Si fa notare che i suddetti limiti non si applicano ai lavoratori professionalmente esposti che operano nel settore della costruzione, manutenzione, etc. dell'infrastruttura poiché sottoposti ad una differente normativa.

I campi ELF, contraddistinti da frequenze estremamente basse, sono caratterizzabili mediante la semplificazione delle equazioni di Maxwell dei "campi elettromagnetici quasi statici" e quindi da due entità distinte:

- **il campo elettrico**, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni e quindi direttamente proporzionale al valore della tensione di linea;
- **il campo magnetico**, generato invece dalle correnti elettriche.

Dagli elettrodotti si generano sia un campo elettrico che un campo magnetico.

Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano, pertanto l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante. La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico e, in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Campo magnetico

L'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende invece dall'intensità della corrente circolante nel conduttore; tale flusso risulta estremamente variabile sia nell'arco di una giornata sia su scala temporale maggiore quale quella stagionale.

Non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea: quindi all'interno di eventuali edifici circostanti si può misurare un campo magnetico d'intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno. Quindi, sia campo elettrico che campo magnetico decadono all'aumentare della distanza dalla linea elettrica, ma mentre il campo elettrico, è facilmente schermabile da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi ed edifici, il campo magnetico non è schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI

Campo elettrico

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, **i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli**, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

Campo magnetico

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

- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

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

I valori di campo magnetico, risultano notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti. Questi saranno posti a circa 1,5 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante,

una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento produttivo.

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza. Tra i vantaggi collegati all'impiego dei cavi interrati sono da considerare i valori d'intensità di campo magnetico che decrescono molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione). Altri metodi con i quali ridurre i valori d'intensità di campo elettrico e magnetico possono essere quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico. Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata.

NEL SEGUITO SI RICHIAMANO LE PRINCIPALI LEGGI E NORMATIVE:

Legislazione

- **D.M. 5 agosto 1988** Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione esecuzione delle linee elettriche aeree esterne.
- **Legge quadro 36/2001** Identificazione livelli di esposizione
- **D.P.C.M. 08 luglio 2003** Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità
- **D.M. 29 maggio 2008** Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto

Linee guida, raccomandazioni e sentenze

- **Linee guida ICNIRP 1988** Limitazione esposizione CEM
- **Raccomandazione** Consiglio dell'U.E. 12 luglio 1999 Quadro protezione della popolazione dai CEM
- **Sentenza** 7 ottobre 2004 Corte Costituzione Illegittimità leggi regionali in materia di tutela dai CEM

Normative

- **CEI 106-11** "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" (02/2006);
Parte 2: Distanza di prima approssimazione per cabine media-bassa tensione.

- **CEI 106-12** "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT" (05/2006).
- **CEI 211-4** Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche
- **CEI 11-17** Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo
- **CEI 11-60** Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione > 100 kV.

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

Ai fini della presente relazione è utile richiamare le seguenti definizioni valide per gli elettrodotti e le cabine di trasformazione (*cf.* Decreto 29/05/2008):

Linee elettriche

Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti (Centrali di Produzione, Stazioni Elettriche, Cabine di Trasformazione primarie e secondarie, cabine utente AT) allo stesso livello di tensione.

Cabine di trasformazione

Nell'ambito di una rete elettrica, la cabina di trasformazione corrisponde ad un'officina elettrica destinata alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione.

Fascia di rispetto

La fascia di rispetto è lo spazio circostante un elettrodotto comprendente tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Distanza di prima approssimazione (Dpa)

Per le **linee** è "*la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto*". Per le **cabine** è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Livelli di tensione

Livello 1

L'energia elettrica giunge dalle centrali elettriche e dall'estero fino alla rete di trasmissione con una tensione di 380 kV o 220 kV. Questo stadio viene chiamato livello di **altissima tensione**.

Livello 3

Gli intervalli compresi tra 36 kV e 150 kV di tensione sono detti livello di **alta tensione**.

Livello 5

Gli intervalli compresi tra 1 kV e 36 kV di tensione sono detti livello di **media tensione**.

Livello 7

Tutti gli intervalli con una tensione inferiore a 1 kV sono detti livelli di **bassa tensione**. È questa la tensione con cui l'energia elettrica giunge alle prese di corrente domestiche (220v o 380v).

I livelli 2, 4 e 6 sono i cosiddetti livelli di trasformazione, poiché trasformano l'energia elettrica nel livello immediatamente inferiore (o superiore a seconda della necessità).

ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN PROGETTO

L'intero impianto fotovoltaico sarà ubicato a nord-est del centro abitato di Poggio Imperiale (FG), in agro del Comune di Poggio Imperiale (FG), in prossimità del casello autostradale, ed avrà una potenza nominale di 32,97 MW.



