


 Dott. Ing. Stefano UBERTINI
 Ordine degli Ingegneri prov. Ancona n. 2298

Studio Tecnico Ing. Stefano Ubertini		Mit.10/REL	
PROVINCIA ANCONA	COMUNE SENIGALLIA	OGGETTO PROGETTO PER LA RIQUALIFICAZIONE URBANA DELL'AREA DELLA CENTRALE DI BETONAGGIO E LA REALIZZAZIONE DI UN CENTRO COMMERCIALE. PIANO ATTUATIVO	
UBICAZIONE VIA CELLINI			
COMMITTENTE Calcestruzzi Senigallia s.r.l.			
PROGETTISTI INCARICATI DOTT. ARCH. FABIO MARIA CECCARELLI DOTT. ARCH. MARCO MARIA CECCARELLI GRUPPO DI PROGETTAZIONE DOTT. ARCH. VALENTINA TROMBINI, DOTT. ARCH. SONIA BERNACCONI DOTT. ARCH. SONIA BRONZINI STRUTTURE, VIABILITA' E SISTEMAZIONI IDRAULICHE DOTT. ING. GIANNI GUGLIELMO BARUCCA DOTT. ING. MASSIMO SPADONI SANTINELLI COLLABORATORI: DOTT. ING. GIACOMO BARUCCA, DOTT. ING. MATTEO SPADONI SANTINELLI, DOTT. ING. AURORA ZOPPINI IMPIANTI TECNOLOGICI DOTT. ING. STEFANO UBERTINI COLLABORATORI: DOTT. PAOLO SENIGALLIESI, GEOM. GIORDANO UBERTINI GEOLOGO DOTT. GIGLIOLA ALESSANDRONI		TAVOLA	Progetto
		RELAZIONE TECNICA PRG-Mit.10 "Contenimento inquinamento elettromagnetico". Approfondimento Valutativo in merito alla DPA dalla sorgente emissiva".	
		SCALA 1:500	
		DATA	GENNAIO 2016

“Progetto per la riqualificazione urbana dell’area della centrale di betonaggio per la realizzazione di un centro commerciale”

Ubicazione: Via Cellini

Committente: Calcestruzzi Senigallia srl

Prescrizioni ambientali PRG :

Mitigazione – 10 “Contenimento inquinamento elettromagnetico”

RELAZIONE TECNICA

“ Approfondimento Valutativo in merito alla distanza di prima approssimazione dalla sorgente emissiva”.

Premessa:

Sorgenti di campo elettrico, magnetico, elettromagnetico:

Nel parlare di tecniche di riduzione delle emissioni di campo *non* si può non considerare le **“sorgenti che generano tali campi”**. In particolare le sorgenti di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici sono numerose e come detto nella prefazione sia di origine **“naturale”** che **“artificiale”**. Le prime sono da ricondursi, prevalentemente, a fenomeni di origine cosmica (tempeste elettromagnetiche collegate all'attività solare), atmosferica (fenomeni temporaleschi) e geologica (campo magnetico terrestre e sue anomalie). Le seconde riguardano, invece, tutte quelle apparecchiature prodotte dall'uomo che emettono i suddetti campi. In questo contesto saranno trattate ovviamente, questo secondo tipo suddividendole in **sorgenti di campo a bassa frequenza (50 Hz)** e **sorgenti di campo ad alta frequenza (100 kHz a 300 GHz)** in accordo con la suddivisione in frequenze utilizzata dai decreti legge n. 199 del 28/8/2003 e n. 200 del 29/8/2003. Inoltre, poiché tali sorgenti sono numerose la descrizione sarà rivolta a quelle che più comunemente possono incontrarsi con riferimento al caso di fattispecie. Per quanto riguarda la bassa frequenza, si considereranno le linee elettriche, le cabine di trasformazione e sarà fatto un riferimento anche alle apparecchiature elettriche che utilizzano la corrente di rete (50 Hz). Per quanto riguarda l'alta frequenza, dato l'elevato numero di sorgenti, si limiterà ad identificare quelle facenti parte dei sistemi di telecomunicazioni.

