

REGIONE: PUGLIA

PROVINCIA: LECCE

Comune di Guagnano

ELABORATO:

**TERNA
RELO2**

OGGETTO:

**PARCO EOLICO DA 6 WTG da 6 MW/CAD E SISTEMA
DI ACCUMULO DELL'ENERGIA DA 18 MW**

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE SPECIALISTICA SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI
OPERE DI UTENZA E DI RETE PER LA CONNESSIONE**

PROPONENTE:



SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Via Algardi, 4

20148 Milano (MI)

sorgenia.renewables@legalmail.it

PROGETTISTA:

ing. Gianluca PANTILE

Ordine Ing. Brindisi n. 803

Via Del Lavoro, 15/D

72100 Brindisi (BR)

Mobile 347.1939994

pantile.gianluca@ingpec.eu

Note:



DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
28/09/2021	0	Emissione	ing. Gianluca PANTILE	ing. Gianluca PANTILE

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE
SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
2.1	GENERALITA'	4
2.2	NORME E LEGGI.....	5
3	ASPETTI INTRODUTTIVI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI INTERNI	6
4	DEFINIZIONI	7
5	AMBITO DI APPLICAZIONE	10
6	CAMPI ELETTRICO E MAGNETICO GENERATI DA STAZIONI CON APPARECCHIATURE IN ARIA ..	12
7	CAMPI ELETTRICO E MAGNETICO GENERATI DAGLI ELETTRODOTTI	17
7.1	ANALISI DELLE COMPONENTI AMBIENTALI.....	17
7.2	CAMPI ELETTROMAGNETICI	20
7.3	CONFIGURAZIONI DI CARICO	23
8	CONCLUSIONI.....	25

1 PREMESSA

La Società SORGENIA RENEWABLES S.r.l. (Proponente) intende realizzare un parco eolico della potenza nominale di 36,00 MW nel Comune di Guagnano (LE) integrato con un Sistema di Accumulo della potenza di 18 MW.

In attesa della conferma, da parte di TERNA S.p.A., della soluzione tecnica per la connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) già dalla stessa rilasciata a mezzo PEC del 21/04/2021 ed identificata dal Codice Pratica n. 202002551, si è proceduto nell'ipotesi della Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) iniziale, ossia prevedendo, con alta probabilità, la conferma di una connessione dell'impianto in antenna a 150 kV con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica RTN "ERCHIE" di TERNA S.p.A..

Tale conferma è attesa a valle della presentazione, da parte della Proponente, di una prima istanza di variazione della connessione - Modello 1b, seguita da correlata richiesta di riesame che si sono rese necessarie per comunicare a TERNA S.p.A.:

- una riduzione di 18 MW della potenza dell'impianto di produzione che dagli iniziali 54 MW passa dunque ad una potenza di 36 MW;
- una modifica tecnologica consistente nell'integrazione dell'impianto di produzione con un Sistema di Accumulo della potenza di 18 MW al fine di compensare la perdita di potenza dell'impianto di produzione stesso a parità di potenza massima in immissione di 54 MW già autorizzata con la predetta STMG;
- che il Comune definitivamente interessato dalla realizzazione dell'impianto di produzione sarà il Comune di Guagnano (LE).

L'intera opera consiste dunque nell'impianto di produzione (impianto eolico), nell'elettrodotto di vettoriamento dell'energia elettrica in M.T., nel Sistema di Accumulo e negli impianti di utenza per la connessione ossia Sottostazione Elettrica Utente (SSEU) e collegamento in antenna in A.T., e di rete per la connessione ossia Ampliamento della Stazione Elettrica RTN e Stallo in Stazione Elettrica RTN.

Scopo della presente Relazione è quello di descrivere l'impatto elettromagnetico delle opere di utenza e di rete per la connessione, individuando le possibili sorgenti di emissione e valutando i potenziali rischi di esposizione degli addetti ai lavori e delle persone in generale.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

2.1 GENERALITA'

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP.

Il 12/07/1999 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di un'ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida.

Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico.

L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito limite di esposizione il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti; ha definito il valore di attenzione, come quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine; ha definito, infine, l'obiettivo di qualità come criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12/07/1999 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali. In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. 08/07/2003, che ha:

- fissato il limite di esposizione in 100 microtesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico;
- stabilito il valore di attenzione di 10 microtesla, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere;

- fissato, quale obiettivo di qualità da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 microtesla.

È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio. Non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea.

Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali.

Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. 08/07/2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento.

2.2 NORME E LEGGI

Le principali norme a cui si fa riferimento sono:

- DPCM 8/7/2003 *"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"*;
- Legge n. 36 del 22/02/2001 *"Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"*;
- Norma CEI 211-4 *"Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"*;
- Norma CEI 106-11 *"Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8/07/2003"* (Art.6);
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, *"Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti"*;
- 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."*.
- CEI 11-60 *"Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV"*;
- CEI 11-17 *"Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica Linee in cavo"*;
- 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"*.

3 ASPETTI INTRODUTTIVI SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI INTERNI

Le opere di utenza saranno progettate e costruite nel rispetto dei valori di campo elettrico e campo magnetico previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003).

Le opere oggetto di intervento saranno realizzate in area agricola nella cui prossimità non si ravvisa presenza di strutture potenzialmente sensibili dunque classificabili come **recettori sensibili** (ovvero luoghi adibiti alla permanenza di persone per un tempo non inferiore a quattro ore giornaliere). Inoltre, nella SSEU, normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

È da notare, come riportato al paragrafo 5.2.2 dell'allegato al Decreto Ministeriale 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" (pubblicato in G.U. 5/07/2008 n. 156, S.O. n. 160), che per gli impianti eserciti in "Stazioni Primarie" la DPA (Distanza di prima approssimazione) e quindi la fascia di rispetto rientra, generalmente, nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso, seppure l'autorità competente, laddove lo ritenesse necessario, potrebbe richiederne il rilievo strumentale in prossimità degli elementi perimetrali (es. portali, sbarre, ecc.).

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di A.T. come rappresentate in particolare negli Elaborati TERNA TAV 06: "SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE: PLANIMETRIA GENERALE" e TERNA TAV 07: "SOTTOSTAZIONE ELETTRICA UTENTE: PIANTE E SEZIONI ELETTROMECCANICHE", 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).