Il progetto prevede la costruzione di:

- Un impianto fotovoltaico suddiviso in 8 aree, di seguito definite macro moduli o generatori fotovoltaici. Ogni macro modulo conterrà più stringhe poggiate su strutture di sostegno c.d. "tracker" costituite da moduli fotovoltaici elementari. Il modulo fotovoltaico è l'elemento base dell'impianto che converte l'energia solare in energia elettrica, sfruttando l'effetto fotovoltaico. Il modulo fotovoltaico scelto per l'installazione del progetto è il modello [Vertex N della Trina Solar](#) in grado di generare una potenza nominale pari a 695 Wp con tensione di 40,3 V in c.c.



- Ogni macro modulo avrà dedicata una cabina di trasformazione da corrente continua a corrente alternata (mediante inverter) e di elevazione della tensione (mediante trasformatore) da BT (0,4kV) a MT pari a 30kV (valore di tensione scelto per il trasporto).



- Il cavidotto di connessione a 30kV per il tratto che collega le isole fotovoltaiche alla cabina elettrica di impianto SI.
- Il cavidotto a 150 kV che collega la cabina di impianto SI alla sottostazione utente punto di consegna al gestore previsto nella Cabina Elettrica Primaria CP che dovrà essere costruita per fornire tutta l'energia prodotta al Gestore della Rete – GSE nel [Comune di Apricena](#).



L'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici sarà così convogliata prima nelle cabine di ricezione ubicate nelle recinzioni dei macro moduli, dove la tensione viene portata da 0,4 a 30kV. Successivamente l'energia prodotta da tutti i generatori fotovoltaici (macro moduli) viene convogliata in una cabina

utente di raccolta e trasformazione SI, costituita da un locale in cls, del tipo prefabbricato, idoneo secondo gli standard di unificazione del GSE. In tale sottostazione saranno collocate le apposite apparecchiature necessarie alla misura dell'energia prodotta, alla trasformazione MT/AT ed all'immissione in rete, principalmente si possono elencare le seguenti apparecchiature:

A) Le cabine elettriche ubicate nei macro moduli in cui sono alloggiati:

- gruppi di conversione e controllo della potenza (inverter);
- il trasformatore elevatore BT/MT – 0,4/30 kV;
- dispositivi di protezione, comando e di interfaccia MT;
- trasformatore e relative linee BT per l'alimentazione delle utenze ausiliarie;
- gruppo di continuità (UPS) per alimentazione di servizi ausiliari e protezioni di cabina elettrica.

B) La cabina di utenza (SI) di raccolta e trasformazione in cui sono alloggiati:

- il trasformatore elevatore MT/AT – 30/150 kV;
- i dispositivi di intercettazione e protezione
- condutture per il collegamento alla rete pubblica del gestore a 150 kV.

C) Il Cavidotto

- a 150 kV che collega la cabina elettrica utente SI al punto di consegna al gestore previsto nella Stazione elettrica di Utenza prima della Stazione Elettrica Primaria SP che dovrà essere costruita dal Gestore della Rete - GSE.

Per la realizzazione dell'impianto sono previste le seguenti infrastrutture:

1. Sistemazione dell'area di installazione con livellamento e compattamento del terreno e realizzazione della recinzione di protezione;
2. posa in opera dei pali a vite e/o fondazioni per l'ancoraggio dei supporti dei moduli;
3. realizzazione delle piazzole temporanee per lo stoccaggio ed il montaggio delle strutture metalliche;
4. adeguamento della viabilità esistente e realizzazione della viabilità di servizio all'impianto;
5. realizzazione della sottostazione elettrica di impianto SI, costituita da cabine prefabbricate adagate su fondazioni anch'esse prefabbricate e/o gettate in opera;
6. realizzazione dei cavidotti interrati per la posa dei cavi elettrici.

CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO PER LE CABINE ELETTRICHE

Cabina di trasformazione (in corrispondenza dei generatori fotovoltaici 0,4/30kV)

La metodologia di calcolo applicata è quella contenuta nella **Guida CEI 106-12**. In essa vengono proposte alcune formule per il calcolo dell'induzione magnetica in riferimento alle sorgenti di campo magnetico a 50 Hz individuate all'interno delle cabina BT/MT (0,4/30kV): le sorgenti che producono significativi valori di induzione magnetica negli ambienti esterni, dove è possibile la permanenza di persone, sono individuate dai sistemi trifase di conduttori per il trasporto di corrente elettrica, considerate normalmente equilibrate e simmetriche e con diversa disposizione geometrica. Per la determinazione della fascia di rispetto si farà riferimento al sistema trifase di conduttori percorsi dalla corrente di bassa tensione ed impiegati nel collegamento diretto fra inverter e trasformatore; la geometria considerata è quella di conduttori disposti parallelamente fra loro ed in piano, con distanza fra le fasi pari alla distanza tra i poli di connessione del trasformatore.