Sorgenti in bassa frequenza

Linee elettriche e cabine di trasformazione

L'energia elettrica generata negli impianti di produzione (centrali) viene trasmessa lungo linee elettriche aeree o cavi interrati e distribuita presso le singole utenze. Queste linee hanno incontrato, da parte dell'opinione pubblica, una crescente opposizione per motivi di tipo estetico ed ambientale; successivamente, si è aggiunto il possibile effetto sulla salute causato dall'esposizione delle persone ai campi elettromagnetici. Peraltro la fascia di servitù del terreno, associata alle linee, costituisce un'ulteriore difficoltà per la costruzione e la gestione del sistema. Al fine di ridurre le perdite di potenza, l'energia elettrica viene trasmessa con una tensione di esercizio pari a 220 o 380 kV, corrispondenti all'altissima tensione (AAT). Le stazioni primarie abbassano l'altissima tensione a livelli compresi tra 132 e 150 kV, relativi questi ultimi all'alta tensione (AT); le grandi utenze (grandi fabbriche, poli industriali, raffinerie, ecc.) si allacciano generalmente all'alta tensione, poiché sono caratterizzate da assorbimenti di potenza elevati. La distribuzione dell'energia elettrica avviene, invece, in media tensione (MT) e in bassa tensione (BT). Le cabine primarie AT/MT, infatti, svolgono la funzione di abbassare la tensione di esercizio dall'alta tensione a valori compresi tra 15 e 20 kV; le cabine secondarie MT/BT, a loro volta, abbassano la tensione di esercizio dalla media alla bassa tensione, ovvero la familiare 230/400 V delle utenze domestiche e similari. Le utenze comprendenti il settore del terziario e della piccola e media industria, sono allocate alla media tensione; le utenze domestiche, invece, in virtù della modesta potenza richiesta, sono allacciate alla bassa tensione.

La Figura seguente mostra la rete elettrica nel suo insieme:

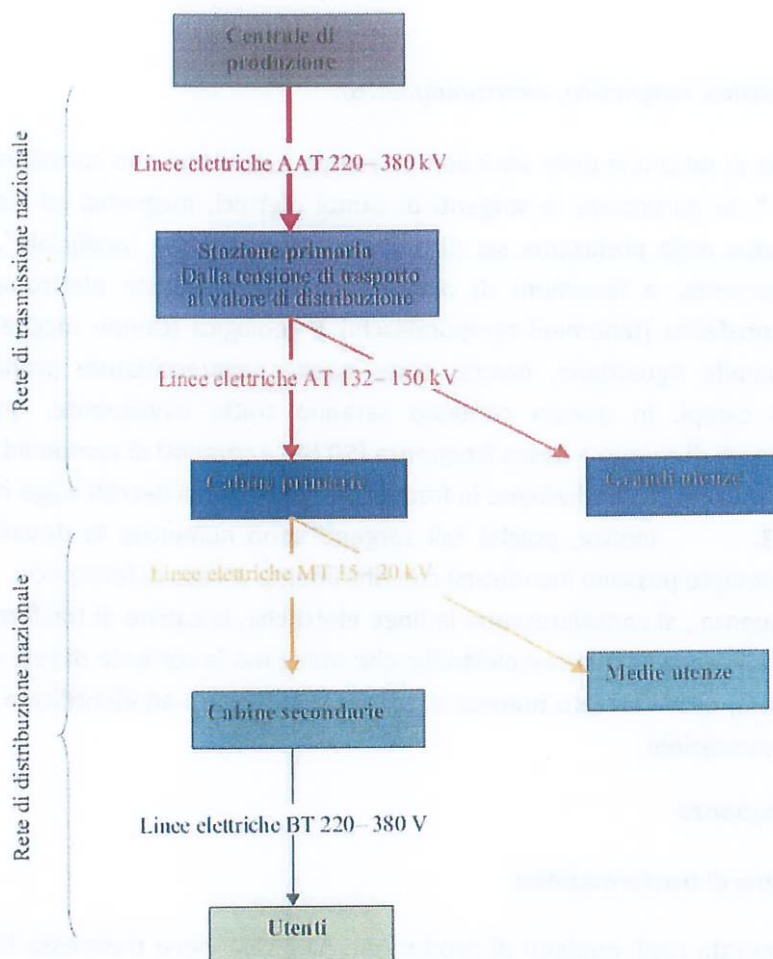


Figura III-1 – Schema rete elettrica

Una tipica linea elettrica aerea consiste di conduttori ancorati, attraverso isolatori, ad una serie di supporti (piloni i tralicci). Gli isolatori supportano un singolo conduttore o più su cui è trasportata una fase. Si parla di fase poiché la produzione, la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica è fatta tramite sistema trifase, cioè tramite linee elettriche formate da terne di conduttori alimentati da tensioni alternate aventi stessa frequenza (isofrequenziali) e intensità, ma sfasate tra loro di $3/2$ del periodo. I conduttori di ogni fase sono sospesi abbastanza lontano tra loro e dai tralicci per prevenire scariche e cortocircuiti tra le fasi o tra fase e terra (attraverso le strutture di supporto).