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi nelle zone di uscita linee con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 0,5 kV/m a circa 20 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

Nelle medesime zone i valori di campo magnetico al suolo assumono entità importanti e decisamente dipendenti dalle grandezze in gioco, in particolare della corrente in esercizio: sulle linee percorse da correnti di valore prossimo alla massima portata si riscontrano campi magnetici pari a qualche decina di μT ; gli stessi si riducono fino al raggiungimento dell'*obiettivo di qualità* (circa $3\mu\text{T}$) già alla distanza di 22 m dalla proiezione dell'asse della linea elettrica a quota zero.

Mantenere quindi una determinata distanza degli apparati e componenti elettromeccanici eserciti in A.T. dalla recinzione perimetrale della Sottostazione Elettrica Utente (che nel presente studio si determinano in non meno di 7 m) assicurerà, in corrispondenza dei confini dell'area di impianto, la presenza di valori di campo notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

4 DEFINIZIONI

Le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte, sono 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:

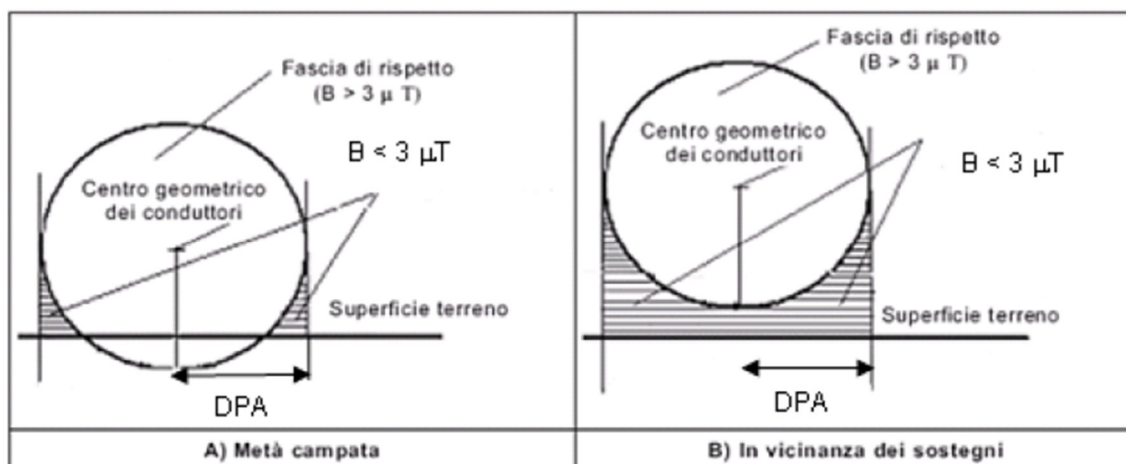
è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

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 quattro ore.

Si ricorda che le Regioni (fermi i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità) nella definizione dei tracciati degli elettrodotti che ricadono nella loro competenza autorizzativa, devono tener conto anche delle fasce di rispetto determinate secondo la metodologia in allegato al Decreto 29 maggio 2008 (art. 8, c. 1, lett. b) della Legge 36/2001).



Individuazione delle "fasce di rispetto" e "DPA" in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

N.B. Secondo interpretazione prevalente delle ARPA, la dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore.

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 di 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.

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 art. 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 artt. 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.

5 AMBITO DI APPLICAZIONE

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) 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) 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 relazione.

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.

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 (art. 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 interrate, 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 Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988, n. 449 e dal Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

Si evidenzia infine che le fasce di rispetto (comprese le correlate DPA) non sono applicabili ai luoghi tutelati esistenti in vicinanza di elettrodotti già realizzati.

In tali casi, l'unico vincolo legale è quello del non superamento del valore di attenzione del campo magnetico ($10 \mu\text{T}$ 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.

6 CAMPI ELETTRICO E MAGNETICO GENERATI DA STAZIONI CON APPARECCHIATURE IN ARIA

L'impianto è progettato e sarà costruito in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico previsti dalla normativa statale vigente sopra riportata. Si rileva che nell'area della SSEU, normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

A scopo cautelativo, si riporta uno studio specifico condotto su una Stazione di Trasformazione 380/150 kV esercita, quindi, con tensioni superiori al caso in specie (A.A.T./A.T.). Appare infatti evidente che le considerazioni conclusive alle quali si giunge nell'ambito di tale studio, riferendosi a condizioni più restrittive rispetto alle opere in esame, potranno essere applicabili a maggior ragione alla evidentemente più contenuta, sia nelle dimensioni che nei parametri di esercizio (tensioni e correnti di impiego), SSEU oggetto delle presente Relazione.

Le Figure di seguito rappresentate (Figure 1 e 3a, 3b, 3c) mostrano la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/150 kV ed una di trasformazione 150/30 kV con elettromeccanici in isolamento in aria (AIS), all'interno delle quali sono state effettuate una serie di misure di campo elettrico e magnetico al livello zero (suolo).

Le stesse Figure forniscono l'indicazione delle principali distanze *fase - terra* e *fase - fase*, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure.

Sono evidenziate, inoltre, le aree interne presso le quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portabili (aree A, B, C, e D), mentre sono contrassegnate in tratteggio le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità i campi).

Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della Stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette, sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla Stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale.

Nella Tabella 1 è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile (assunte come riferimento di studio), la Fig. 2 illustra, giusto per completezza espositiva, i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte esercita alla massima tensione di 380 kV della medesima Stazione.