La formula utilizzata per il calcolo dell'induzione magnetica è la seguente:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2}$$

dove:

- B = Valore efficace del vettore induzione magnetica (μT);
- I = Corrente nominale in uscita al trasformatore (A);
- S = Distanza tra i conduttori (m);
- R = Distanza corrispondente all'obiettivo di qualità pari a 3 μT (m).

Relativamente alle cabine elettriche di ricezione, ubicate all'interno delle zone recintate dei macro moduli fotovoltaici dell'impianto fotovoltaico in esame, si riportano nel seguito i dati, con riferimento alle formule precedentemente esposte e al macro modulo di maggiore potenza che si ritiene pari a circa 5 MW (33,18/8 + 20%):

Cabina utente 0,4/30kW:

- Valore efficace del vettore induzione magnetica (μT) = 3;
- Potenza maggiore tra i macro moduli 5 MW
- I = Corrente nominale in uscita dal trasformatore (A) = 96,34;
- S = Distanza tra i conduttori (m) = 0,25;

Risulta:

Calcolo dell'ampiezza della fascia di rispetto secondo la Guida CEI 106-12:

$$R = 1,67 \text{ m}$$

Si tratta di un valore fortemente cautelativo, sia perché viene applicato al perimetro esterno della cabina, ossia in questo caso della power-station, sia perché il campo magnetico realmente presente sarà fortemente attenuato dalla presenza degli involucri metallici e della stessa struttura della power-station.

In tutti i casi la DPA riferita alle power-station ricade all'interno del perimetro dell'impianto fotovoltaico e coinvolge aree nelle quali non è prevista la permanenza di persone per periodi significativi. In nessun caso ricadono all'interno della DPA aree ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno

Cabina di trasformazione (sottostazione utente 30/150kV)

Sottostazione utente 30/150kW:

- Valore efficace del vettore induzione magnetica (μT) = 3;
- Potenza dell'intero impianto 33,18 MW
- I = Corrente nominale in uscita dal trasformatore (A) = 639;
- S = Distanza tra i conduttori (m) = 0,25;

Risulta:

Calcolo dell'ampiezza della fascia di rispetto secondo la Guida CEI 106-12:

$$R = 4,29 \text{ m}$$

Si evidenzia che, in conformità a quanto stabilito nel paragrafo 5.2.1 del DM 29 maggio 2008, i trasformatori MT/BT fino a 250 kV hanno una DPA massima di 1,5 m.

La sottostazione utente è realizzata in un'area agricola e disabitata dove non è presumibile la presenza di persone per tempi significativi. In nessun caso ricadono all'interno della DPA aree di ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno.

Impianto di consegna AT/MT

L'impianto di consegna ha una duplice funzione: immettere in rete l'energia prodotta dal campo fotovoltaico e la conversione della stessa energia da MT ad AT.

La sottostazione sarà suddivisa in due parti principali:

- Area 1: necessaria per l'installazione apparecchiature gestore della rete;
- Area 2: da utilizzare per l'installazione di tutte le apparecchiature elettriche occorrenti sul "lato utente".

L'area utente sarà ricavata in adiacenza all'area "Gestore della rete" ed avrà dimensioni tali da permettere la corretta installazione di tutte le apparecchiature elettriche facenti parte della sottostazione "lato utente",