Alle basse frequenze, i campi elettrici e magnetici possono essere considerati separati ed indipendenti.

Le tensioni di esercizio del sistema elettrico sono caratterizzate da un valore efficace che non varia in maniera apprezzabile nel tempo, sicché il campo elettrico generato presenta anch'esso un valore efficace praticamente costante nel tempo. Poiché le correnti che circolano nelle linee dipendono dal carico, vale a dire dalla richiesta di potenza degli utilizzatori finali, il campo magnetico varia nel tempo, con tipiche oscillazioni sia quotidiane (tra il giorno e la notte), sia stagionali. L'andamento e il valore massimo dell'intensità dei campi dipendono, inoltre, dalla configurazione geometrica e dalle reciproche distanze tra i conduttori di fase. Tenendo presente che i conduttori sono collegati tra due tralicci in modo da formare una catenaria, la misura dell'intensità dei campi non va fatta in prossimità dei sostegni, bensì nel punto in cui i cavi si trovano alla minore distanza dal suolo, ovvero al centro della campata.

Un'alternativa alle linee elettriche aeree, è costituita dalle "linee in cavo interrate", utilizzate soprattutto per la media e la bassa tensione. Il campo elettrico al suolo generato da tali linee risulta di intensità trascurabile, a causa dell'effetto combinato dell'azione schermante delle guaine metalliche e del terreno. Il campo magnetico, invece, non risente della presenza del terreno; esso, inoltre, diminuisce rapidamente con la distanza dall'asse della linea.

La Figura III-4 seguente mostra il confronto tra il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati [III-1]. Si nota come per quest'ultimi l'intensità massima del campo sia più elevata, ma presenti anche un'attenuazione trasversale più pronunciata.

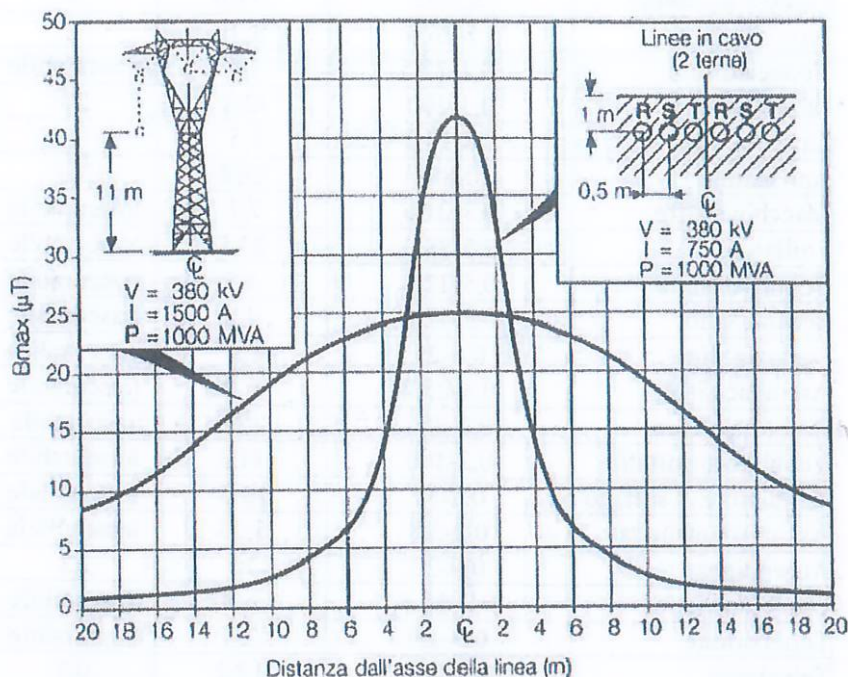


Figura III-4 Andamenti del campo magnetico emesso da una linea elettrica aerea e da una linea in cavo interrata.

