

PROGETTO DI COSTRUZIONE E DI MESSA IN ESERCIZIO DI UN IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO

RELAZIONE TECNICA PREVISIONALE - IMPATTO ELETTROMAGNETICO -

- DATI AMMINISTRATIVI -

Ditta proponente: *ENEL ROTELLO 1 S.R.L.*

Sede: Vico Teatro 33, 71121 Foggia

Progettista: Romanciuc Arch. Andrea

Contatto per notifiche: studio-romanciuc@pec.it

Contatto telefonico: 331.8880993

- LOCALIZZAZIONE -

Comune di Rotello, Provincia di Campobasso, Regione Molise

Località "Contrada Cantalupo o anche Fontedonico"

Coordinate Geografiche: 41.756303°, 15.072583°

Estremi catastali:

- Foglio 19 Part. 4, 5, 7, 14, 15, 16, 17, 22
- Foglio 30 Part. 15, 16, 21, 22, 23, 25, 26, 41, 46, 47, 57
- Foglio 43 Part. 8, 13, 14, 19, 51
- Foglio 45 Part. 93, 95, 152, 151
- Foglio 46 Part. 12, 19, 20, 22, 23, 65, 66, 77, 79, 83, 84, 90, 96, 97, 98, 99, 111, 102, 103, 106, 114, 109, 115, 121, 124, 131, 151, 155, 177, 182, 183, 184, 201, 209, 215, 217, 218, 222

- DATI IMPIANTO -

Potenza impianto fotovoltaico: 60 MWp

Numero di tracker: 4807

Distanza interasse trasversale tracker (direzione est-ovest): 9,5 mt

Numero pannelli fotovoltaici: 134596 da 435 Wp cad.

Codice A.U. – P.A.U.R.: RelazioneElettromagnetico_0_11

Documento: RELAZIONE_11

INDICE

PREMESSE	3
1 EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	5
1.1 Introduzione	5
2 RIFERIMENTI NORMATIVI	7
2.1 Normativa	7
2.2 Definizioni	9
2.3 Evoluzione Normativa	12
3 SALUTE DELL’UOMO E DISTANZE DI TUTELA	15
3.1 Verifiche degli effetti sulla salute dell’Uomo	15
3.2 Distanze di tutela per gli effetti cumulativi sull’Uomo	17
3.3 Elaborati grafici per la tutela dagli effetti cumulativi sull’uomo	20
4 DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO	28
4.1 Composizione	28
5 VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	32
5.1 Campi Elettrici	32
5.2 Campi Magnetici	32
5.2.1 Sezione Corrente Continua.....	32
5.2.2 Sezione Corrente Alternata	33
5.3 Impianto Agrivoltaico	34
5.3.1 Moduli fotovoltaici	34
5.3.2 Inverter	34
5.3.3 Linee elettriche in corrente alternata	35
5.3.4 Cabine elettriche di Trasformazione	36
5.4 Opere Esterne di Connessione	37
5.4.1 Linee elettriche in corrente alternata (AC) ed in media tensione (MT)	37
5.4.2 Sottostazione di Utenza – Allaccio alla rete RTN.....	42
5.4.3 Linee elettriche in corrente alternata (AC) in alta tensione (AT)	45
5.5 Analisi dei Risultati	48
CONCLUSIONI	50

PREMESSE

La presente Relazione Previsionale di Impatto Elettromagnetico è redatta per il progetto di costruzione di un impianto Agrivoltaico proposto dalla società *Enel Rotello 1 S.R.L.* con sede legale in Foggia, Vico Teatro 33.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un nuovo impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare, con potenza complessiva di 60 MWp, da realizzarsi nella Provincia di Campobasso, nel territorio comunale di Rotello (CB), con le relative opere ed infrastrutture, incluse le opere di connessione alla vicinissima Stazione Elettrica TERNA denominata "S.E. Rotello".

La costruzione e la messa in esercizio dell'impianto Agrivoltaico andrà ad interessare dei terreni agricoli liberi da manufatti e da interferenze, posti a distanza da alcuni ricettori fissi esterni (immobili), quest'ultimi oggetto di indagini e di verifiche "*caso per caso*".

L'impianto prevede l'utilizzo di una parte dei seguenti terreni, siti nel Comune di Rotello (CB) in località Cantalupo" e precisamente le Particelle 4, 5, 7, 14, 15, 16, 17, 22 del Foglio 19, le Particelle 15, 16, 21, 22, 23, 25, 26, 41, 46, 47, 57 del Foglio 30, le Particelle 8, 13, 14, 19, 51 del Foglio 43, le Particelle 93 ,95 ,152, 151 del Foglio 45, le Particelle 12, 19, 20, 22, 23, 65, 66, 77, 79, 83, 84, 90, 96, 97, 98, 99, 111, 102, 103, 106, 114, 109, 115, 121, 124, 131, 151, 155, 177, 182, 183, 184, 201, 209, 215, 217, 218, 222 del Foglio 46, per la parte di produzione fotovoltaica e agricola, altri terreni siti nel Comune di Rotello (CB) in località "Cantalupo", oggetto di possibile esproprio per pubblica utilità, per le opere di connessione elettrica e per le relative infrastrutture, come delineato nella relazione:

➤ ***EsproprioPiano_0_24_1***

Il progetto include anche altri interventi per i quali verranno chieste le specifiche autorizzazioni ove e se necessarie:

- **Opere di rimboschimento e di rivegetazione**
- **Opere di mitigazione paesaggistica**
- **Opere di regimazione delle acque meteoriche in eccesso**

Le opere di mitigazione, di rivegetazione, di rimboschimento, di regimazione, verranno realizzate nei nostri terreni di proprietà sopra riportati, ed eventualmente anche nelle aree espropriate.

Il terreno che accoglierà il nostro impianto Agrivoltaico, delimitato da una recinzione, ha un'estensione di circa 97 ettari rispetto agli 125 ettari messi a disposizione dai proprietari, oltre 15 ettari di solo rimboschimento e aree verdi.

L'insieme dei moduli solari fotovoltaici saranno collocati in modo sopraelevato al terreno, utilizzando, come struttura di sostegno, dei Tracker metallici opportunamente dimensionati.

La struttura dei Tracker è una struttura dalle soluzioni e dalle applicazioni molto elastiche, nel senso che, il palo centrale del Tracker, inserito nel terreno in profondità per circa 2 metri, consente di utilizzare anche dei suoli con pendenze di oltre il 10%, installazione che può essere prevista anche con zavorre poggiate alla base. Il Tracker prevede un solo palo centrale e baricentrico, e fino all'utilizzo di altri due pali laterali e centrali, se necessari, al fine di conferire stabilità.

I moduli solari fotovoltaici risulteranno, dunque, sopraelevati rispetto al piano di campagna di circa +2,20 metri, posizionati su piastre metalliche ad inseguimento solare, così come anche la recinzione perimetrale è sopraelevata di +27 cm al fine di consentire il passaggio libero degli animali, come illustrato nella "**Sezione 4**" delle Tavole grafiche per la definizione dei Particolari Costruttivi.

L'area "**al suolo**" effettivamente occupata dalle installazioni dei Tracker, delle cabine, della recinzione, della strada brecciata, rappresentano una parte limitatissima del terreno, simbolica, come appresso riportato:

- Superficie totale "al suolo" occupata dai pali dei tracker: 4.294,8 mq
- Superficie totale "al suolo" occupata dalle cabine: 642,86 mq
- Superficie "al suolo" occupata dalla strada con recinzione = 21.703 mq
- Area recintata impianto: 979.223,9 ha
- Lunghezza Strade: 13.914,19 m
- Lunghezza Recinzione: 14.340,6 m
- Lunghezza ingresso (carrabile+pedonale): 26,8045 m
- Superficie bosco esistente per rivegetazione: 5.701 mq
- Superficie rimboschimento: 63.030 mq
- Superficie uliveti: 36.746 mq
- Lunghezza siepi di mitigazione: 1877 m
- Coordinate Impianto: Latitudine: 41.754938° Longitudine: 15.071235°

Al di fuori dell'area adibita al fotovoltaico vi sono i fabbricati di terze persone che sono oggetto dell'indagine svolta nella presente relazione tecnica.

Per l'impianto FV saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alle cabine elettriche di campo BT/MT, ai cavidotti B.T., ai cavidotti M.T., alle cabine di sezione M.T., ed alla Sottostazione Utenza per la trasformazione MT/AT.

Nel presente studio è stata presa in considerazione la condizione maggiormente significativa al fine di valutare la rispondenza del progetto ai requisiti di Legge per la collocazione di nuovi elettrodotti.

Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze a questi, fino ad una distanza massima di **15 m** dall'asse del cavidotto MT, misurata in piano orizzontale.

La rilevazione del campo magnetico verrà eseguita su uno spettro che avrà altezza variabile di:

- **0m; +1,5m; +2m; +2,5m e +3m** dal piano di campagna

Si evidenzia che per prassi si assume indicativamente la quota mediana di **+1,5 m** dal livello del suolo come quella prevalente per la maggior parte delle verifiche e delle misure di campo elettromagnetico, misurata in piano verticale.

1 EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

1.1 Introduzione

I campi elettromagnetici consistono in onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme; esse si propagano alla velocità della luce e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda.

I campi ELF (extremely low frequency) si identificano nei campi a frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto

vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V).

L'intensità dei campi elettrici è massima vicino alla sorgente e diminuisce con la distanza (proporzionale alla tensione della sorgente). Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), millitesla (mT) o microTesla (μ T).

I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza (proporzionale alla corrente della sorgente). Essi vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco, i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati. Il campo elettrico, a differenza del campo magnetico, subisce un'attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato.

Pertanto le situazioni più critiche sono rappresentate dagli impianti installati in ambiente esterno, rappresentando le schermature dei cavi, la presenza di opere civili e la blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura. Inoltre la distanza tra le apparecchiature e le recinzioni sono tali da contenere i valori di campo elettrico entro i valori limite da eventuali ricevitori sensibili. Ai fini del presente studio si valuteranno, quindi, prevalentemente i campi magnetici.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Normativa

- Testo Unico di Leggi sulle Acque e sugli Impianti Elettrici (R.D. n. 1775 del 11/12/1933);
- Norme per l'esecuzione delle linee aeree esterne (R.D. n. 1969 del 25/11/1940) e successivi aggiornamenti (D.P.R. n. 1062 del 21/6/1968 e D.M. n. 449 del 21/3/1988);
- "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" (D.M. n. 449 del 21/03/1988);
- "Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne" (D.M. 16/01/1991) e successivi aggiornamenti (D.M. 05/08/1998);
- Codice Civile (relativamente alla stipula degli atti di costituzione di servitù);
- "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)" (D.P.C.M del 8/07/2003);
- "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" (D.M. 24.11.1984 e s.m.i.);
- Codice della strada (D. Lgs. n. 285/92) e successive modificazioni;
- Leggi regionali e regolamenti locali in materia di rilascio delle autorizzazioni alla costruzione degli elettrodotti, qualora presenti ed in vigore.
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" (G.U. n° 55 del 7 marzo 2001).
- 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", (GU n° 200 del 29/08/03).
- D.L. 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro"
- DPCM 08/06/01 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità".
- Legge 24/07/90 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi".
- D. Lgs 22/01/04 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio".
- DPCM 12/12/05 "Verifica Compatibilità Paesaggistica ai sensi dell'art 146 del Codice dei Beni Ambientali e Culturali".
- DM 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne" e s.m.i."
- Circolare Ministero Ambiente e Tutela del Territorio DSA/2004/25291 del 14/11/04 in merito ai criteri per la determinazione della fascia di rispetto.
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti".
- Legge 28/03/86 n. 339 "Nuove norme per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne".
- D.M.LL.PP. 21/03/88 n° 449 "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne".