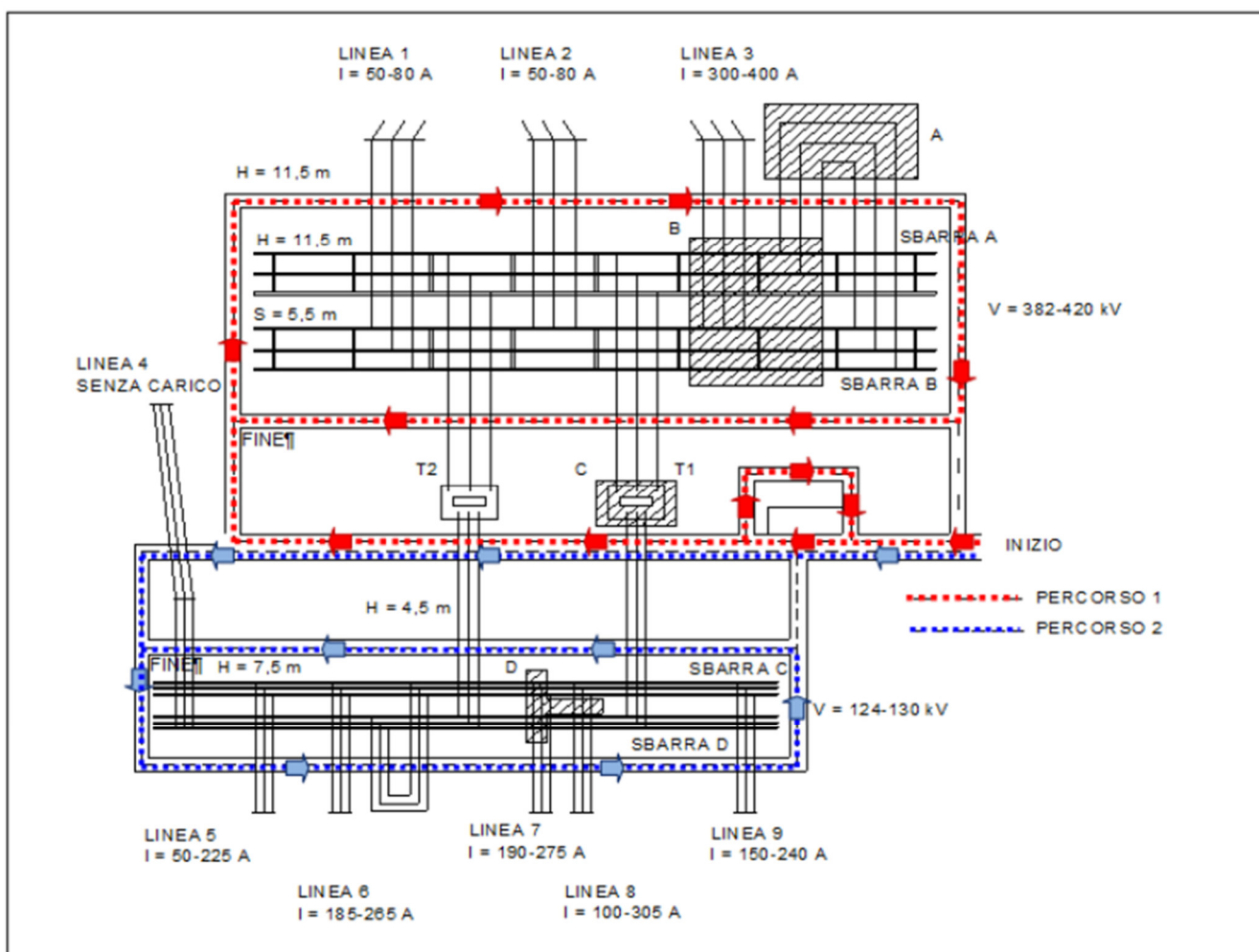


Fig. 1 – Pianta di una tipica stazione 380/150 kV: indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico

Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica (μT)		
		E max	E min	E medio	B min	B max	B medio
A	93	11,7	5,7	8,42	8,37	2,93	6,05
B	249	12,5	0,1	4,97	10,22	0,73	3,38
C	26	3,5	0,1	1,13	9,31	2,87	5,28
D	19	3,1	1,2	1,96	15,15	3,96	10,17

Tab. 1 - Risultati della misura del campo elettrico e dell'induzione magnetica nelle aree A, B, C, e D di Fig. 1

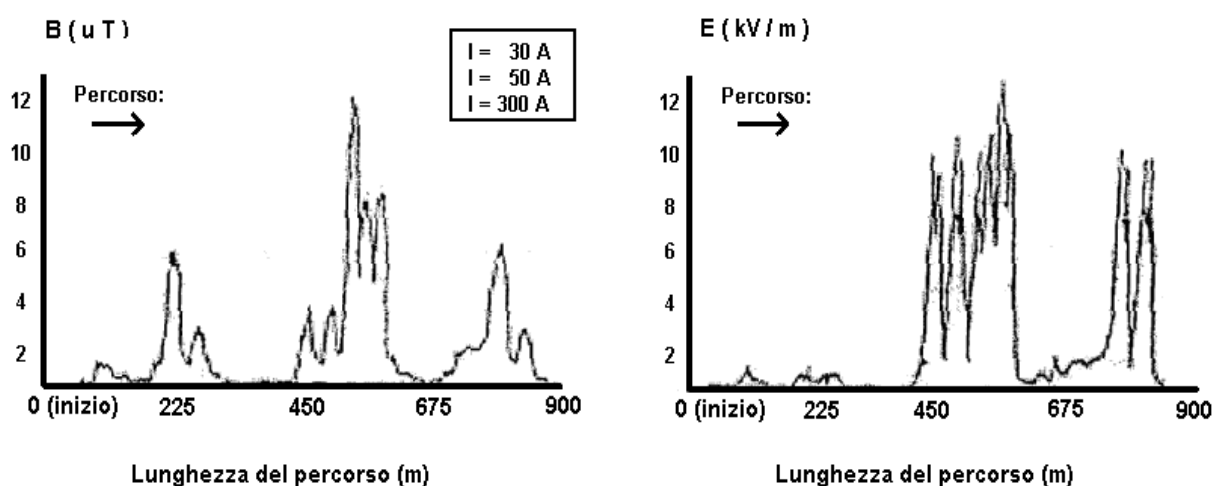


Fig. 2 - Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in Fig. 1

Ferme restando le elaborazioni di simulazione già descritte si riportano, in aggiunta, le deduzioni rappresentate del documento di riferimento di Enel S.p.A. inerenti il "Rapporto CESI-ISMES A8021317"; in esso viene ancora riprodotto lo studio che afferisce alla "Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per Cabine Primarie".