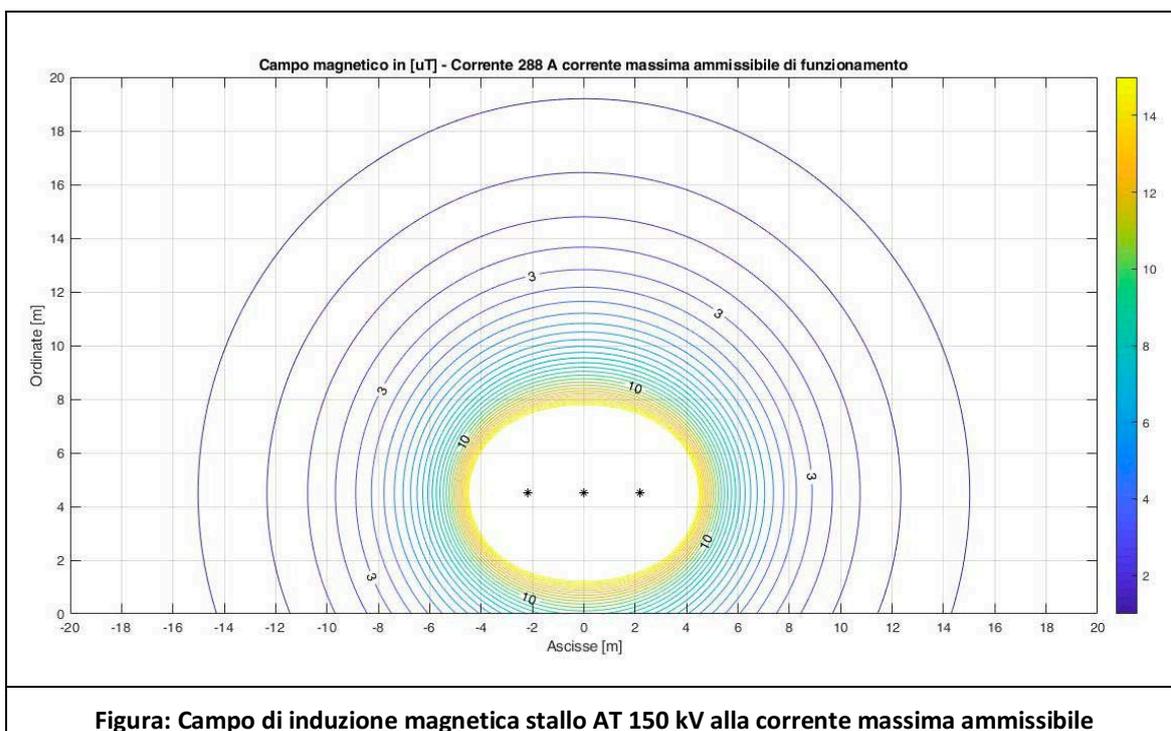
apparecchiature di condizionamento dell'energia e di misurazione, di trasformazione/adequamento di tensione ed isolamento degli impianti.

Il DPCM 8 luglio 2003 stabilisce che la corrente da utilizzare nel calcolo del campo di induzione magnetica è la portata in corrente di servizio normale. Relativamente alle linee aeree con tensione superiore ai 100 kV, il DM 29 maggio 2008 specifica che tale valore è dato dalla portata di corrente in servizio normale come definito dalla norma CEI 11-60, che per i conduttori a 132÷150 kV è stabilito essere pari a 870 A.

Nella realtà la potenza complessiva erogabile dall'impianto di generazione fotovoltaica è limitata a 75 MVA dal limite di potenza in immissione in rete definito dalla TICA e dalla potenza complessiva installata sia in termini di inverter DC/AC che dei trasformatori MT/BT e AT/MT; questo implica che la corrente massima che potrà circolare nella sezione AT dell'impianto non supererà mai il valore dato dalla seguente relazione:

$$I_{max} = \frac{A}{V_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{75.000.000}{150.000 \cdot \sqrt{3}} = 288 \text{ A}$$

La Figura che segue riporta i valori del campo di induzione magnetica calcolato per lo stesso stallo AT percorso dalla corrente massima ammissibile sui cavi in base alle limitazioni fissate dalla TICA e dalla potenza delle apparecchiature installate (in primis la taglia del trasformatore AT/MT).



Sulla base dei valori di campo di induzione magnetica riportati in Figura 5 è possibile osservare come, la DPA ai fini del rispetto dell'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ sia approssimabile per eccesso a **7 m**.

È quindi possibile concludere che il trasformatore e lo stallo AT previsti all'interno della stazione di elevazione sita a sua volta all'interno di un'area agricola e disabitata in cui non è presumibile la presenza di persone per periodi significativi. In nessun caso ricadono all'interno della DPA aree ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno. Inoltre, l'area in cui si raggiunge la soglia di attenzione di $3 \mu\text{T}$ è interamente compresa all'interno del perimetro della stazione.

CONCLUSIONI SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO INDOTTO DALLE CABINE DI TRASFORMAZIONE

Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, nonché nei calcoli sopra eseguiti, risulta evidente che i campi generati sono tali da rientrare nei limiti di legge.

La fascia di rispetto per le cabine di trasformazione 0,4/30kV calcolata con l'obiettivo qualità da considerarsi a partire dal trasformatore risulta pari a circa $R=m.1,67$.

Dalla verifica puntuale in prossimità delle cabine interne alla recinzione non esistono recettori sensibili all'interno delle fasce di rispetto come sopra definite.