- D.M.LL.PP. 16/01/91 n° 1260 “Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e l’esercizio delle linee elettriche aeree esterne”.
- D.M.LL.PP. 05/08/98 “Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione ed esercizio delle linee elettriche esterne”.
- Artt. 95 e 97 del D. Lgs n° 259 del 01/08/03.
- Circolare Ministeriale n. DCST/3/2/7900/42285/2940 del 18/02/82 “Protezione delle linee di telecomunicazione per perturbazioni esterne di natura elettrica – Aggiornamento delle Circolari del Mini. P.T. LCI/43505/3200 del 08/01/68.
- Circolare “Prescrizione per gli impianti di telecomunicazione allacciati alla rete pubblica, installati nelle cabine, stazioni e centrali elettriche AT”, trasmessa con nota Ministeriale n. LCI/U2/2/71571/SI del 13/03/73.
- D. Lgs 16/03/99, n. 79 Attuazione della direttiva 96/92/CE recante norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica.
- D. Lgs 387/03 Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”
- Norma CEI 7-6 Norme per il controllo della zincatura a caldo per immersione su elementi di materiale ferroso destinati a linee e impianti elettrici.
- Norma CEI 11-4 Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne.
- Norma CEI 11-25 Calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti trifasi a corrente alternata.
- Norma CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici.
- Norma CEI EN 50110-1-2 esercizio degli impianti elettrici.
- Norma CEI 33-2 Condensatori di accoppiamento e divisori capacitivi.
- Norma CEI 36-12 Caratteristiche degli isolatori portanti per interno ed esterno destinati a sistemi con tensioni nominali superiori a 1000 V.
- Norma CEI 57-2 Bobine di sbarramento per sistemi a corrente alternata.
- Norma CEI 57-3 Dispositivi di accoppiamento per impianti ad onde convogliate.
- Norma CEI 64-2 Impianti elettrici in luoghi con pericolo di esplosione.
- Norma CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.
- Norma CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- Norma CEI 11-32 Impianti di produzione di energia elettrica connessi a sistemi di III categoria.
- Norma CEI 11-32 V1 Impianti di produzione eolica.
- Norma CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV”.
- Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", 2a Ed.
- Norma CEI 99-2 Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata.
- Norma CEI 99-2 – Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in c.a. - I Ed. 2011.
- Norma CEI 99-3 - Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1 kV in c.a. - I Ed. 2011.
- Norma CEI 99-27 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica: Linee in cavo.
- Norma CEI 103-6 fascicolo 4091 Edizione agosto 1997, Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell’induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto.

- Norma 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.”
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”
- Rapporto CESI-ISMES A7034603 “Linee Guida per l’uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0”.
- Rapporto CESI-ISMES A8021317 “Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie”.
- Codice di Rete TERNA.

2.2 Definizioni

Si riportano le seguenti definizioni di interesse ai fini della valutazione dell’impatto elettromagnetico, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

Autorità competenti ai fini dei controlli: sono le autorità di cui all’art. 14 della Legge 36/2001 (*le amministrazioni provinciali e comunali, al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale, utilizzano le strutture delle Agenzie Regionali per la Protezione dell’Ambiente*).

Autorità competenti ai fini delle autorizzazioni: sono le autorità competenti al rilascio delle autorizzazioni per la costruzione e/o l’esercizio di elettrodotti e/o insediamenti e/o aree di cui all’art. 4 del DPCM 8 luglio 2003 (*aree gioco per l’infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore*).

Campata: elemento minimo di una linea elettrica sotteso tra due sostegni.

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 della DPA si trovi all’esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Elettrodotto: è l’insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende 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 ($3 \mu T$). Come prescritto dall’articolo 4, c. 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 e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a 4 ore.

Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di Primarie e Secondarie e Cabine Utente.

Limiti di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1): nel caso di esposizione, *della popolazione*, 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 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

Linea: collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.

Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): 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 giornaliere 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 *della popolazione* ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Interpretazione prevalente delle Agenzie ARPA:

La dimensione della Distanza di Prima Approssimazione delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore.

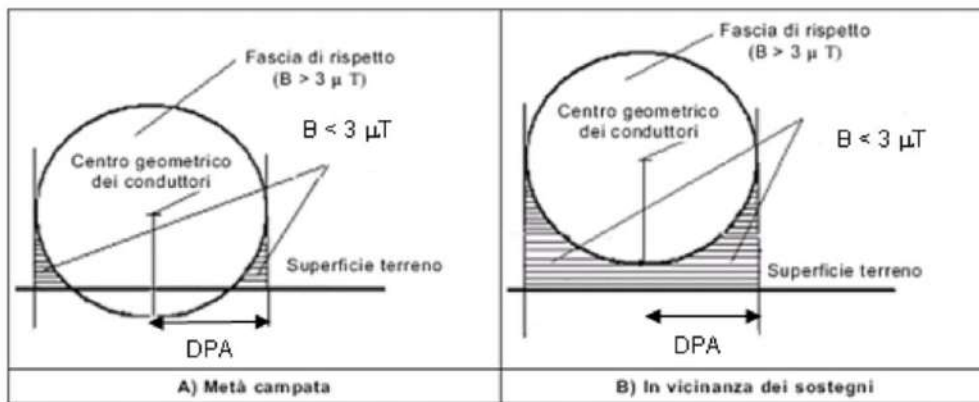


Figura 1 - Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

Portata in corrente in servizio normale: è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 § 2.6. *La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":*

- per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- per gli elettrodotti aerei con tensione <100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori
- per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 § 3.5 e § 4.2.1 come **portata in regime permanente** (massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato)

Sostegno: elemento di supporto meccanico della linea aerea.

Tratta: porzione di tronco (campate contigue) avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, ecc.) e relative alla proprietà.

Tronco: collegamento metallico che permette di unire fra loro due impianti (*corrisponde alla linea a due estremi*).

Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione *della popolazione* 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.

2.3 Evoluzione Normativa

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce principalmente alla Legge 22/02/2001 n°36 denominata Legge-Quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, poi completata a regime con l'emanazione del DPCM 08/07/2003.

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 ed 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, quindi, degli impianti elettrici.

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

- "Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];
- "A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione

magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.” [art. 3, comma 2]

- “Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio” [art. 4]

L'obiettivo “**qualità**” da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico **non superiore ai 3 μ T** inteso 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 la “normale condizione di esercizio” quella in cui l'impianto FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) la massima produzione (circa 150KV).

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 (**C.E.M.**) a copertura dell'intero intervallo di **frequenze da 0 a 300.000 MHz**.

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 DPCM 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*” il cui Articolo 3 riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle seguenti Tabelle:

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1-3	60	0.2	-
> 3 – 3000	20	0.05	1
> 3000 – 300000	40	0.01	4

Tabella 1 - Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003. Da non superare in nessun luogo accessibile alla popolazione.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

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 giornaliere.

L'Articolo 4 riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate:

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità' di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità' di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Tabella 3 - Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio 2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate al fine di una progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 si riferisce alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001.

3 SALUTE DELL'UOMO E DISTANZE DI TUTELA

3.1 Verifiche degli effetti sulla salute dell'Uomo

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il **DPCM 8 luglio 2003** (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m: Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza **non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati)**

Il **valore di attenzione** si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; **l'obiettivo di qualità** si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (**DPA**), oggetto della presente Linea Guida. Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti;

In particolare, al fine di agevolare/semplificare:

- l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
- le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e a richieste di redazione dei piani di gestione territoriale, inoltrate dalle amministrazioni locali;

Sono state elaborate le schede sintetiche con le DPA per le tipologie ricorrenti di linee e cabine elettriche di proprietà E-Distribuzione di nuova realizzazione e che possono essere prese a riferimento anche per gli elettrodotti in esercizio.

Dette distanze sono state calcolate in conformità al procedimento semplificato per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008).

Nelle schede sintetiche sopra citate, sono tabellate le DPA in relazione alla geometria dei conduttori e alla portata di corrente in servizio normale, delle:

- A. linee AT e Cabine Primarie (CP);
- B. linee MT e Cabine Secondarie (CS);

Anche per **casi complessi**, individuati dal suddetto § 5.1.3 (parallelismi, incroci tra linee, derivazioni o cambi di direzioni) è previsto un **procedimento semplificato** che permette di individuare aree di prima approssimazione (secondo quanto previsto nel successivo § 5.1.4), avendo la medesima valenza delle DPA.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici. Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle **linee elettriche aeree ed interrato**, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'**ampiezza ridotta**, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e ss.mm.ii.

Si evidenzia infine che le fasce di rispetto (comprese le correlate DPA) non sono applicabili ai luoghi tutelati esistenti in vicinanza di elettrodotti esistenti. In tali casi, l'unico vincolo legale è quello del non superamento del valore di attenzione del campo magnetico (10 μ T da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio); solo ove tale valore risulti superato, si applicheranno le disposizioni dell'**art. 9 della Legge 36/2001**.

È evidente che gli effetti sulla salute dell'uomo per la presenza di uno o di più impianti energetici con relativi campi elettromagnetici è stata abbastanza normata e disciplinata a livello statale ed europeo.

3.2 Distanze di tutela per gli effetti cumulativi sull'Uomo

Le **D.P.A.** (distanze di prima approssimazione – dai ricettori sensibili e di maggior tutela – occupati da un numero di ore superiore 4 ore giornaliere) per linee aeree ed interrate di AT, per linee aeree di MT e per le cabine elettriche, fa riferimento alle seguenti teste dei sostegni e alle configurazioni elettriche:

A. Linee A.T. (alta tensione)

- A 1. Semplice terna con mensole normali (132/150 kV);
- A 2. Semplice terna con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 3. Semplice terna a bandiera con mensole normali (132/150 kV);
- A 4. Semplice terna a bandiera con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 5. Tubolare semplice terna con mensole isolanti a triangolo (132/150 kV);
- A 6. Semplice terna a delta (132/150 kV);
- A 7. Semplice terna tipo portale (132/150 kV);
- A 8. Semplice terna con mensole normali (220 kV);
- A 9. Doppia terna con mensole normali (132/150 kV);
- A 10. Doppia terna ottimizzata con mensole normali (132/150 kV);

- A 11. Doppia terna con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 12. Doppia terna ottimizzata con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 13. Tubolare doppia terna con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 14. Cavi interrati semplice terna disposti in piano (132/150 kV);
- A 15. Cavi interrati semplice terna disposti a trifoglio (132/150 kV);
- A 16. Cabina primaria isolata in aria (135/150-15/20 kV).