Si conferma pertanto il valore della fascia di rispetto, pari cioè a metri 14 dalla recinzione interna della Cabina (Figg. 3a ÷ 3c).

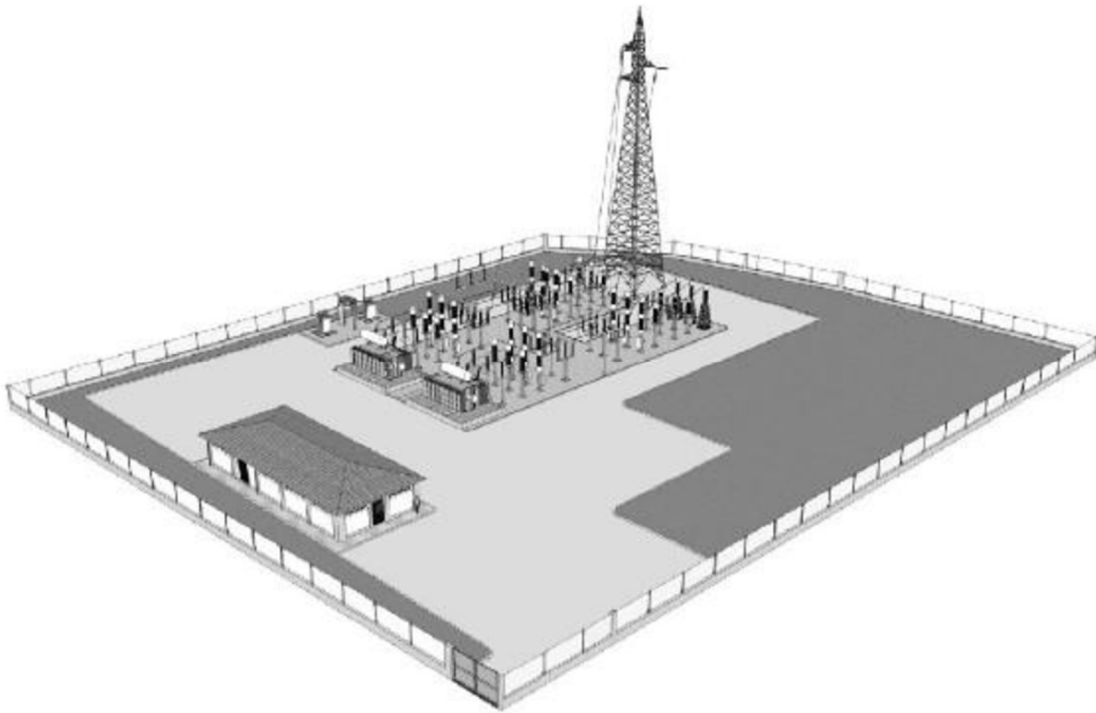


Fig. 3a: Rappresentazione di una tipica Stazione di Utente 150/20 kV con apparecchiature isolate in aria

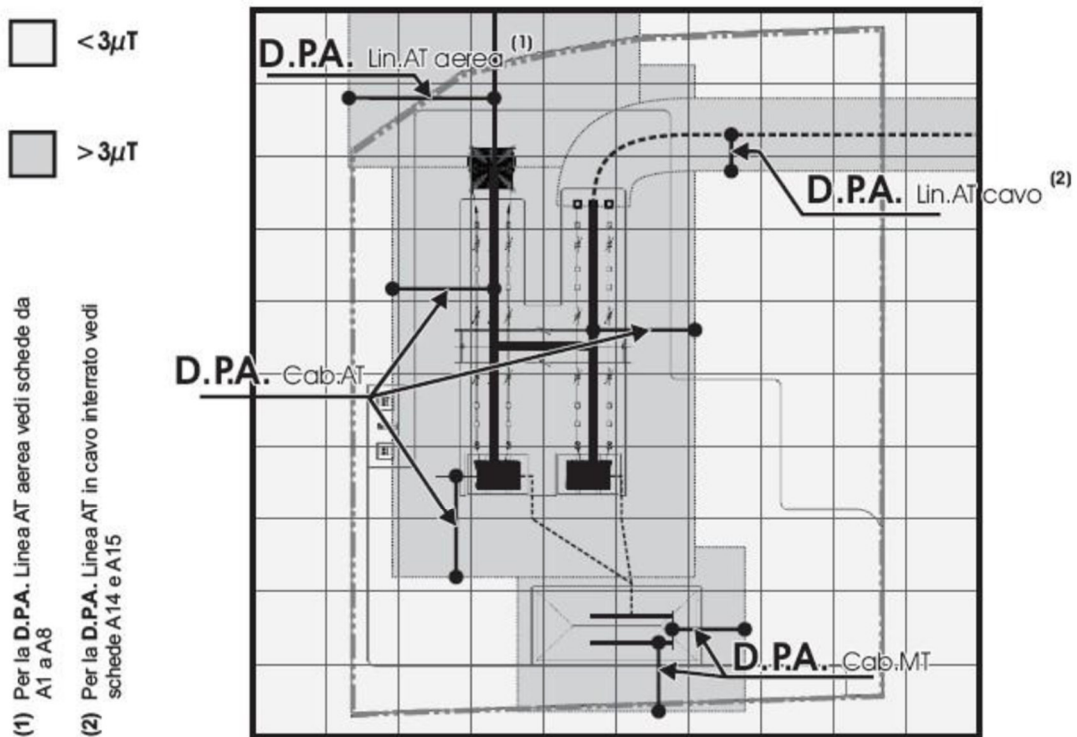


Fig. 3b: Rappresentazione della fascia di rispetto e della DPA

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

Fig. 3c – Rappresentazione dei valori risultanti nel caso di Trasformatore di potenza da 63 MVA

I valori massimi di campo elettrico e magnetico si riscontrano in prossimità degli ingressi linea in A.A.T. tuttavia, in tutti i casi, i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di Stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge. A supporto di quanto riferito si riportano di seguito i lavori di simulazione ed elaborazione delle DPA effettuate con software **EMT Tolls v. 3.0 del CESI**.

La modellizzazione delle sorgenti fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4; bidimensionale per le linee elettriche e tridimensionale per le cabine e stazioni elettriche; sarà pertanto osservata una fascia di rispetto dalla recinzione interna della Cabina di almeno 14 m (Figg.1 e 3a, 3b, 3c).