La fascia di rispetto per le cabine di trasformazione 30/150kV calcolata con l'obiettivo qualità da considerarsi a partire dal trasformatore risulta pari a circa $R=m.4,29$.

Dalla verifica puntuale in prossimità della sottostazione utente non esistono recettori sensibili all'interno delle fasce di rispetto come sopra definite.

Pertanto, dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica il l'impianto nel complesso è conforme alla normativa vigente.

CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO LUNGO IL CAVIDOTTO

Della sottostazione di utenza (SI) di raccolta e trasformazione interna al recito dell'impianto partirà il cavidotto a tensione di 150kV fino alla Stazione elettrica del gestore per la consegna di tutta l'energia prodotta.



La norma CEI106-12 indica le formule approssimate per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti equilibrate e simmetriche. Il campo magnetico nell'intorno dei cavi avvolti ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.

Nel progetto presentato si considera la condizione di posa più sfavorevole dal punto di vista di emissioni di campi elettromagnetici in considerazione che, **eventuali soluzioni alternative come l'utilizzo di cavi cordati ad elica, possono solo migliorare la criticità dovuta a tale fenomeno emissivo:**

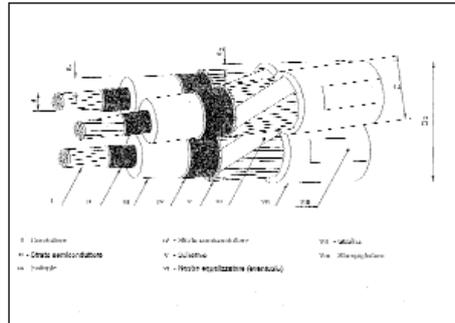
- la disposizione delle terne di cavi sarà in piano. Pertanto, in tale configurazione, si applica la formula per conduttori rettilinei disposti in piano e parallelamente;
- si considera il tipico 5B perché genera una fascia di rispetto di maggiore ampiezza essendo maggiore la distanza tra i conduttori;
- gli elettrodotti interrati presentano distanze rilevanti da edifici abitati o stabilmente occupati;
- la corrente viene distribuita alternata e non continua, riducendo così le perdite a parità di tensione.

Il cavo interrato

I cavi elettrici interrati in MT o AT, tra gli generatori fotovoltaici e la sottostazione utente e tra quest'ultima e la Stazione Elettrica del GSE saranno realizzati con terne di cavi unipolari la cui sigla commerciale è la seguente: ARG7H1(AR)E-AR-BAG 18/30kV di sezione 35mm² , 185 mm² e 400mm², idonei per la posa interrata.

PARTICOLARE CAVO UNIFICATO ENEL

CAVO PER MEDIA TENSIONE TRIPOLARE AD ELICA VISIBILE
ISOLATO CON GOMMA ETILENPROPILENICA AD ALTO
MODULO ELASTICO SCHERMATO SOTTO GUAINA DI PVC



Caratteristiche elettriche del cavo sotterraneo unificato Enel

CAVO SOTTERRANEO				
Materiali	Sezione (mm ²)	Portata di Linea termica (°) (A)	Resistenza a 20° (Ω/Km)	Reattanza (Ω/Km)
Alluminio	185	380 (320)	0,184	0,115

Modalità di posa elettrodotto interrato

La posa interrata dei cavi avverrà a una profondità maggiore di m.1,10 e una adeguata protezione meccanica sarà posta sui cavi stessi in conformità alla modalità di posa "L" della Norma C.E.I. 11-17.