Cabine Primarie: la DPA è sicuramente interna alla cabina se sono rispettate le seguenti distanze dal perimetro esterno, non interessato dalle fasce di rispetto delle linee in ingresso/uscita: – 14 m dall’asse delle sbarre di AT in aria; – 7 m dall’asse delle sbarre di MT in aria.

B. Linee M.T. (media tensione)

- B 1. Semplice terna con isolatori rigidi (15/20 kV);
- B 2. Semplice terna - mensola boxer (15/20 kV);
- B 3. Semplice terna con isolatori sospesi (15/20 kV);
- B 4. Semplice terna con isolatori sospesi su traliccio (15/20 kV);
- B 5. Semplice terna a bandiera (15/20 kV);
- B 6. Semplice terna capolinea in amarro (15/20 kV); B 7. Posto di Trasformazione su Palo - alimentazione da linea in conduttori nudi (15/20 kV);
- B 8. Posto di Trasformazione su Palo – alimentazione con cavo ad elica visibile (15/20 kV);
- B 9. Doppia terna con isolatori sospesi non ottimizzata (15/20 kV);
- B 10. Cabina secondaria di tipo “box” o similari, alimentata in cavo sotterraneo (15/20 kV).

Il nostro progetto è composto essenzialmente dalle seguenti **tre ripartizioni elettriche**:



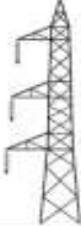


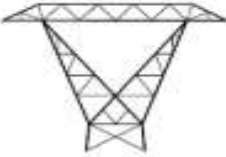
- 1) Aree in B.T. = Campo Fotovoltaico, Box Inverter, Trasformatori BT/MT, Linee uscenti dal Campo Fotovoltaico, Sottostazione Utenza
- 2) Aree in M.T. = Sottostazione Utenza
- 3) Zona A.T. = in prossimità del Trasformatore MT/AT con relativa consegna in Antenna A.T.

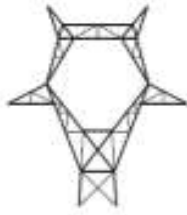

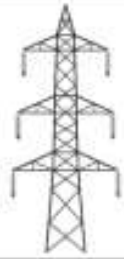
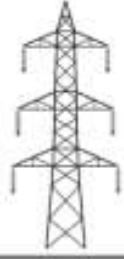


La nostra prima conclusione, dal punto di vista della tutela della salute dell'uomo e della salvaguardia del territorio per quanto concerne il nostro progetto, anche in situazione di cumulabilità, è che si tratta di impianti di energia elettrica in Media Tensione (20/30 KV) posti nel territorio in esame, con eventuali ripercussioni sui ricettori fissi (esaminati nella relazione previsionale relativa all'analisi dei ricettori):





➤ ***RelazioneRicettori_0_08***

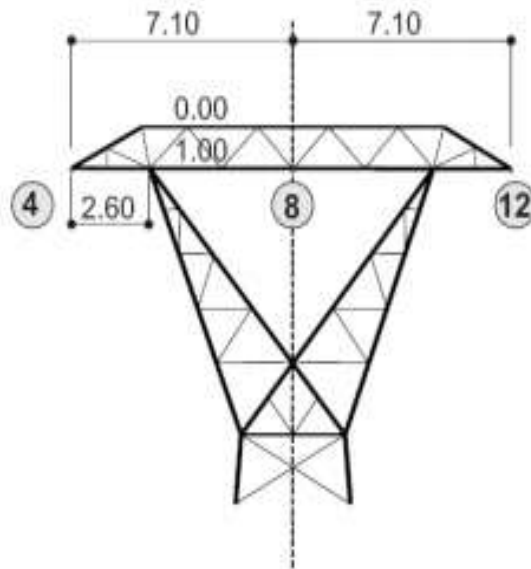
Dalle valutazioni tecniche sul campo elettromagnetico e sul campo acustico emerge che non vi saranno ripercussioni sull'uomo, sulla fauna, sull'ambiente, sul territorio, anche perché ciascun luogo oggetto di verifica previsionale dista oltre **25** metri dalla FONTE di immissione e di propagazione del campo elettromagnetico e/o sonoro, come appresso vedremo:

3.3 Elaborati grafici per la tutela dagli effetti cumulativi sull'uomo

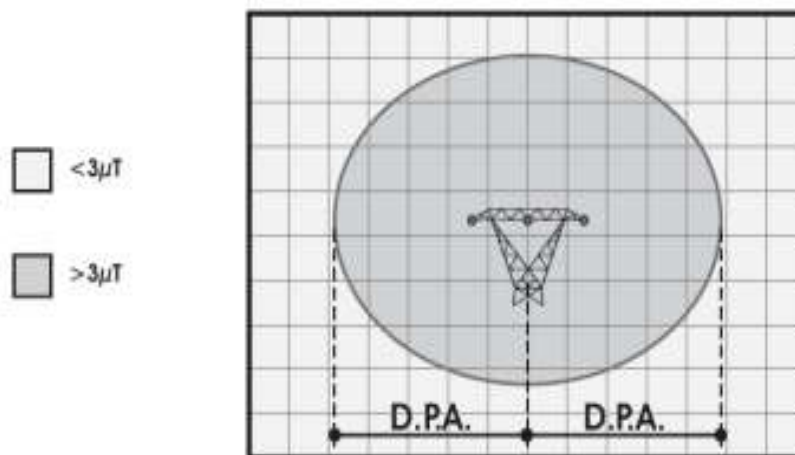
Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Semplice Terna con mensole normali (serie 132/150 kV) <u>Scheda A1</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	18	A1a
			444	16	A1b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	22	A1c
			675	20	A1d
Semplice Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) <u>Scheda A2</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	16	A2a
			444	14	A2b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	19	A2c
			675	17	A2d
Semplice Terna a bandiera con mensole normali (serie 132/150 kV) <u>Scheda A3</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	21sx 14dx	A3a
			444	19sx 12dx	A3b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	25sx 18dx	A3c
			675	23sx 16dx	A3d
Semplice Terna a bandiera con mensole isolanti (serie 132/150 kV) <u>Scheda A4</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	17sx 13dx	A4a
			444	15sx 11dx	A4b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	20sx 16dx	A4c
			675	18sx 14dx	A4d
Tubolare Semplice Terna con mensole isolanti a triangolo (serie 132/150 kV) <u>Scheda A5</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	15sx 14dx	A5a
			444	13sx 12dx	A5b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	18sx 17dx	A5c
			675	17sx 15dx	A5d
Semplice Terna a Delta (serie 132/150 kV) <u>Scheda A6</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	24	A6a
			444	21	A6b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	28	A6c
			675	25	A6d

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Semplice Terna tipo portale (serie 132/150 kV) Scheda A7	22.8 mm 307.75 mm ²		576	16	A7a
			444	14	A7b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	19	A7c
			675	17	A7d
Semplice Terna con mensole normali (serie 220 kV) Scheda A8	22.8 mm 307.75 mm ²		576	21sx 19dx	A8a
			444	18sx 17dx	A8b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	25sx 23dx	A8c
			675	23sx 21dx	A8d
Doppia Terna con mensole normali (serie 132/150 kV) Scheda A9	22.8 mm 307.75 mm ²		576	26	A9a
			444	23	A9b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	32	A9c
			675	28	A9d
Doppia Terna ottimizzata con mensole normali (serie 132/150 kV) Scheda A10	22.8 mm 307.75 mm ²		576	18	A10a
			444	16	A10b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	22	A10c
			675	20	A10d
Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A11	22.8 mm 307.75 mm ²		576	21	A11a
			444	18	A11b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	26	A11c
			675	23	A11d
Doppia Terna ottimizzata con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A12	22.8 mm 307.75 mm ²		576	16	A12a
			444	14	A12b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	19	A12c
			675	17	A12d

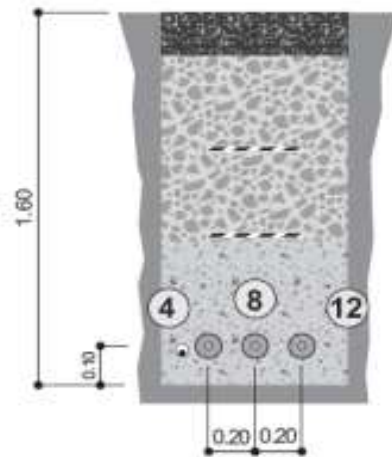
Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) <u>Scheda A13</u>	22.8 mm 307.75 mm ²		576	22	A13a
			444	19	A13b
	31.5 mm 585.35 mm ²		870	27	A13c
			675	23	A13d
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV) <u>Scheda A14</u>	108 mm 1600 mm ²		1110	5.10	A14
CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV) <u>Scheda A15</u>	108 mm 1600 mm ²		1110	3.10	A15
CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA <u>Scheda A16</u>	Distanza tra le fasi AT = 2.20 m		870	14	A16
	Distanza tra le fasi MT = 0.37 m		2332	7	



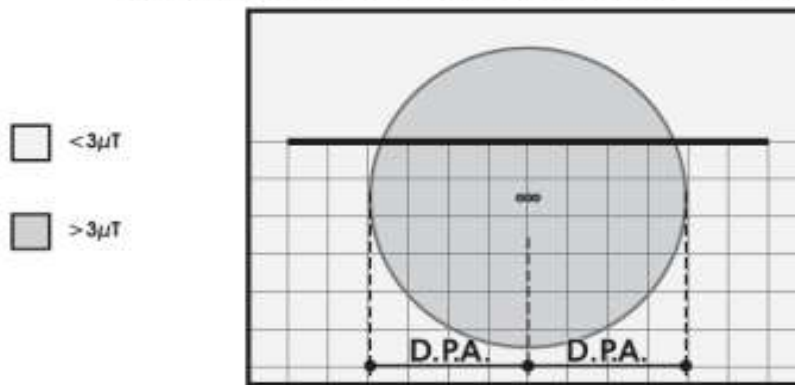
RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



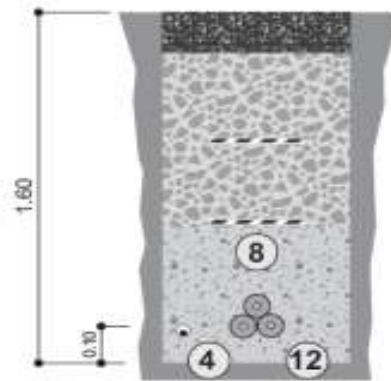
CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO							
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-60 Portata [A]					
		ZONA A			ZONA B		
		Corrente A	D.P.A. m	Rif.to	Corrente A	D.P.A. m	Rif.to
22.8	307.75	576	24	A6a	444	21	A6b
31.5	585.35	870	28	A6c	675	25	A6d