La simulazione ed elaborazione mediante il software *EMF Tools v.3.0 del CESI*, sempre con modellizzazione delle sorgenti di tipo bidimensionale con riferimento alla normativa tecnica applicabile CEI 211-4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, determina le conclusioni seguenti riferite alla sezione di impianto esercita in media tensione, quindi alle cabine di consegna ed al fabbricato "Edificio integrato" per i servizi ausiliari della C.P. (Fig 4a ÷ 4c).

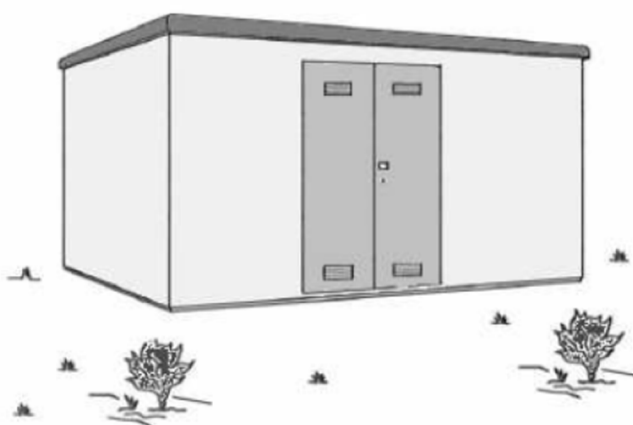


Fig. 4a: Rappresentazione di una tipica cabina secondaria 20/0.4 kV con apparecchiature di potenza in M.T.

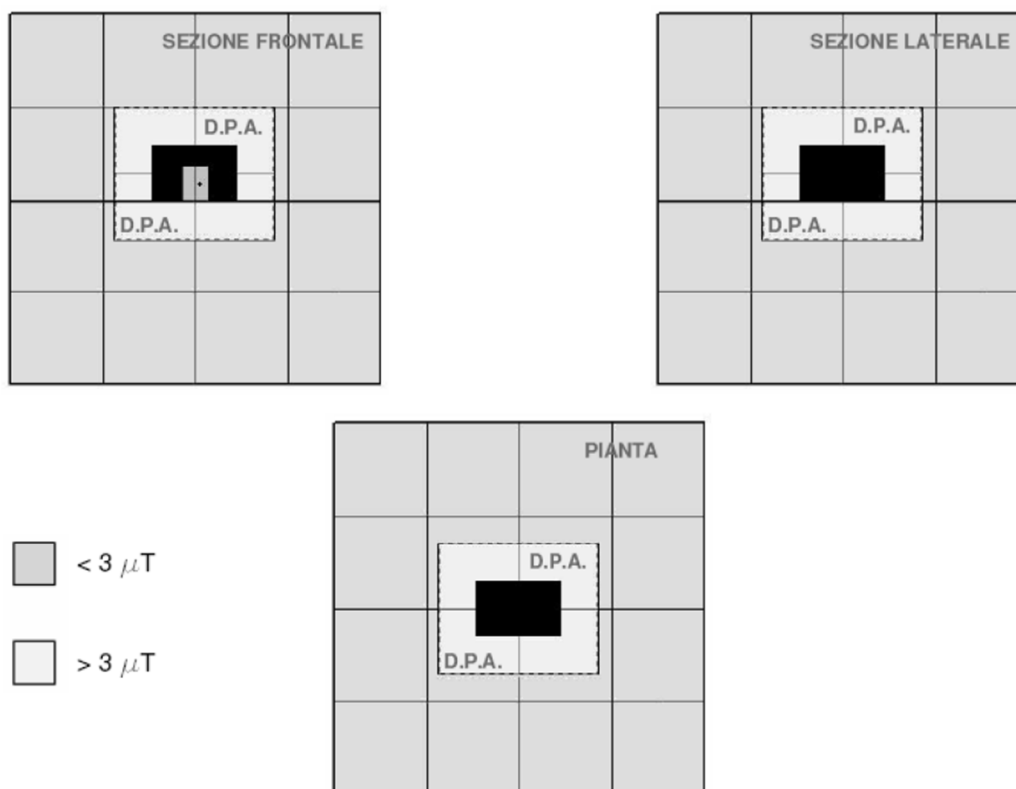


Fig. 4b: Rappresentazione della fascia di rispetto e della DPA

DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

Fig. 4c – Rappresentazione dei valori risultanti nel caso di Trasformatori M.T./B.T.

7 CAMPI ELETTRICO E MAGNETICO GENERATI DAGLI ELETTRODOTTI

7.1 ANALISI DELLE COMPONENTI AMBIENTALI

Campi in prossimità di una linea di alta tensione

Quando si parla degli elettrodotti per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica, date le elevate tensioni e correnti in gioco, non si può non pensare alle elevate intensità di campo elettrico e magnetico da essi generati.

Andamento dei campi

Alla frequenza di 50 Hz, le componenti del campo magnetico ed elettrico possono essere considerate separatamente:

Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della linea e si attenua, allontanandosi da essa, come l'inverso della distanza dai conduttori. Contrariamente alle correnti, i valori efficaci delle tensioni sulle linee non variano in maniera apprezzabile nel tempo: l'intensità del campo elettrico può considerarsi, quindi, praticamente costante. La configurazione della linea, se a singola o a doppia terna, influenza il campo così come, nelle linee a doppia terna, la disposizione delle fasi di ciascuna terna. La presenza di alberi, oggetti o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo, e in particolare, all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo elettrico fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno. Il campo elettrico è la somma di 3 contributi sfasati tra loro di 120° e, tenuto presente che i conduttori sono collegati tra due tralicci in modo da formare una catenaria, l'intensità maggiore del campo elettrico non si misura in prossimità dei sostegni, ma al centro della campata, ossia nel punto in cui i cavi, così disposti, si trovano alla minore distanza dal suolo.