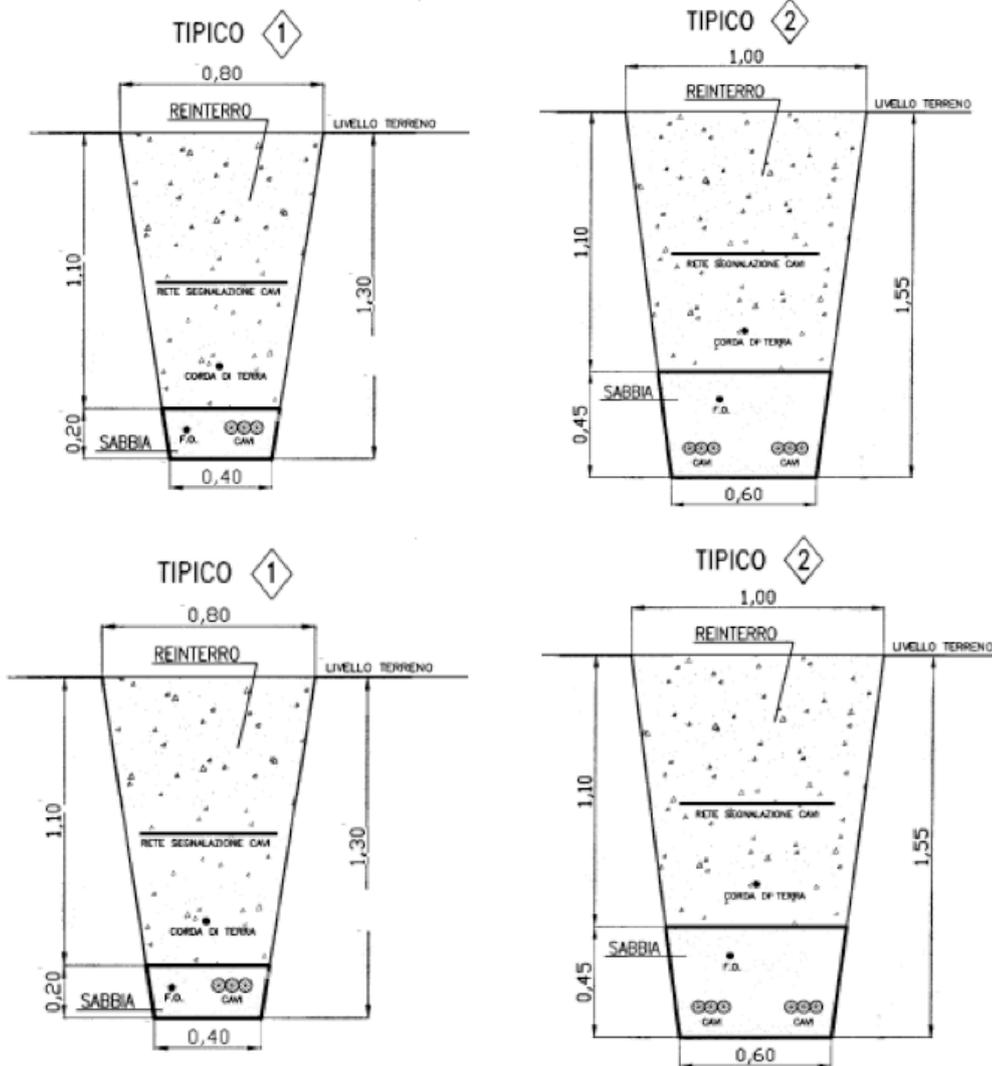
Lo scavo sarà eseguito a sezione obbligata e a profondità costante secondo il tipico applicabile.

Prima della posa dei cavi verrà ricoperto il fondo dello scavo (letto di posa) con uno strato di sabbia avente proprietà dielettriche e per uno spessore secondo il tipico applicabile.

Sarà installata una rete in PVC di colore rosso per protezione e segnalazione dei cavi interrati.

I cavidotti interrati saranno realizzati su percorsi di campagna o in fregio alle strade secondo i tipici 1-2-3-4-5A-5B-5C.

I tipici 1-2-3-4 sotto riportati sono riferiti alle vie cavo e si differenziano fra loro per il numero dei cavi contenuti.

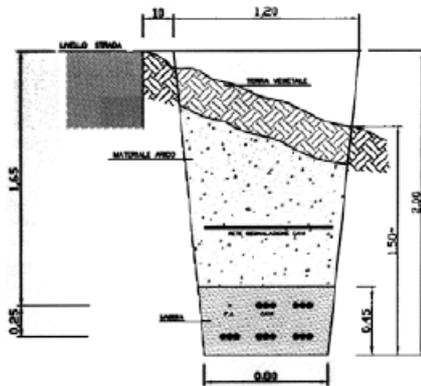


I tipici 5A-5B-5C, sotto riportati, sono riferiti al cavidotto di interconnessione tra la sottostazione di utenza e la Stazione Elettrica del gestore:

- Il tipico 5A è riferito al cavidotto in fregio alle Strade Provinciali.
- Il tipico 5B è riferito agli attraversamenti di Strade (Provinciali e Comunali); i cavi sono posati in tubi in PVC a loro volta protetti da un bauletto di calcestruzzo.
- Il tipico 5C è riferito al cavidotto in un percorso di campagna.