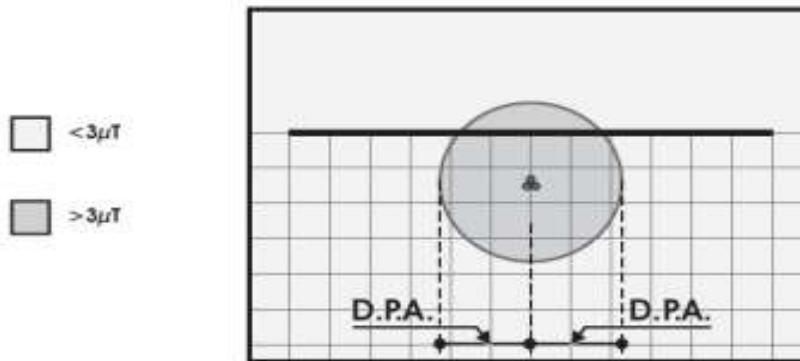
RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-60 Portata [A]		
		Corrente A	D.P.A. m	Riferimento
108	1600	1110	5.10	A14

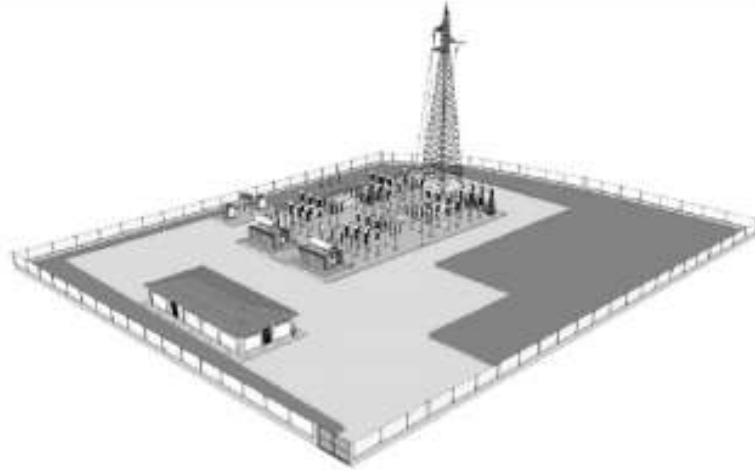


RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.

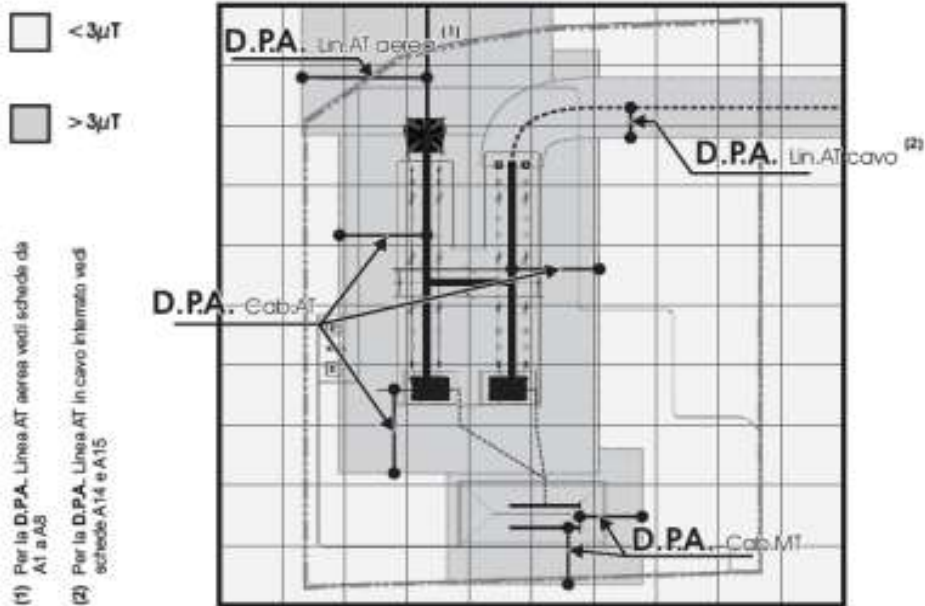


CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-60 Portata [A]		
		Corrente A	D.P.A. m	Riferimento
108	1600	1110	3,10	A15

A16 - Cabina primaria isolata in aria (132/150-15/20 kV)



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	Riferimento
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16

Ma il nostro progetto, in realtà, è composto da linee elettriche in Bassa e in Media Tensione fino al trasformatore MT/AT posto nella SSE Utenza, e le tensioni non superano **30 KV**, a differenza della Sottostazione Elettrica d'Utenza (SSE) che vede anche la zona in A.T. (**150 KV**) ma per un brevissimo tratto di cavo per la connessione in Antenna.

Per tale motivo ci preme verificare, dopo aver esaminato i limiti massimi di tollerabilità in presenza di A.T., anche ciò che avviene all'interno del Campo Fotovoltaico in progetto.

4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

4.1 Composizione

Il progetto andrà ad interessare i terreni agricoli liberi da manufatti e da interferenze di ogni tipo, si estenderà su una superficie complessiva di circa 125 ettari, di questi verranno utilizzati circa 97 per svolgere sia l'attività di Agrivoltaico che di rimboschimento e di mitigazione.

I moduli solari fotovoltaici saranno posizionati su Tracker motorizzati con inclinazione 30°, direttamente inseriti nel terreno, ed il tutto risulterà sopraelevato rispetto al piano di campagna di circa 2,20 metri.

Sono previsti n. 4772 Tracker monoassiali (ogni Tracker dispone di n.28 pannelli fotovoltaici), per un totale di n. 133616 pannelli.

Inoltre, la potenza complessiva di tutto il parco fotovoltaico pari a **60 MW_p**.

Sono previste n.30 cabine di campo e n.06 cabine di sezione in elementi prefabbricati c.a.p. ove saranno collocati, al loro interno, sia gli Inverter che i Trasformatori B.T./M.T.

Il contesto ambientale a cui ci riferiamo è di tipo agricolo ed è ben lontano dai centri abitati, quasi sempre abbastanza distante da ricettori sensibili, e, a tal proposito, le molteplici normative di tutela della salute pubblica richiamano l'attenzione e definiscono con chiarezza le **DPA** (distanze di prima approssimazione). Le DPA sono riassunte con l'**Allegato al D.M. 29 maggio 2008** (GU n. 156 del 5 luglio 2008) *"Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"*.

L'impianto FV è composto da linee elettriche in Bassa e Media Tensione, che non superano le tensioni di corrente di **30 KV**, a differenza della Sottostazione d'Utenza che vede la zona in A.T. (150 KV) ma per un brevissimo tratto di cavo per la connessione di connessione in Stallo.

Fase di esercizio:

La presenza di un campo elettromagnetico è tipica di un impianto energetico in fase di esercizio e può provocare effetti a breve termine ed altri a lungo termine. Tutte le parti elettriche sono fonti di emissione elettromagnetica e sono soggette ad alcune normative:

- Legge quadro 22 febbraio 2006 (tutela salute lavoratori);
- D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (limiti di esposizione);
- Decreto 29 Maggio 2008 (limite di induzione magnetica in prossimità di luoghi pubblici ed abitazioni).

Più nello specifico, le parti che possono generare emissioni elettromagnetiche sono:

- Pannelli solari fotovoltaici (B.T.);
- Linee elettriche di collegamento tra le stringhe (B.T.);
- Quadri di campo (B.T.) e linee di collegamento (B.T.) alla Cabine di Campo;
- Inverters (B.T.);
- Trasformatori BT/MT;
- Linee di uscita dal Campo Fotovoltaico (M.T.) per la connessione;
- Sottostazione di utenza (M.T.);
- Trasformatori MT/AT per la consegna dell'energia elettrica prodotta dal Campo Fotovoltaico.

Tutte le componenti dell'impianto devono essere costruite nel massimo rispetto delle normative:

- Previsti i sistemi di sicurezza per confinare i campi elettrici;
- Previsti i sistemi di sicurezza per confinare i campi elettromagnetici (per esempio i **cavi unipolari elicordati e schermati con sezione 185 mmq disposti a trifoglio** (cioè isolati con polietilene reticolato e schermati con guaina in PVC).

Oltre alle buone pratiche di costruzione, si possono usare degli algoritmi per la previsione del campo elettrico e magnetico partendo da ipotesi semplificative (ad esempio: funzionamento a potenza nominale, conduttori circolari con diametro costante e lunghezza infinita ecc.). Queste metodiche hanno un errore del 10% circa.

L'emissione elettromagnetica da parte degli impianti è dovuta ai cavi di potenza ed ai trasformatori. La corrente sui cavi di potenza genera un campo magnetico intorno all'impianto. Deve essere calcolata la distribuzione di induzione magnetica attorno a ciascun impianto.

Fermo restando la verifica di altri aspetti di tutela, a noi appare plausibile utilizzare come metodologia di primo calcolo quella **comparativa**, al fine di individuare le fasce di rispetto e le servitù, quest'ultime necessarie a proteggere la salute dell'uomo, richiamate dalla normativa nazionale specifica e di settore col D.M. 29 maggio 2008.

Facciamo ora degli esempi pratici.

In presenza di un Elettrodotto Aereo (sia esso costruito o in progetto) attraversato da una linea di **A.A.T.** (altissima tensione) le cui tensioni elettriche sono pari a **380 KV** (il valore massimo registrato in Italia), l'equivalente delle tensioni presenti nella centrale elettrica di Rotello, la fascia di divieto alla edificazione è pari a **25 metri** su ambo i lati, per un totale di 50 metri, avendo come baricentro il traliccio A.T. di proprietà TERNA.

In realtà, la misura pari a 25 metri è argomento a noi già ben noto quando abbiamo affrontato la valutazione previsionale *dell'impatto acustico*, ove si è verificato che alla distanza di **30 metri** l'impatto sonoro è praticamente nullo, misurato dal profilo del pannello fotovoltaico, mentre a 10 metri l'impatto sonoro è nell'ordine di tollerabilità di 53 dB (A) in presenza del nostro fotovoltaico.

Possiamo quindi già introdurre il concetto che, relativamente alla tutela della salute dell'uomo, la distanza di 25/30 metri dalla FONTE principale di propagazione del **campo elettromagnetico**, o del **campo acustico**, è una distanza abbastanza accettabile all'interno della quale i valori di interferenza sull'uomo sono tollerabili, ed è questo il nostro caso.

Ora esaminiamo un caso specifico, ma al limite, quello riferito al campo elettromagnetico che viene prodotto con l'esercizio della produzione e del trasporto di energia elettrica nei conduttori di A.A.T. (altissima tensione) con linee elettriche interrate.

La *Figura 2* mostra il campo magnetico generato al livello del suolo da un elettrodotto **380 kV doppia terna piana da 1000 MW** (790 A) interrato ad una profondità di 1,5 metri.