Apparecchiature elettriche

Gli impianti per la trasmissione e la distribuzione dell'energia elettrica non sono le uniche sorgenti di esposizione delle persone ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza. Sono molteplici, infatti, le apparecchiature per uso industriale e civile in grado di generare campi, generalmente magnetici, di elevata intensità. Nelle abitazioni il campo elettrico prodotto dagli elettrodomestici è modesto, poiché la tensione di alimentazione è bassa (230 V) e gli involucri degli apparecchi costituiscono un'efficace schermatura.

Vicino agli elettrodomestici e agli altri apparecchi elettrici di uso comune si hanno invece campi magnetici che possono raggiungere valori di decine o centinaia di microtesla, molto più intensi di quelli dovuti alle linee ad alta tensione. I medesimi dispositivi, inoltre, possono emettere un campo magnetico di intensità sensibilmente diversa a seconda del modello e della manifattura. Si deve rilevare, ad ogni modo, che l'intensità del campo magnetico decresce rapidamente all'aumentare della distanza dalla sorgente.

Per identificare l'ordine di grandezza dell'entità di tali campi magnetici, nella Tabella A-43 vengono riportati i valori misurati di induzione magnetica B (in valore efficace): si riportano i valori minimi e massimi, il valore medio in posizioni ravvicinate alla sorgente e nell'ultima colonna il valore ad un metro di distanza.

Apparato	B min / B max [μ T]	B medio [μ T]	B [μ T] a 1 m
Tostapane	0,2-10,2	2,9	1,7
Forno a microne	2,3-92	31,9	7
Frigorifero	0,1-26,5	3,3	2
Congelatore	0,1-22,5	4,4	trascurabile
Miscelatore	0,1-190	32,3	20
Lavastoviglie	0,2-14,2	5,5	1
Apriscatole	30-888	267	3,3
Macchina caffè	0,3-24,5	7,7	trascurabile
Frullatore	2,2-78,3	23,5	trascurabile
Condizionatore	0,5-12,8	4,5	trascurabile
Scaldabagno	0,2-12,8	4,8	trascurabile
Ferro da stiro	0,6-25	4,8	trascurabile
Asciugacapelli	0,3-25,2	6,9	trascurabile
Rasoio elettrico	0,2-480	128	trascurabile
Ventilatore portatile	0,2-100	11,3	trascurabile
Ventilatore al soffitto	0,2-57	10,4	trascurabile
Asciugabiancheria	0,2-5,8	1,53	trascurabile
Accendigas	0,9-22	10	1,3
Lavabiancheria	0,2-15,5	6,8	trascurabile
Termosifone	0,3-4,9	2,4	trascurabile
Televisore	0,2-38,3	17,2	0,7
Radiosveglia	0,3-48,6	9,7	trascurabile
Sveglia	1,1-550	98,2	trascurabile
Scatola interruttore	0,2-25,6	6	2,4
Impianto stereo	0,2-2	0,9	trascurabile
Trapano	48,5-253	194	trascurabile
Sega circolare	120-150	133	trascurabile
Aspirapolvere	21-58,9	40	1,5
Personal computer	0,2-5,1	1,6	trascurabile

Tabella A-43: Valori di B[mT] prodotti da apparecchiature elettriche per uso domestico.

Negli edifici commerciali e nel terziario con un numero ridotto di apparecchiature elettriche, solitamente si presentano campi magnetici di intensità confrontabili con quelli presenti in ambienti residenziali. Alcuni tipi di impianti industriali, caratterizzati dall'assorbimento di correnti di migliaia di ampere, possono generare elevate induzioni magnetiche fino ad alcuni millitesla.

Sorgenti in alta frequenza

Le sorgenti in alta frequenza più comuni sono costituite dagli **apparati per telecomunicazioni**. Questi si possono suddividere in apparati che collegano due punti dello spazio (ponti radio, trasmissioni via satellite, radar), o sistemi di diffusione (radiotelevisivi, radiomobili). L'elemento fondamentale per tutti gli "apparati di telecomunicazioni" è l'**antenna**: trasduttore elettromagnetico (e.m.), ovvero interfaccia tra campi elettromagnetici guidati fino alla porta d'ingresso e radiazione elettromagnetica irradiata attraverso la porta di uscita nello spazio esterno tramite onde elettromagnetiche, e quindi una struttura in grado sia di ricevere che trasmettere il segnale.



Figura III-8 Radar parabolico.



Figura III-7 Ponte radio.



Figura III-11 Ripetitore televisivo.