Tralicci di sostegno per linee a 150 kV

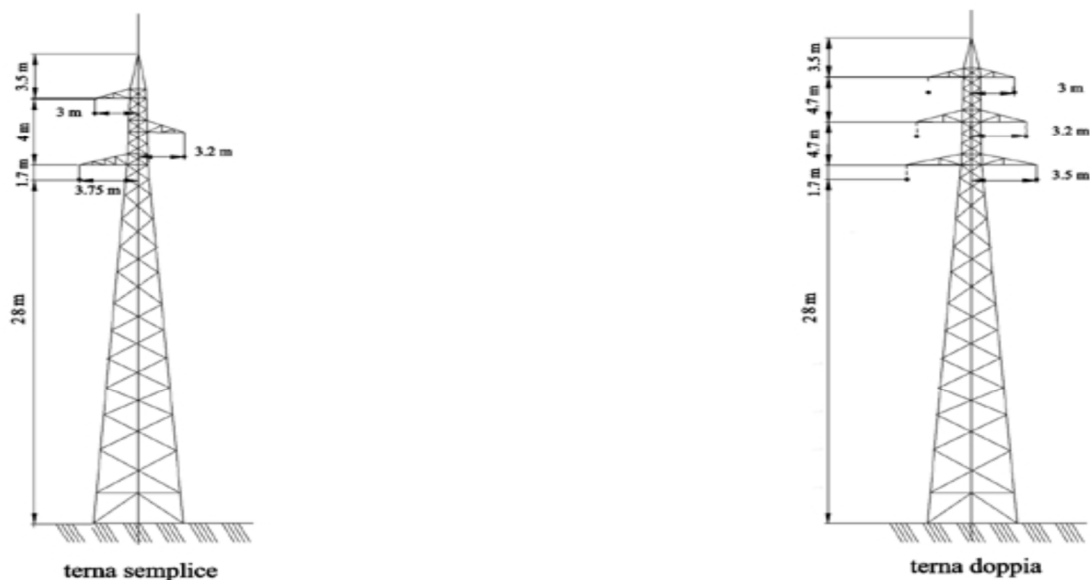


Fig. 5 - Rappresentazione di sostegni in semplice e doppia terna eserciti a 150 kV

L'andamento e il valore massimo delle intensità dei campi dipenderanno anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea. Per calcolare questi campi si considera il suolo come un piano conduttore elettrico perfetto, i conduttori sulla linea sono considerati rettilinei, orizzontali e di lunghezza infinita, le correnti e tensioni sono considerate in fase tra loro, e si trascura la presenza di edifici, vegetazione e di altri oggetti presenti nelle vicinanze della linea, nonché gli stessi tralicci di sostegno.

Alla tensione nominale del sistema considerato di 150kV con correnti di transito di 600 A in terna semplice corrisponde una intensità di campo elettrico al suolo di 2.550 V/m mentre in doppia terna a parità di corrente il campo risulta di 3.950 V/m; correnti di 920 A in semplice e doppia terna generano invece rispettivamente una intensità di campo elettrico di 2.750 e 4.200 V/m.

Campo magnetico

Anche il campo magnetico, così come il campo elettrico, è dato dalla risultante di 3 contributi, in questo caso, le tre correnti del sistema trifase. Dall'intensità di tali correnti e dall'ordine delle fasi dipenderà l'ampiezza del campo magnetico che si andrà a generare. Poiché la richiesta di energia varia in maniera considerevole nell'arco della giornata, legata dunque alla richiesta della popolazione, è indubbio che variando le intensità delle correnti sulle linee il campo magnetico non sarà costante; si considerano nello studio gli andamenti temporali individuando dei valori minimi, in genere nelle ore notturne, e dei valori massimi, in corrispondenza delle ore di maggior carico, oltre ad una periodicità giorno/notte e settimanale.

Rispetto a quanto visto per il campo elettrico, il campo magnetico assume il valore massimo in corrispondenza della minima distanza dei conduttori dal suolo, ossia al centro della campata, e decade molto rapidamente allontanandosi dalle linee.

In tal caso, però, non si registra alcun effetto schermante da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea. Quindi, anche all'interno degli edifici si può misurare un campo magnetico di intensità comparabile a quello esterno.

Nel caso in fattispecie, di elettrodotto in tensione di 150kV e correnti di 600 A transitanti in condutture di semplice e doppia terna, l'induzione magnetica al suolo raggiunge il massimo valore rispettivamente di 12 e 13,2 μT ; per correnti di linea in massimo carico di 920 A invece l'induzione passa a 18,3 μT (in terna semplice) e 19,8 μT (in terna doppia).

7.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza come mostrato dai grafici riportati nel seguito.

Tuttavia nel caso di **cavi interrati**, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto. Di seguito è esposto l'andamento del campo magnetico lungo il tracciato della linea interrata a 150kV. Il calcolo è stato effettuato in aderenza alla Norma CEI 211-4 ed i valori esposti si intendono calcolati ad una distanza di 1 metro dal suolo.

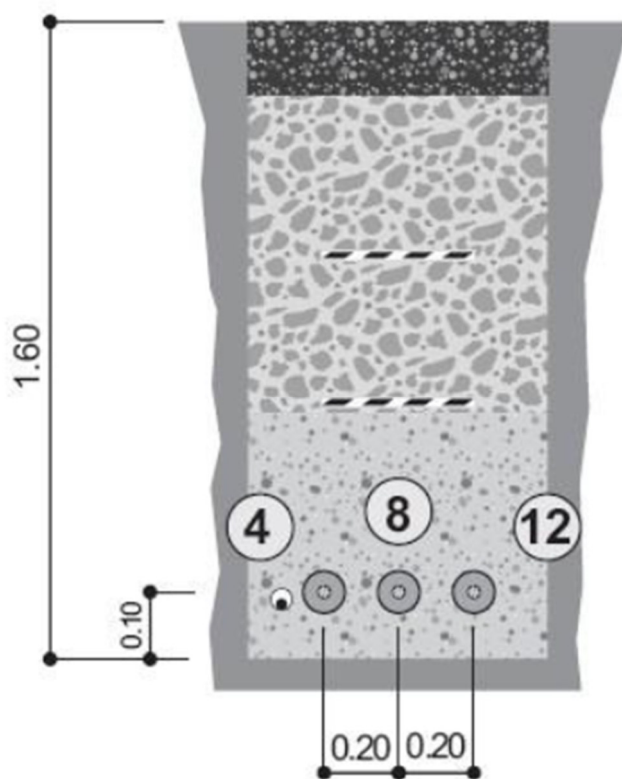


Fig. 6a – Rappresentazione di interrimento "in piano" di una semplice terna in cavo unipolare esercita a 150 kV