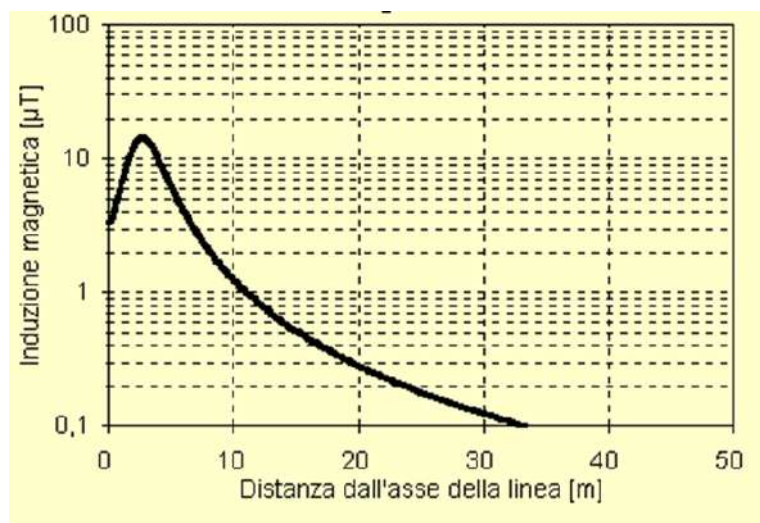


Figura 2 - Campo magnetico di un elettrodotto interrato

Come si vede, il campo magnetico massimo (pari a circa $14.5 \mu\text{T}$) è confrontabile con quello dell'elettrodotto in aria, tenendo conto del diverso livello di corrente trasportata (circa la metà).

Esso però si riduce più rapidamente con la distanza, infatti gli $0.2 \mu\text{T}$ si raggiungono a soli **24 metri** circa, dall'asse della linea.

Si deve quindi desumere che alla distanza di 24 metri, con una linea interrata di Altissima Tensione (380 KV), il campo elettromagnetico sia trascurabile, fino ad essere nullo con i 30 metri di distanza dalla fonte generatrice.

Il nostro impianto lavora e genera in Bassa Tensione e, solo in uscita dai trasformatori di campo, le linee in uscita saranno in Media Tensione, ma non in condizioni limite di carico e di esercizio.

Concludiamo, quindi affermando, che il progetto a tale distanza non presenta alcuna abitazione o altro immobile destinato alle attività umane, motivo per il quale possiamo dire che il progetto in parola è conforme alla normativa di settore ed il rischio prodotto da campo elettromagnetico è pressoché nullo.

5 VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

5.1 Campi Elettrici

Considerando che la grossa parte dell'impianto è a bassa tensione, che la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 30 KV e che i campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dalle murature del fabbricato, dagli alberi, dalle strutture metalliche (tracker), dalle guaine metalliche dei cavi a media tensione, ecc., si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica. In particolare, è stato più volte dimostrato da misure sperimentali condotte in tutta Italia dal sistema agenziale ARPA sulle cabine MT/BT della Distribuzione, che i campi elettrici all'esterno delle cabine a media tensione risultano essere abbondantemente inferiori ai limiti di legge¹.

5.2 Campi Magnetici

Per quanto concerne i campi magnetici è necessario identificare nell'impianto FV le sorgenti emmissive e le loro caratteristiche. Una prima sorgente emmissiva è rappresentata dai trackers e dai relativi cavidotti di collegamento con la cabina elettrica dove avviene la conversione e trasformazione.

5.2.1 Sezione Corrente Continua

Considerando che:

- tale sezione di impianto è tutta esercita in corrente continua (0 Hz) in bassa tensione;
- buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (+ e -) viaggino sempre a contatto, annullando reciprocamente quasi del tutto i campi magnetici statici prodotti in un punto esterno (tale precauzione viene in genere presa soprattutto al fine della protezione dalle sovratensioni limitando al massimo l'area della spira che si viene a creare tra il cavo positivo e il cavo negativo);

¹ Fonte: <http://relazione.ambiente.piemonte.it/2017/it/territorio/fattori/radiazioni-non-ionizzanti>

- i cavi di dorsale dai sottoquadri di campo ai quadri di campo e agli inverter, che sono quelli che trasportano correnti in valore significativo, sono distanti diverse decine di metri dalle recinzioni di confine;
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per induzione magnetica che non deve essere superato è di 40.000 pT, valore 400 volte più alto dell'equivalente per la corrente a 50 Hz.

Si può certamente escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo magnetico statico dovuti alla sezione in corrente continua.

5.2.2 Sezione Corrente Alternata

Per quanto concerne la sezione in corrente alternata le principali sorgenti emmissive sono l'inverter, le sbarre di bassa tensione dei quadri generali BT, o i trasformatori e gli elettrodotti in media e bassa tensione.

Non si considerano importanti per la verifica dei limiti di esposizione, considerando che tali locali non prevedono la presenza di lavoratori se non per il tempo strettamente necessario alle operazioni di manutenzione, i seguenti componenti: i cavi di bassa tensione tra i trasformatori e gli inverter considerando che le diverse fasi saranno in posa ravvicinata in cunicolo interrato all'interno delle cabine o comunque all'interno dell'impianto FV.

Si ricorda a tal proposito che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi.

Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

Per questo motivo il problema dei campi magnetici è poco sentito nelle reti di bassa e media tensione in cavo dove gli spessori degli isolanti sono molto contenuti permettendo alle tre fasi di essere estremamente ravvicinate tra loro se non addirittura inserite nello stesso cavo multipolare (bassa tensione).

Diverso è invece il caso delle sbarre in rame dei quadri elettrici BT o degli inverter, dove la disposizione delle tre fasi in piano e le elevate correnti determinano campi magnetici elevati soprattutto nelle immediate vicinanze. Discorso analogo vale per il trasformatore BT/MT.

5.3 Impianto Agrivoltaico

5.3.1 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 questi 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.

5.3.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un Trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione, trasformatore che passa la corrente da continua (DC) ad alternata (AC). 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, che le ridotte emissioni, al fine di minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze, o con la rete elettrica stessa.

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, le citate conformità rilasciate dal produttore degli inverter riguardano:

- 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 (tensione e frequenza) è limitata dai Relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e di frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa (RTN). Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico.

La componente continua immessa in rete viene limitata dal Trasformatore elevatore (BT/MT) che contribuisce a bloccare tale componente.

In ogni modo il dispositivo di interfaccia in dotazione ad ogni Inverter interviene in presenza di componenti continue (DC) maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3s) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

5.3.3 Linee elettriche in corrente alternata

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a **3 μ T**.

La tipologia di cavidotti prevede l'utilizzo di soli **cavi elicordati** per le linee in M.T., per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-

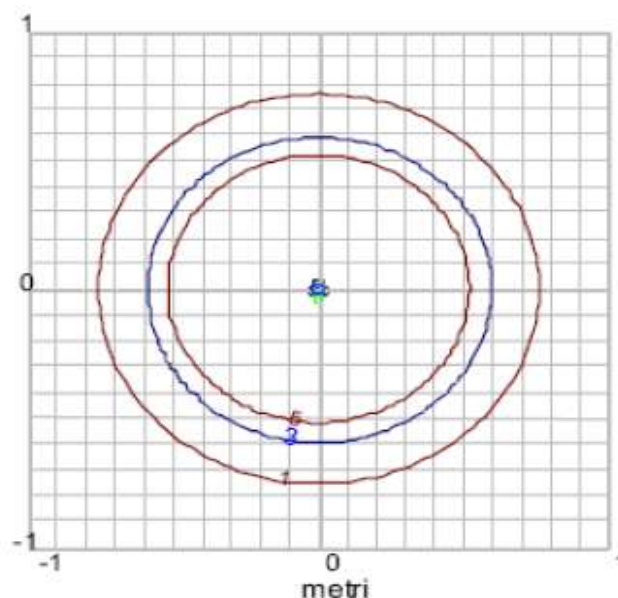


Figura 3 - Curve di equivello per il campo magnetico di linea interrata MT in cavo elicordato

Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11, la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di ($3\mu\text{T}$), anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza ($50\div 80\text{ cm}$) dall'asse del cavo stesso.

Si fa notare, peraltro, che anche il recente DM del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, **ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati**, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella Norma richiamata.

Ne consegue che, in tutti i tratti M.T. si può considerare come l'ampiezza della fascia di rispetto e di tutela possa essere pari a **1 metro**, a cavallo dell'asse del cavo, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea M.T. se si è in presenza di cavi elicordati.

5.3.4 Cabine elettriche di Trasformazione

Per le dimensioni e le caratteristiche costruttive si rimanda alle tavole grafiche di progetto, e soprattutto, alle tavole grafiche dei particolari costruttivi di progetto.

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione elettromagnetica, è il solo trasformatore BT/MT.

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai Trasformatori di potenza 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 Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle **D.P.A.** si determina come di seguito descritto.

Per le Cabine di Campo (Cabine elettriche di trasformazione) la determinazione delle Distanze di Prima Approssimazione si basa sulla corrente di Bassa Tensione del Trasformatore, 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 (m)
- I = corrente nominale (A)
- x = diametro dei cavi (m)

Considerando che $I = 2673$ A e che il cavo scelto sul lato BT di ingresso al Trasformatore è 3 (6x240) mm², con diametro esterno pari a circa 29,2 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 4 metri.

D'altra parte, nel caso in questione, la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

Il nostro progetto prevede delle Cabine di Campo che contengono sia gli Inverter (DC-AC) che i Trasformatori BT/MT di tensione.

Come già detto, la principale sorgente di emissione elettromagnetica sono i Trasformatori e i relativi Quadri MT.

La massima corrente BT, considerando un trasformatore da 100 kVA, è pari a 145 A.

Mentre la massima corrente MT dovuta alla massima produzione è pari a circa 383 A.

Considerando che il cavo scelto in entrata alla cabina d'impianto è (3x1x630), con un diametro esterno massimo pari a 58 mm, si ottiene una DPA, per eccesso all'intero superiore, pari a **3 metri**.

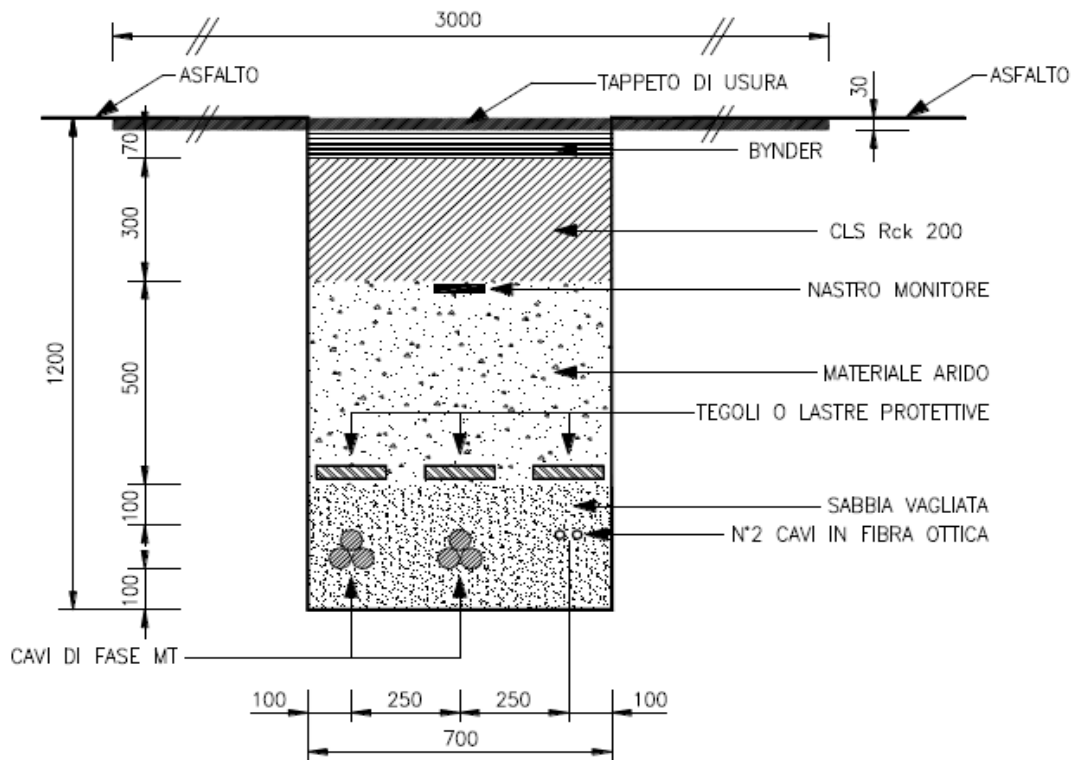
5.4 Opere Esterne di Connessione

5.4.1 Linee elettriche in corrente alternata (AC) ed in media tensione (MT)

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrato, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.