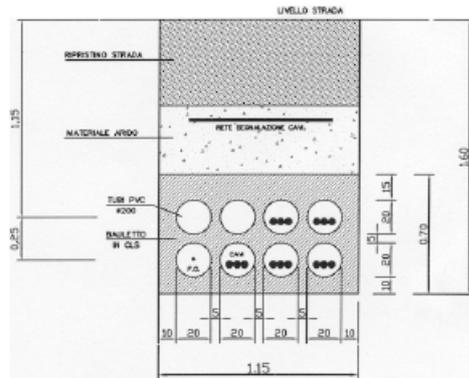
TIPICO 5A

CAVIDOTTO DA PARCO EDILIZIO A S.S.E
TIPICO CAVIDOTTO IN FREGIO ALLE
STRADE (PROVINCIALI E COMUNALI)



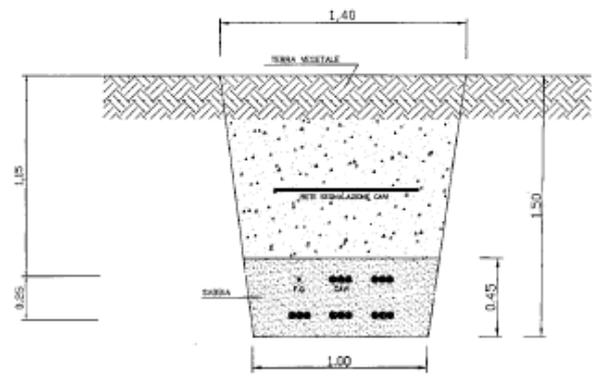
TIPICO 5B

CAVIDOTTO DA PARCO EDILIZIO A S.S.E
TIPICO CAVIDOTTO ATTRAVERSAMENTO
STRADE (PROVINCIALI E COMUNALI)



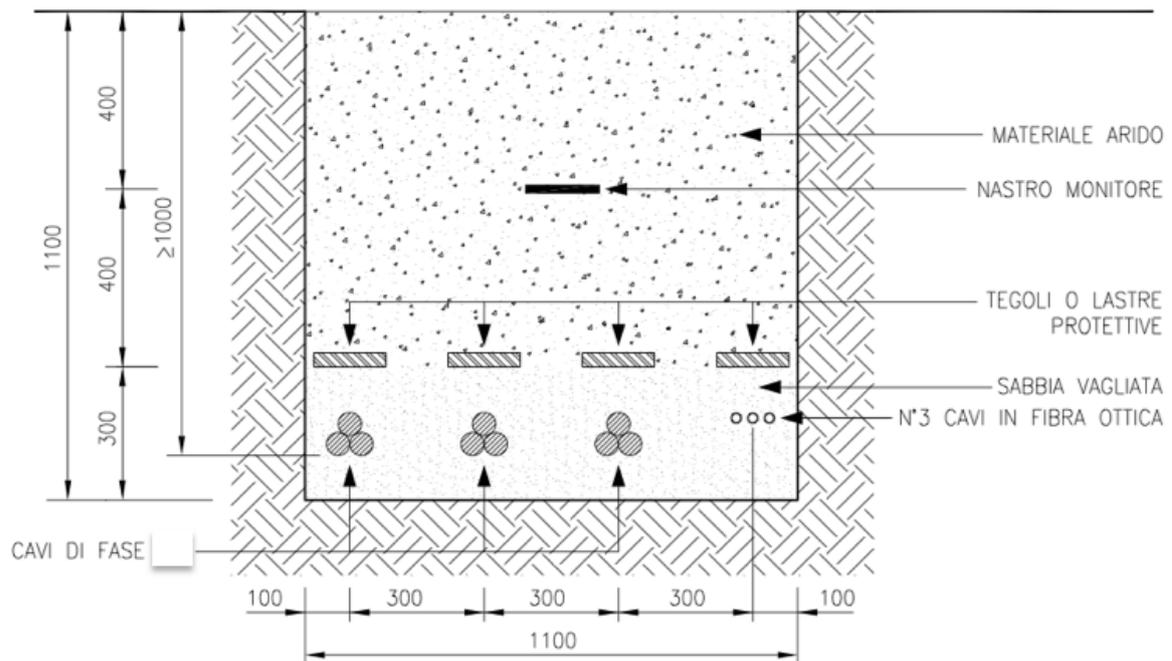
TIPICO 5C

CAVIDOTTO DA PARCO EDILIZIO A S.S.E
TIPICO CAVIDOTTO PERCORSO
IN CAMPAGNA



La sezione tipo, con scavo su strada asfaltata, del cavidotto con tensione a 30 kV o 150kV, di collegamento del campo fotovoltaico alla stazione primaria è la seguente:

SEZIONE TIPO "C1"



Più in generale, le modalità di connessione saranno conformi alle disposizioni tecniche emanate dall'autorità per l'energia elettrica e il gas, al Gestore della rete di distribuzione ed in completo accordo con disposizioni e consuetudini tecniche previste dal GRTN.

Nella condizione più sfavorevole la situazione in esame è rappresentata da terne di cavi posati in piano lungo direttrici parallele.