Figura III-15 Stazioni radiobase di tipo settoriale

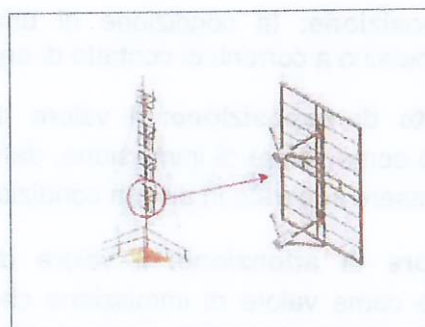


Figura III-12 Antenna radiofonica con particolare di una griglia.

Linee guida e normative per l'esposizione a campi elettromagnetici

Numerose organizzazioni internazionali e Stati, a causa dell'interesse sempre crescente verso i possibili effetti dei campi elettromagnetici sulla salute umana e sull'ambiente, hanno sentito l'esigenza di fornire linee guida e/o normative che regolino l'esposizione per la popolazione ed i professionalmente esposti. Poiché la relazione causa-effetto ed i meccanismi di interazione tra campo applicato ed effetto rilevato, relativamente alle tipiche potenze di emissione, non sono ancora del tutto noti e comprovati, anzi, si è in presenza di un'accentuata incertezza scientifica, il principio ispiratore di numerose politiche cautelative è il principio di precauzione. Questo induce a tutelarsi di fronte ad un possibile rischio potenzialmente serio fissando limiti di esposizione cautelativi in attesa dei risultati e delle verifiche della ricerca scientifica. Sarà di seguito affrontata una breve rassegna delle normative internazionali, nazionali ed italiane per fornire una panoramica della situazione attuale in termini di esposizione ai campi elettromagnetici.

Normativa Italiana

La situazione della normativa italiana in materia di protezione dalle esposizioni a campi elettromagnetici ha il suo punto di forza nella **Legge quadro n.36 del 22.2.2001**, entrata in vigore nel marzo del 2001. La Legge recepisce le raccomandazioni della Comunità Europea, ma con alcune diversità per quanto riguarda i limiti di esposizione. La Legge stabilisce le definizioni principali all'art.3 e precisa che deve intendersi:

- **per esposizione:** la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici o elettromagnetici o a correnti di contatto di origine artificiale;
- **per limite di esposizione:** il valore del campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori.
- **per valore di attenzione:** il valore del campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico considerato come valore di immissione che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate e che costituisce misura di cautela degli effetti a lungo termine;
- **per obiettivi di qualità:** i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, nonché i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'art.4, comma 1 lettera a) ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

A tal riguardo, nell'anno 2003 sono stati emanati, due Decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri.

- 1) Uno riguardante **“la 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”**, dove per elettrodotto si intende l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- 2) Il secondo concernente la **“fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”**.

Per tutti i campi generati a frequenze comprese nell'intervallo fra 0 e 100 kHz con l'esclusione di quelli a 50 Hz generati dagli elettrodotti, il Decreto n. 200 stabilisce che i limiti per le esposizioni sono quelli indicati dalla Raccomandazione Europea del 1999, mentre per i campi generati dagli elettrodotti sono stabiliti i seguenti valori:

- per i **limiti di esposizione**:
 - 100 μ T per l'induzione magnetica;
 - 5 kV/m per il campo elettrico.
- per i **valori di attenzione**:
 - 10 μ T per l'induzione magnetica (considerata come mediana nelle 24 ore)
- per gli **obiettivi di qualità**:
 - 3 μ T per l'induzione magnetica (considerata come mediana nelle 24 ore)

A titolo di misura cautelare per la protezione da possibili effetti a lungo termine, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità si devono ottenere in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore. Gli obiettivi di qualità si riferiscono però alla progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di tali aree e alla progettazione di nuovi insediamenti e di nuove dette aree in vicinanza di elettrodotti preesistenti.

Il Decreto n. 199 relativo a campi emessi a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz stabilisce che per sorgenti di campi elettromagnetici generati in questo intervallo di frequenze non riconducibili ai sistemi fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi si applica l'insieme delle restrizioni stabilite dalla Raccomandazione Europea del 12 luglio 1999.