Visto l'impianto fotovoltaico, è stata esaminata come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica quella generata dal tratto di posa del cavo che evacua la potenza elettrica generata dall'intero impianto FV, posta in parallelo, alla distanza di circa **25 cm** con una analoga **terna di cavi MT** che trasporta verso la medesima Sottostazione di Utenza, l'intera potenza di un impianto FV caratterizzato dalle sezioni riportate nelle seguenti figure.

Figura 5 - Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale

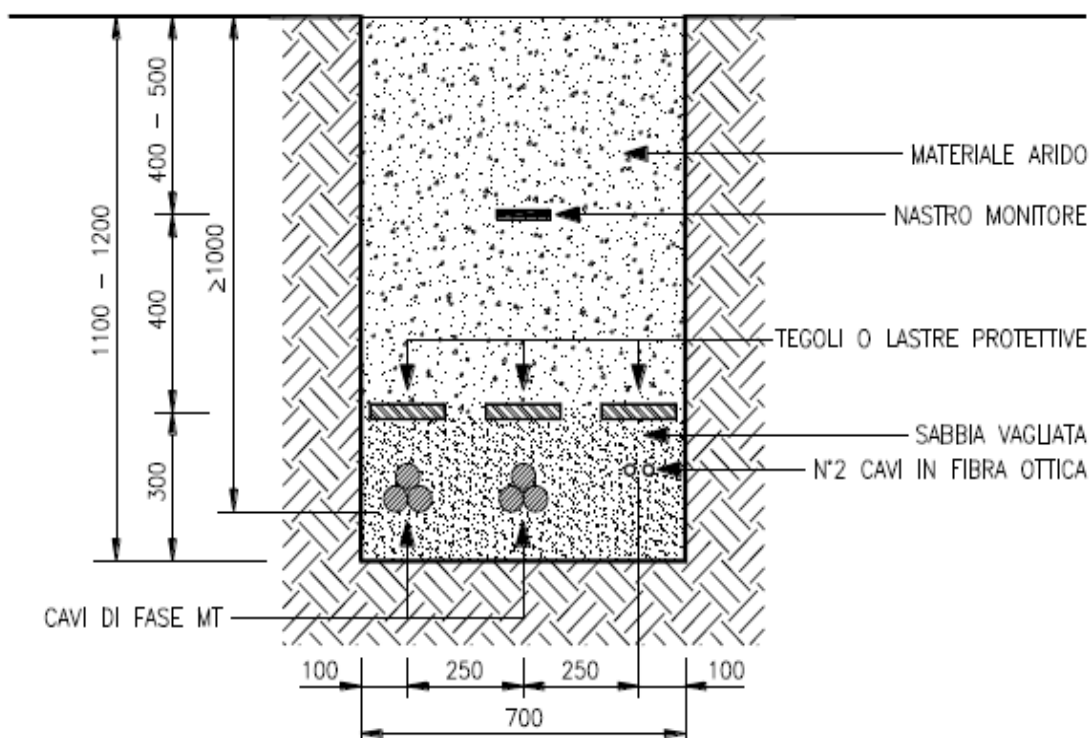


Figura 4 - Sezione tipica di posa della linea in cavo

All'interno del cavidotto in esame si trovano due terne di cavi MT isolati a 30 kV (che è il nostro caso) che trasferiscono l'intera potenza verso la stazione di utenza.

Per quanto concerne i cavidotti M.T. esterni, per il collegamento delle Cabine di Campo al quadro MT presente nella Sottostazione di Utenza, si prevede invece l'utilizzo di cavi unipolari di sezione pari a 630 mm², posati a trifoglio.

La corrente massima che può interessare tale linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3}V_n \cos \varphi} = \frac{20 \cdot 10^6}{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 405 A$$

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità di circa 1 m, oltre sottofondo, con un valore di corrente pari a 710 A, pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

La configurazione dell'elettrodotta è quella di assenza di schermature e di distanza minima, dei conduttori elettrici rispetto al piano viario.

Il calcolo è stato effettuato poi a differenti altezze.

Nella seguente *Figura 6* è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate due terne di cavi, relative ad un unico impianto, posizionate nella medesima trincea.

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

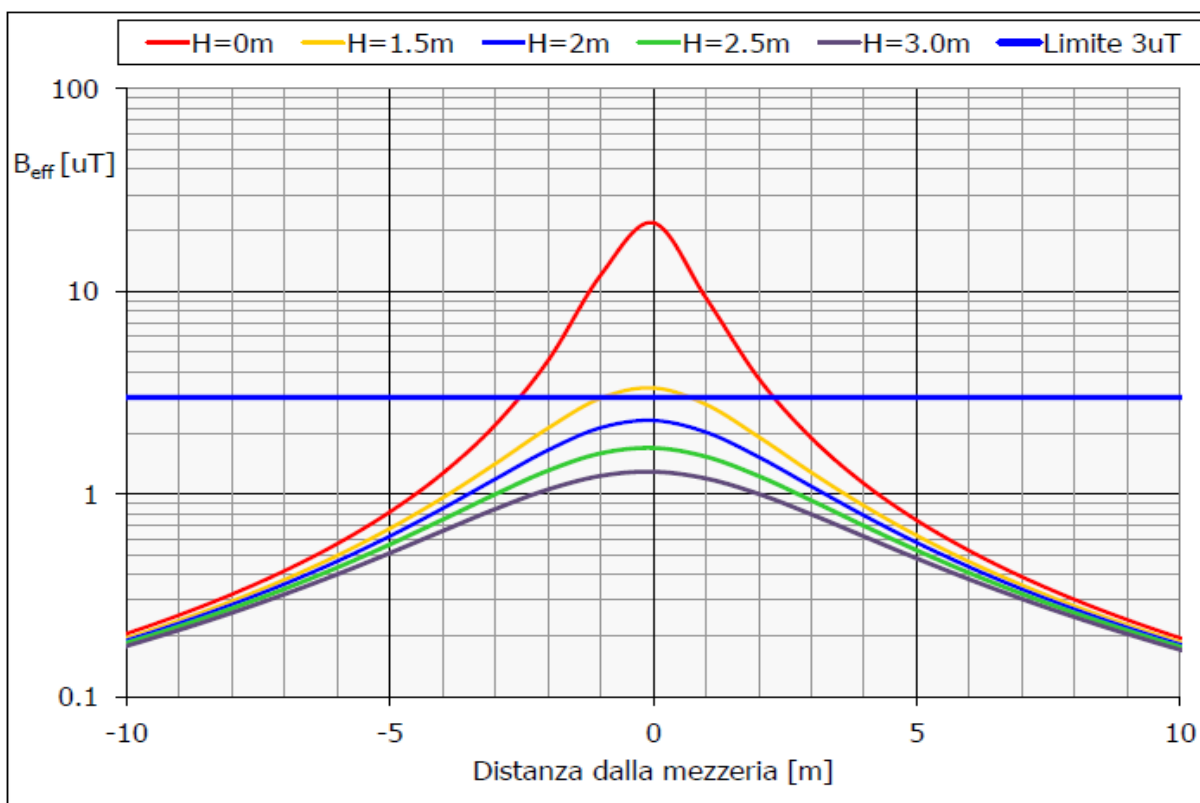


Figura 6 - Andamento dell'induzione magnetica (prodotta dalla linea in cavo unipolare M.T. per la massima corrente del cavo)

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di **3μT** è raggiunto a circa **2,6 metri** dall'asse del cavidotto.

È da notare che, la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che, come detto, è pari a 405 A nelle condizioni di massima erogazione, per le terne di cavi.

Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come nella *Figura 7*, dove per ciascuna delle terne (ciascuna equivalente a 10 MWp di fotovoltaico) si è considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 405 A.

In tal caso il valore di 3μT è raggiunto a circa **1,5 m** dall'asse del cavidotto.

Precisiamo che, il calcolo è di tipo modulare, cioè, è indicato ciò che avviene per una terna di cavi equivalenti ad un impianto di potenza **20 MWp** di fotovoltaico.

Nel caso in esame, sovradimensionato, si sono adoperate due misure modulari, tre terne di cavi unipolari in M.T. riferiti ad una potenza complessiva di 60 MWp, ed è questo il nostro caso.

Lo scavo, a sezione regolata, della profondità massima di 1,5 metri, minima di 1 metro, potrà contenere più terne di cavi M.T. mantenendo invariati i propri valori fino a poter raggiungere le tolleranze corrispondenti alle fasce di rispetto dei cavidotti ed elettrodotti in A.T.