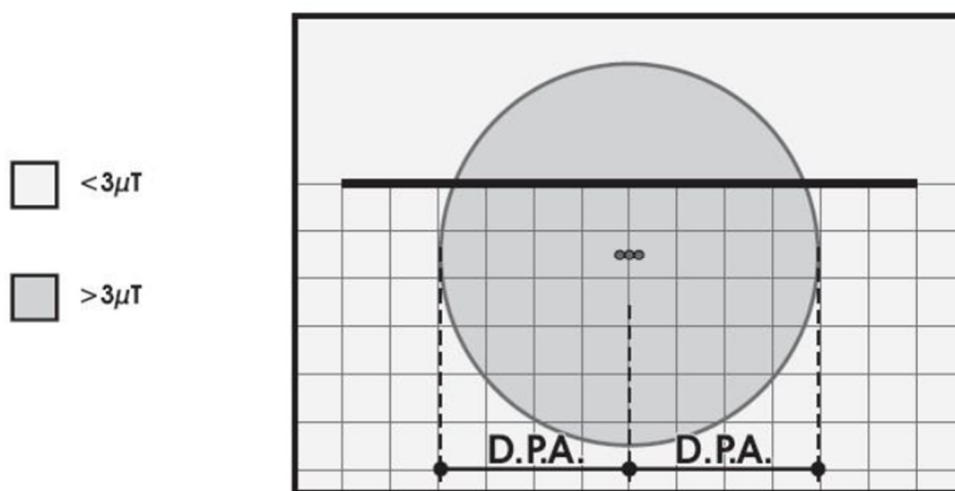


Fig. 6b – Rappresentazione delle fasce di rispetto per interramento "in piano" di semplice terna in cavo

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

Fig. 6c – Valori della DPA in relazione ai parametri di esercizio

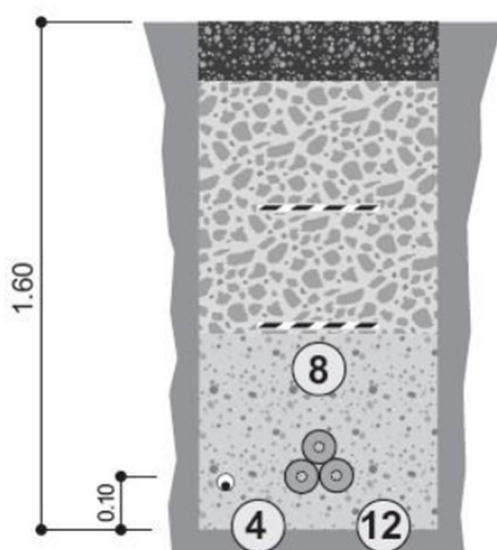


Fig. 7a – Rappresentazione di interramento "a trifoglio" di una semplice terna in cavo unipolare esercita a 150 kV

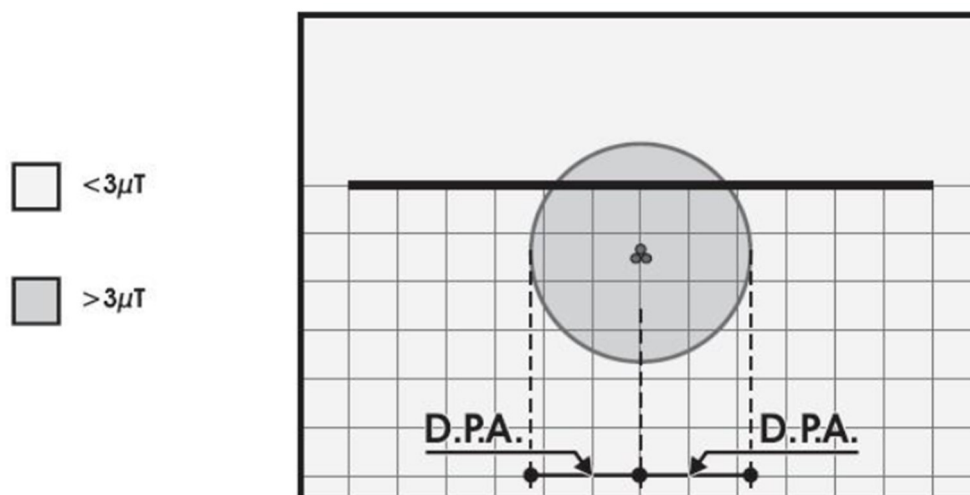


Fig. 7b – Rappresentazione delle fasce di rispetto per interramento "a trifoglio" di semplice terna in cavo

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

Fig. 7c – Valori della DPA in relazione ai parametri di esercizio

Dalle figure sopra riportate (Fig. 6a ÷ 6c e Fig. 7a ÷ 7c) si evince come nel caso di studio, oggetto della presente relazione, che prevede l'interramento di una semplice terna in XLPE 150kV con formazione 3x1x1600mm² in alluminio acciaio atta alla connessione in RTN dell'energia prodotta dalla Sottostazione Elettrica Utente, anche nel caso più restrittivo della posa in piano, generi un campo magnetico abbastanza limitato, senza tuttavia, come già ampiamente ribadito nella presente relazione, che il suo percorso determini ingerenze con elementi ricettori sensibili.

7.3 CONFIGURAZIONI DI CARICO

Di seguito viene esposto il grafico dell'andamento dell'induzione magnetica rispetto all'asse dell'elettrodotto.

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 a trifoglio, ad una profondità di 1,5m, con un valore di corrente pari a 870 A (quale valore tipico di massima corrente di impiego su conduttura atta alla connessione di uno stallo a 150 kV, quindi riconducibile al parametro di esercizio della Stazione di Utenza, in oggetto di studio).

La configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, distanza minima dei conduttori dal piano viario e posa a trifoglio dei conduttori.

In Fig.8 è riportato l'andamento dell'induzione magnetica ad un metro dal suolo, determinata avendo considerato una corrente pari a 870 A.