Per i campi generati dai sistemi fissi di telecomunicazione e radiotelevisivi invece stabilisce:

- per i limiti di esposizione i valori sintetizzati nella tabella di seguito:

Frequenze	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza D (W/m ²)
0.1 ÷ 3 MHz	60	0.2	
3 ÷ 3000 MHz	20	0.05	1
3 ÷ 300 GHz	40	0.01	4

Tabella IV-4 : Livelli di esposizione decreto n.199 del 29.8.2003

- per i valori di attenzione sono riportati nella tabella seguente:

Frequenze	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza D (W/m ²)
0.1 MHz ÷ 3 MHz	6	0.016	
3 MHz ÷ 300 GHz	6	0.016	0.10

Tabella IV-5 : Valori di attenzione decreto n.199 del 29.8.2003

- per gli obiettivi di qualità i valori sono riportati nella tabella seguente:

Frequenze	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di potenza D (W/m ²)
0.1 MHz ÷ 3 MHz	6	0.016	
3 MHz ÷ 300 GHz	6	0.016	0.10

Tabella IV-6 -. Obiettivi di qualità Decreto n.199 del 29.8.2003

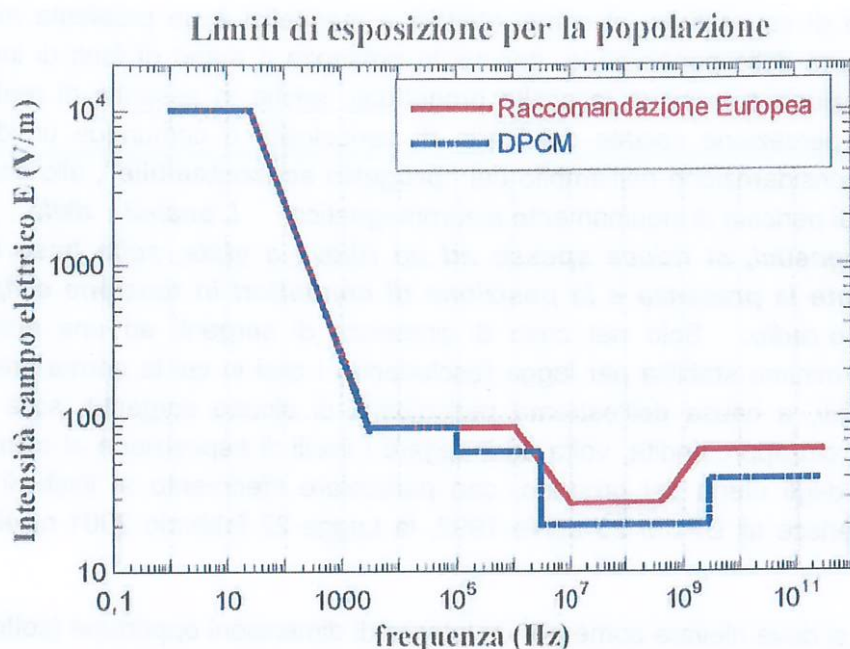


Grafico IV-5 : Confronto tra i limiti di esposizione per l'intensità di campo elettrico stabiliti dalla normativa italiana e i livelli di riferimento fissati dal Consiglio dell'Unione Europea.