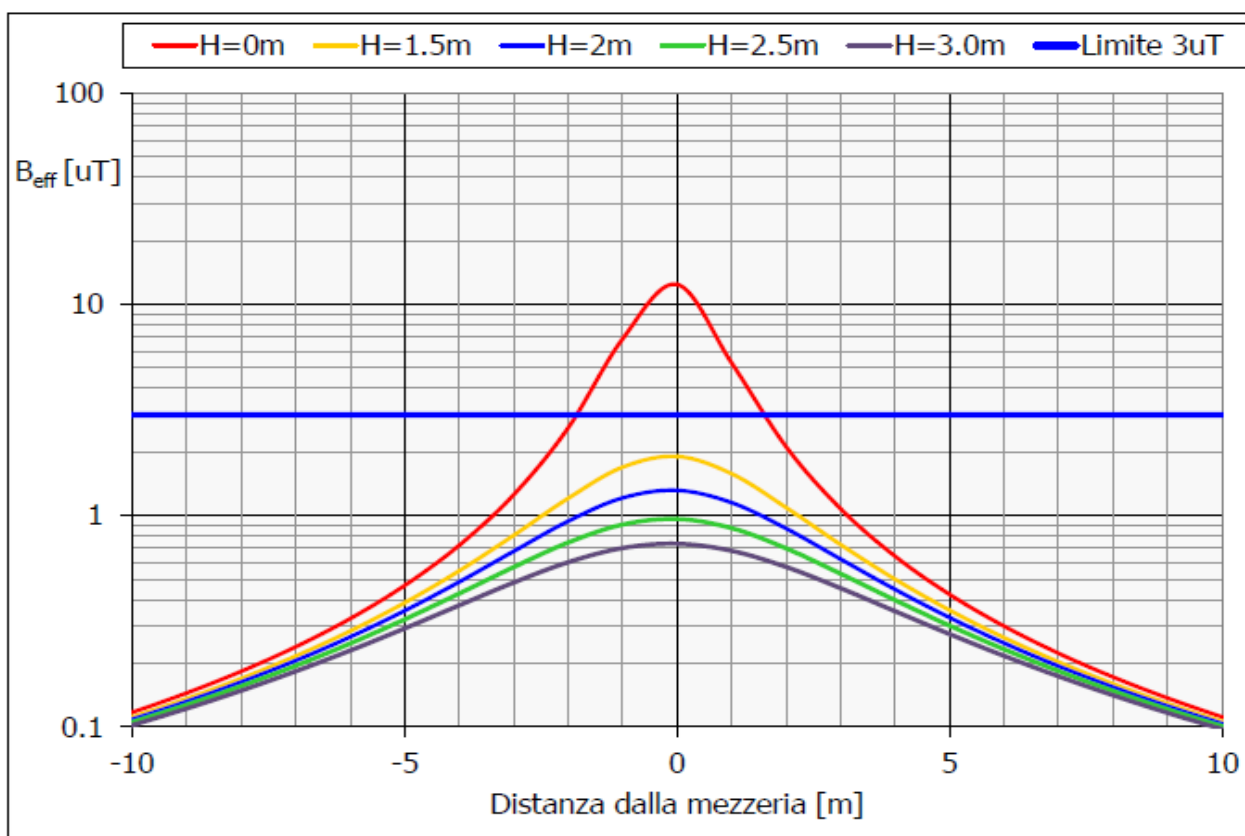


Figura 6- Andamento dell'induzione magnetica (prodotta da una linea in cavo unipolare MT per la massima corrente dell'impianto).

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a $3\mu\text{T}$ in corrispondenza dei **ricettori sensibili** (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella stessa giornata), pertanto ne è esclusa la presenza di tali ricettori all'interno della fascia calcolata.

Come detto, per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di due terne di cavi, posati alla distanza di 250 mm, ed alla profondità di appoggio di 1 metri, secondo quanto riportato nel presente documento, nonché, con la corrente massima per ciascuno dei cavi utilizzati pari a **710 A**.

Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente:

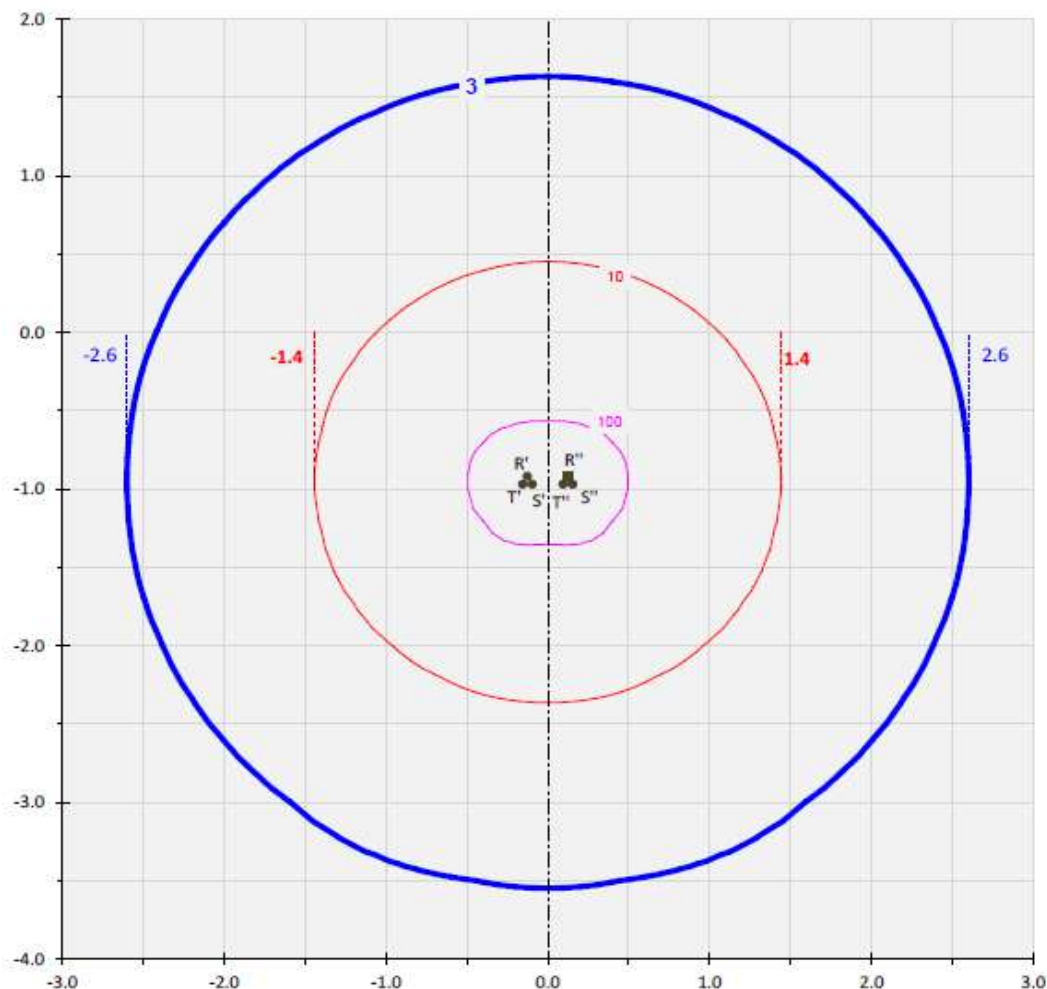


Figura 7 - Curve di equilivello per il campo di induzione magnetica (prodotta da una linea in cavo MT posata a trifoglio, con $I_{max} = 710^{\circ}$, formazione (3x1x630))

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a **3 metri**, a cavallo dell'asse del cavidotto, il nostro progetto prevede una DPA pari a 3,10 metri.

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

5.4.2 Sottostazione di Utenza – Allaccio alla rete RTN

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di A.T. 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 circa 10 m di distanza da queste ultime.

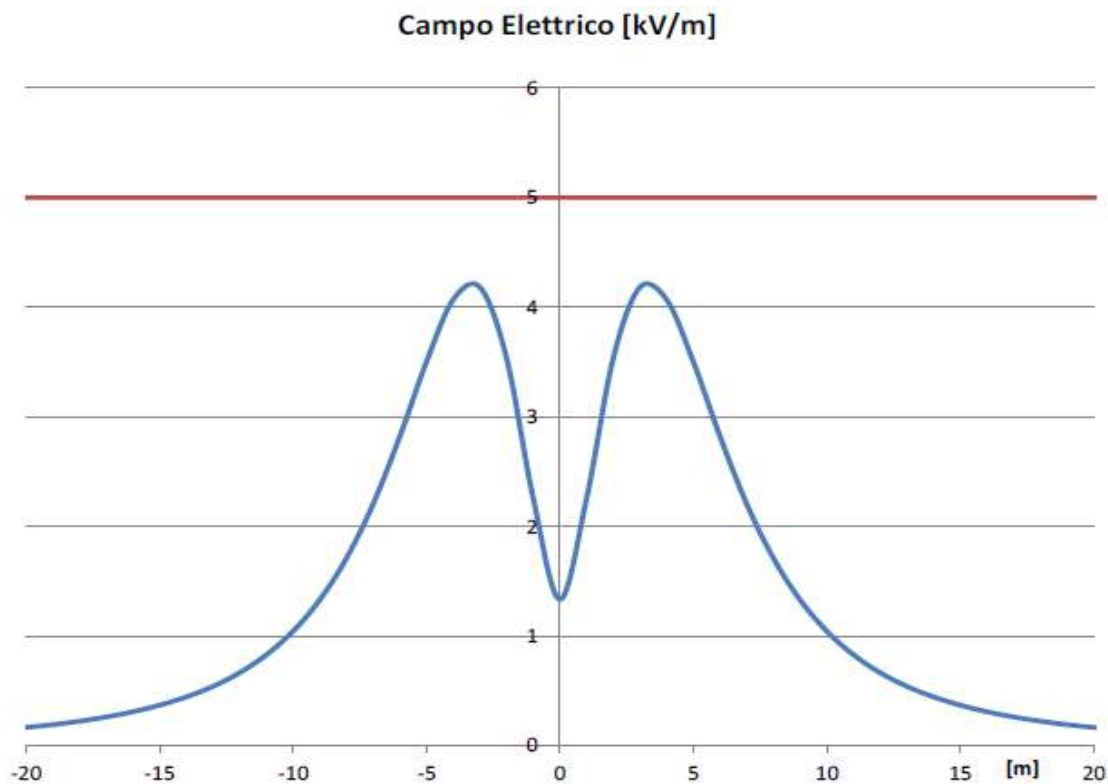


Figura 8 - Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza della 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 $3\mu\text{T}$ alla distanza di **4 metri** dalla proiezione dell'asse della linea.

I valori in corrispondenza della recinzione della Sottostazione 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.

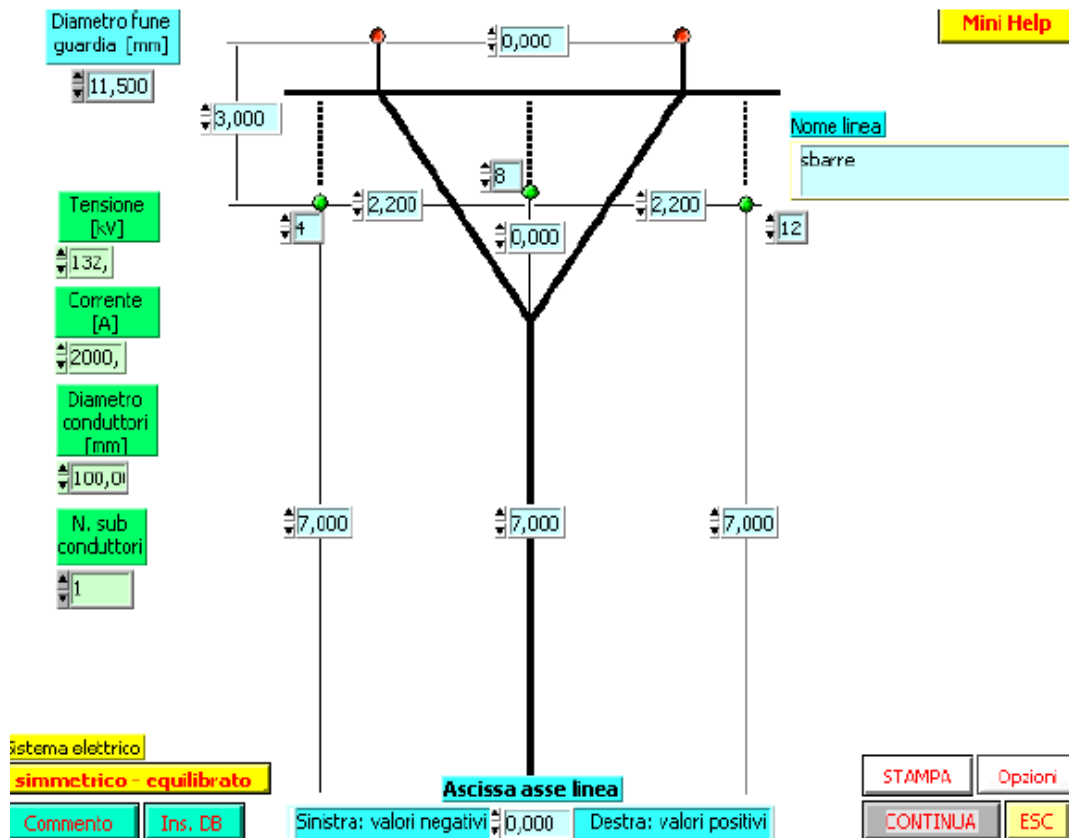


Figura 10 - Linea AT con Conduttori in piano assimilabile ad un sistema "semplice sbarra a 150 kV"

Nella **Figura 10** è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione d'utenza. Con conduttori percorsi da una terna trifase equilibrata di correnti di 2000 A (corrente max sopportabile dalle Sbarre), estremamente cautelativa rispetto alla max corrente reale, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella **Figura 11**.