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 nullo.

Il limite di 3 μT si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 1,5m.

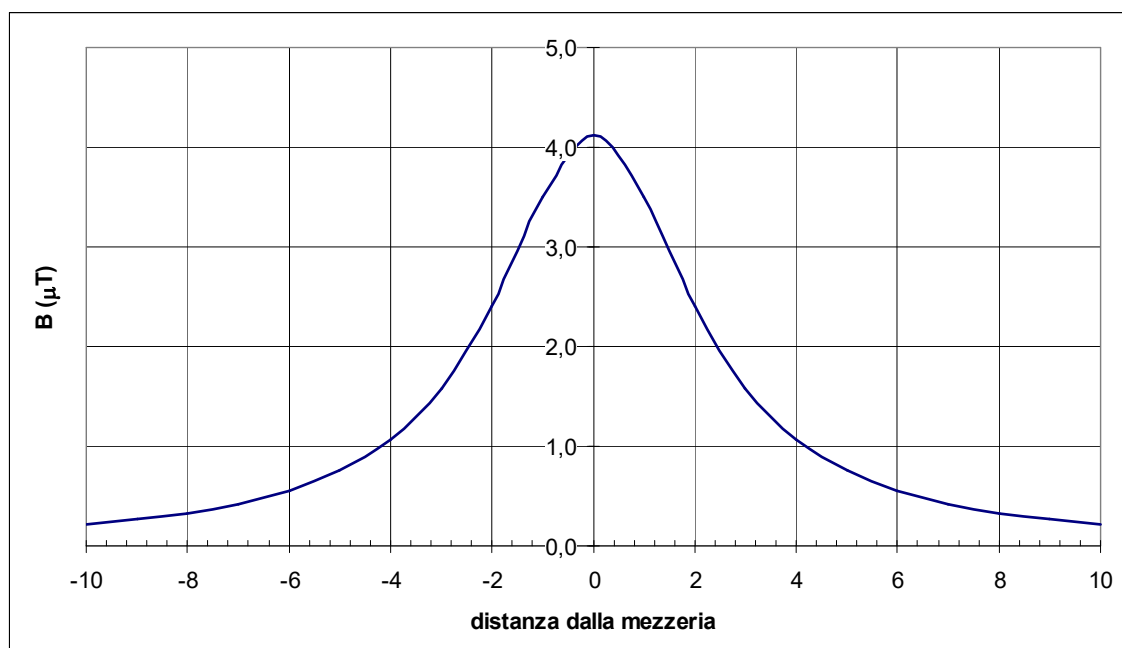


Fig. 8 – Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo esercito a 150 kV

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

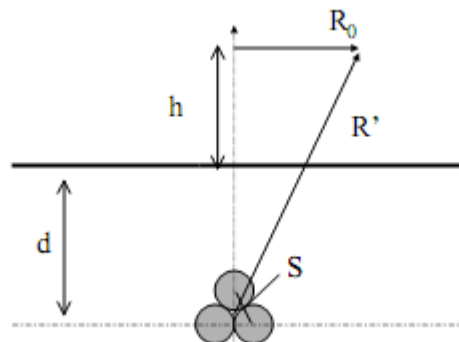
Determinazione della Fascia di rispetto

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 $3 \mu\text{T}$. La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ (m)}$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

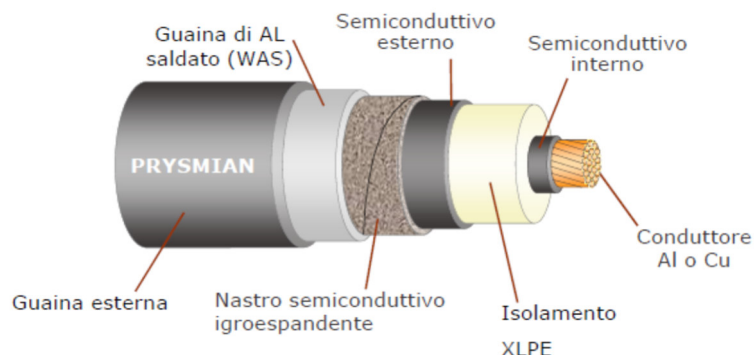
- $S = 0.1 \text{ m}$
- $I = 870 \text{ A}$,

si ottiene:

- $R' = 2.66 \text{ m}$

Il dato in risultanza, arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 3 m per parte, rispetto all'asse del conduttore.

Non si ravvisano ricettori sensibili all'interno della suddetta fascia.



8 CONCLUSIONI

Da quanto sopra esposto, si evince come la **riduzione** dell'intensità dei campi elettromagnetici possa essere ottenuta allontanando quanto possibile i cavi dell'elettrodotto dal suolo, cioè elevando in altezza le condutture elettriche alloggiare su sostegni; appare evidente che, relativamente alle linee aeree presenti all'interno della Stazione di Utanza in condivisione, la soluzione di elevare in altezza le condotte delle sbarre parallelo o gli amarri dei sostegni capolinea non sia una soluzione attuabile per evidenti motivazioni di carattere fisico, pertanto si è provveduto a contenere tali apparecchiature alla giusta distanza dalla recinzione di confine.

L'adozione della soluzione della connessione in RTN attraverso un elettrodotto aereo avrebbe condizionato negativamente gli effetti ambientali, seppure l'area interessata dalle opere di utanza e di rete si presenti già fortemente pervasa da tralicci metallici e conduttori aerei di vario spessore; pertanto, al fine di evitare ulteriori aggravii ambientali, visto l'impatto visivo praticamente nullo, e minimizzare gli effetti biologici sull'uomo grazie all'azzeramento del campo elettrico esterno e la riduzione a valori trascurabili del campo magnetico (così come ampiamente descritto nei paragrafi precedenti), si è optato, per la connessione della SSEU alla RTN a 150kV sullo Stallo in ampliamento della Stazione Elettrica di trasformazione 380/150 kV "ERCHIE", di progettare un percorso in interrimento di una trincea per alloggio di una semplice terna costituita da cavi unipolari isolati in polietilene reticolato (XLPE) del tipo ARE4H5E in formazione 3x1x1600 mm².