La formula della distanza dal baricentro della configurazione di terne di conduttori (che rappresenta la scelta progettuale adottata per $B=3\mu T$) è la seguente:

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2}$$

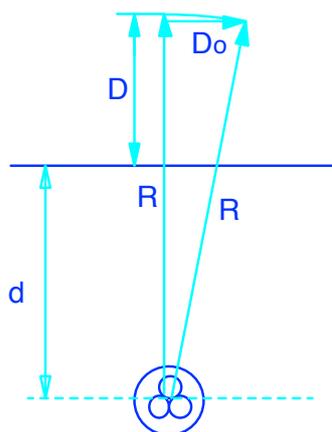
dove:

$S = 0,30$ m, rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori

R è la distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori rispetto al quale corrisponde un valore di induzione magnetica B pari a $3 \mu T$.

Se a R sottraiamo la distanza di profondità di posa dei conduttori, che nel caso specifico è di circa metri 1,10 otteniamo la distanza di rispetto al di sopra del terreno.

$$D = R - d$$



Inoltre con la relazione può calcolarsi la distanza D_0 in orizzontale dopo la quale il valore della induzione magnetica scende sotto i $3 \mu\text{T}$:

$$D_0 = (0,082 * S * I - h^2)^{0,5}$$

Per il calcolo delle distanze delle fasce di rispetto dell'impianto fotovoltaico in esame si riportano nel seguito i dati, con riferimento alle formule precedentemente esposte:

A) Tratto dai macro moduli alla sottostazione di utenza:

- Frequenza 50 Hz
- Potenza massima di un macro modulo: 5 MW
- Tensione nominale cavidotto 30 kV
- Distanza (S) tra le generatrici dei cavi 0,3m
- Corrente (I) di esercizio di una terna al massimo rendimento dell'impianto 96 A

Imponendo il limite di legge:

Obiettivo qualità $B = 3 \mu\text{T} \rightarrow R = 1,29\text{m}$; **D=0,19m**; $D_0 = 1,27\text{m}$

Dunque se consideriamo che la profondità dei cavi sarà non inferiore a metri 1,10 il vettore R che parte dal baricentro dei cavi in direzione verticale avrà una estensione pari a $R = 1,29\text{m}$; la distanza a partire dalla superficie del terreno all'interno della quale è corretto ritenere che non ci sia presenza di persone risulta pari a $D = 0,19\text{m}$, la stessa si estende in orizzontale per $D_0 = 1,27\text{m}$.

Le porzioni di cavidotto all'interno della stazione di elevazione hanno una DPA che ricade interamente all'interno dei perimetri recintati e non coinvolge aree per le quali non è presumibile la permanenza di persone per periodi significativi.

B) Tratto dalla sottostazione elettrica di impianto SI alla Stazione Elettrica del GSE:

- Frequenza 50 Hz
- Potenza massima: 32,97 MW
- Tensione nominale cavidotto 150 kV
- Distanza (S) tra le generatrici dei cavi 0,3m
- Corrente (I) di esercizio di una terna al massimo rendimento dell'impianto 127A

Imponendo il limite di legge:

Obiettivo qualità $B = 3 \mu T \rightarrow R = 1,47m$; **D=0,37m**; $D_0 = 1,46m$

Dunque se consideriamo che la profondità dei cavi sarà non inferiore a metri 1,10 il vettore R che parte dal baricentro dei cavi in direzione verticale avrà una estensione pari a $R=m.1,47$; la distanza a partire dalla superficie del terreno all'interno della quale è corretto ritenere che non ci sia presenza di persone risulta pari a $D = m.0,37$, la stessa si estende in orizzontale per $D_0 = m.1,46$.

CONCLUSIONI SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO INDOTTO DAL CAVIDOTTO

Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, nonché nei calcoli sopra eseguiti, risulta evidente che i campi generati sono tali da rientrare nei limiti di legge.

La fascia di rispetto calcolata con l'obiettivo qualità da considerarsi sull'area al di sopra dello scavo, cioè dal piano strada, risulta estesa per una distanza di $D = m.0,37$ e per una estensione in orizzontale pari a $D_0 = 1,46$.

Il cavidotto esterno in AT che collega la sottostazione elettrica di impianto SI con la stazione del GSE è realizzato, per l'intera sua lunghezza, all'interno di un'area agricola sostanzialmente disabitata, per cui, lungo tutto il suo percorso, non sono presenti all'interno della DPA ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno né sia prevedibile la presenza di persone per periodi significativi.

Pertanto, dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica il l'impianto nel complesso è conforme alla normativa vigente.