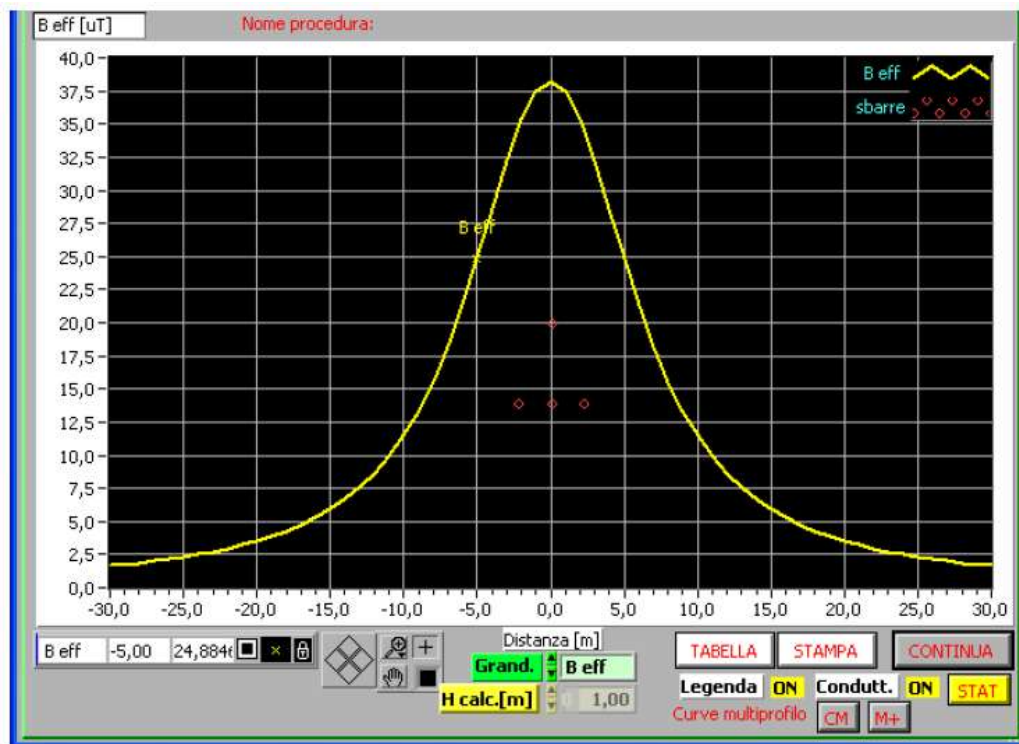


Figura 11 - Andamento del campo di induzione magnetica per $I = 2000$ A

Si può notare che ad una distanza di circa **22 metri** dall'asse del sistema di Sbarre, l'induzione magnetica è inferiore al valore di **3 uT**.

5.4.3 Linee elettriche in corrente alternata (AC) in alta tensione (AT)

Ciascun cavo d'energia a **150 kV** sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 400 mm² tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in politene con grafitatura esterna.

DATI TECNICI DEL CAVO:

Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	400 mm ²
Materiale del conduttore	Corde di alluminio compatta
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina anticorrosiva	Polietilene, con grafite refrigerante (opzionale)
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	170 kV

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

CONDIZIONE DI POSA E DI INSTALLAZIONE:

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

Data la brevità del collegamento, di pochi metri, non si prevede l'esecuzione di giunti unipolari.

Di seguito viene esposto il grafico dell'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse dell'elettrodotto A.T. di consegna (connessione).

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei **cavi elicordati a trifoglio**, ad una profondità di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 530 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, distanza minima dei conduttori dal piano viario e posa a trifoglio dei conduttori.

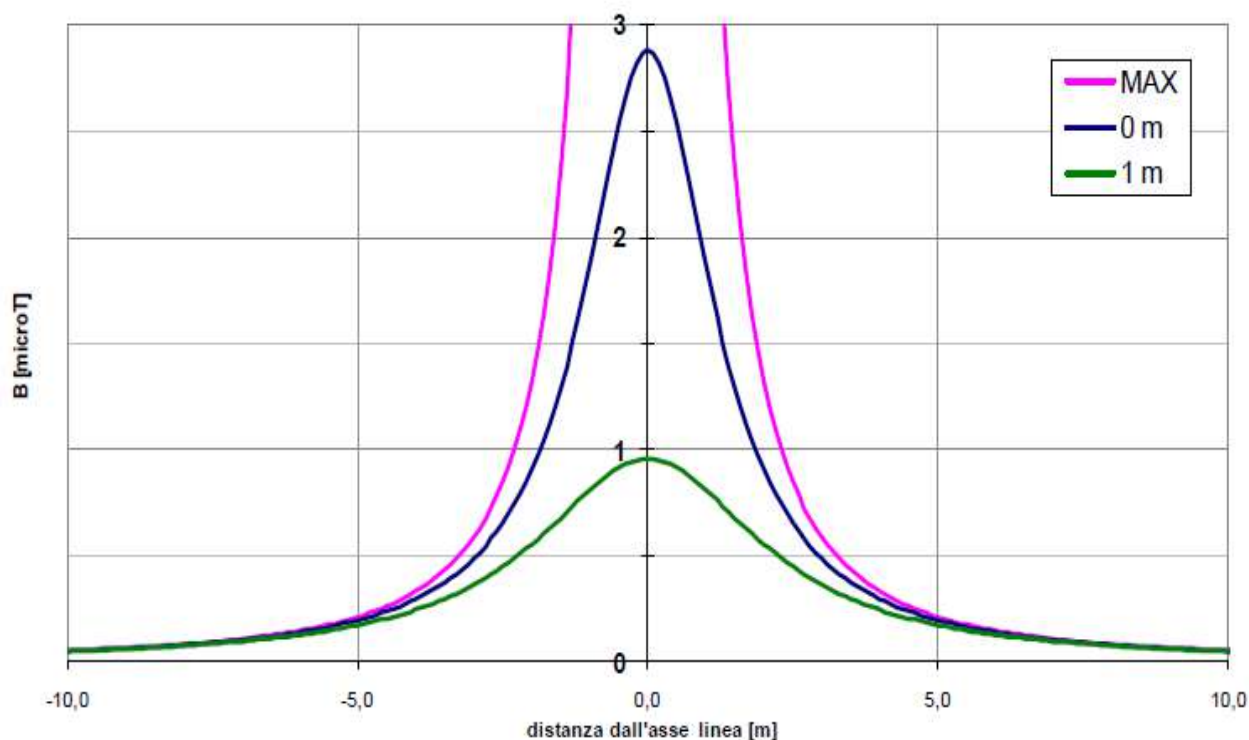


Grafico 1 - Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo AT

Il limite di 3 μ T si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 1,5 m.

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

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

Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei **modelli semplificati della norma CEI 211-4**.

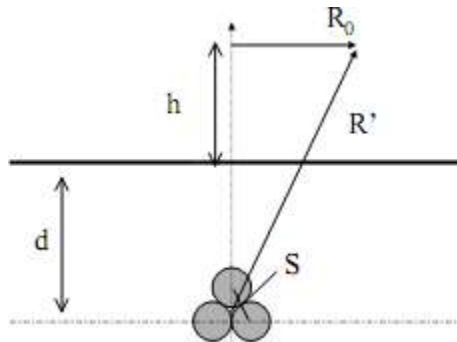
Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a **3 * T**.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei **conduttori a trifoglio**:

Con il significato dei simboli di figura seguente:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Pertanto, ponendo:



- $S = 0.11 \text{ m}$
- $I = 530 \text{ A}$

Si ottiene:

- $R' = 2.18 \text{ m}$

Che arrotondato al metro, fornisce un **valore della fascia di rispetto pari a circa 3 metri per parte**, rispetto all'asse del cavidotto AT.

Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia, o nelle immediate vicinanze, o all'interno dell'area perimetrata della Sottostazione di Utenza.

5.5 Analisi dei Risultati

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 dei cavidotti MT esterni e del cavidotto AT; 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 circa 3m a cavallo della mezzera di tutto il cavidotto MT.

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 4 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.

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 (M.T.) esso è inferiore a **5 KV/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 riferite ai tratti A.T. prossimi alla connessione fisica e alla consegna di tutta l'energia prodotta dal Parco Fotovoltaico.

Mentre, per quel che riguarda il campo di **induzione magnetica** relativamente al Fotovoltaico, il calcolo nelle varie sezioni di impianto (modulare per l'equivalente di circa 10 MWp) 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 attesa 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 centimetro dalle parti in tensione.

Infatti per quanto riguarda il **campo magnetico** relativamente ai cavidotti interni (al Parco Fotovoltaico) in MT, in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di **cavi unipolari elicordati schermati da guaina**, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1 metro, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

Per quanto concerne i **tratti esterni** (al Parco Agrivoltaico), quindi le Opere di Connessione, realizzati mediante l'uso di **cavi elicordati posati a trifoglio**, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 4 metri e, sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate superiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda le **cabine di trasformazione e cabine di sezione** relativamente al Fotovoltaico, l'unica sorgente di emissione è rappresentata dai Trasformatori BT/MT, e quindi, in riferimento al

DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge già nel caso peggiore con una distanza di sicurezza di circa 4 m (DPA) dalla cabina stessa, sempre che si trascorrono più di 4 ore giornaliere all'interno della fascia di rispetto.

Comunque, considerando che nelle cabine di trasformazione 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 sia del Fotovoltaico (B.T. – M.T.) che delle Opere di Connessione (M.T.) che della Sottostazione di Utenza (M.T.) del brevissimo tratto di consegna (A.T.), pertanto, si possono dire essere considerati verificati ed hanno registrato un riscontro non significativo, quindi tollerabile, rientrando nei limiti di Legge, con un approccio metodologico fornito dalla prassi e dalle normative di settore (basate su rilevamenti empirici "in campo" e sulla valutazione di dati e di informazioni storiche).

Foggia, 31/07/2021

Il tecnico.



Iscritto Albo Architetti della Provincia di Foggia col n. 887/A