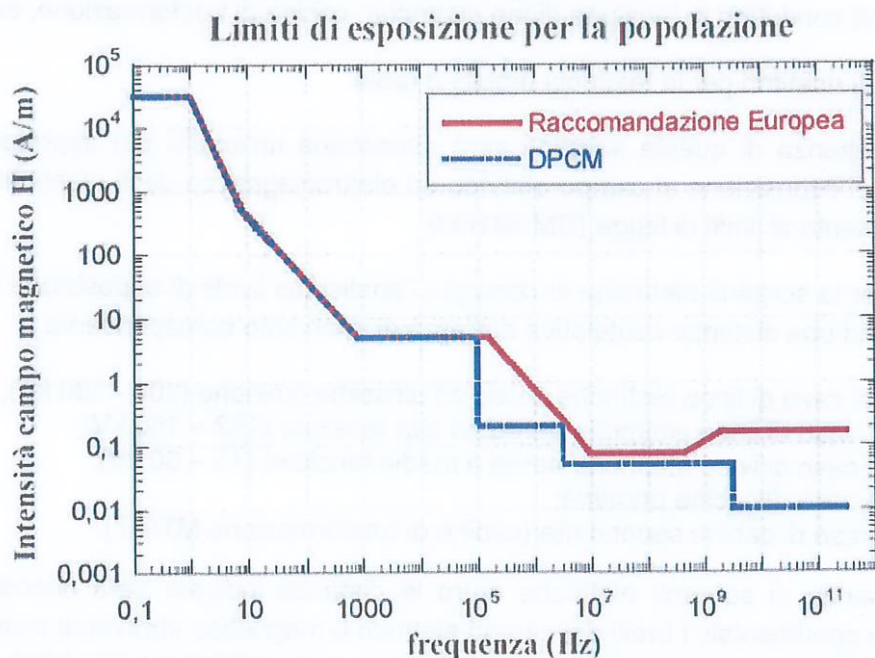


Grafico IV-6 : Confronto tra i limiti di esposizione per l'intensità di campo magnetico stabiliti dalla normativa italiana e i livelli di riferimento fissati dal Consiglio dell'Unione Europea.

Per quanto concerne i “valori di attenzione” sono stabiliti per la protezione da possibili effetti a lungo termine dovuti ai campi alle frequenze in oggetto del Decreto, per esposizioni di durata non inferiore alle quattro ore in ambienti abitativi interni e loro pertinenze esterne (balconi, terrazze ecc.). Sono ottenuti mediando su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su un qualsiasi intervallo di 6 minuti.

Da notare, infine che per gli obiettivi di qualità si parla di valori di campo calcolato o misurato nelle aree intensamente frequentate. Anche questi valori sono ottenuti mediando su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su un qualsiasi intervallo di 6 minuti.

“Inquinamento Elettromagnetico”(da Protocollo Itaca Marche)

Il pericolo di esposizione ai campi elettrici e magnetici è un problema molto sentito in questi anni da parte della popolazione, per cui la presenza o meno di fonti di inquinamento di questo tipo condiziona comunque le scelte progettuali, anche in assenza di reali rischi per la salute.

La percezione sociale del livello di pericolosità è comunque un dato che deve essere preso in considerazione nell'ambito del **“progetto ecosostenibile”**, allo stesso modo dei veri e propri casi di pericolo di inquinamento elettromagnetico. ***L'analisi della presenza di campi elettromagnetici, si riduce spesso ad un rilievo a vista, sulla base di cartografia specifica indicante la presenza e la posizione di conduttori in tensione e ripetitori per la telefonia mobile o radio.*** Solo nel caso di presenza di sorgenti ad una distanza dal sito inferiore a quella minima stabilita per legge (escludendo i casi in cui la norma prevede distanze minime inderogabili, a causa dell'estrema pericolosità di alcune sorgenti), sarà necessaria in seguito un'analisi più approfondita, volta ad indagare i livelli di esposizione al campo elettrico ed elettromagnetico degli utenti del progetto, con particolare riferimento ai limiti di legge (a tale proposito ci si riferisce all DPCM 23 aprile 1992, la Legge 22 febbraio 2001 n. 46 e il DPCM 9 luglio 2003).

Più in particolare si deve rilevare come per un intorno di dimensioni opportune (sotto specificate) è necessario analizzare:

- se sono presenti conduttori in tensione (linee elettriche, cabine di trasformazione, ecc);
- se sono presenti ripetitori per la telefonia mobile o radio.

Nel caso di presenza di queste sorgenti sarà necessaria un'analisi più approfondita volta ad indagare i livelli di esposizione al campo elettrico ed elettromagnetico degli utenti del progetto con particolare riferimento ai limiti di legge (DM 381/98).

In particolare, per le sorgenti elettriche si consiglia l'analisi dei livelli di esposizione in presenza di conduttori posti ad una distanza cautelativa dall'area di intervento corrispondente a:

- 100 m. nel caso di linee elettriche aeree ad altissima tensione (200 - 380 kV);
- 70 m. nel caso di linee elettriche aeree ad alta tensione (132 – 150 kV);
- 10 m. nel caso di linee elettriche aeree a media tensione (15 – 30 kV);
- 10 m. nel caso di cabine primarie;
- 5 m. nel caso di cabine secondarie (cabine di trasformazione MT/BT).

In caso di presenza di sorgenti elettriche entro le distanze indicate sarà necessario valutare, attraverso prove sperimentali, i livelli del campo elettrico e magnetico attraverso misure in continuo in un periodo di 24 ore secondo quanto previsto dall'art. 5 del DPCM 9 luglio 2003 (Pubbl. GU 29 agosto 2003, n. 200).

Vista la facilità con cui il campo elettrico è schermato dall'involucro edilizio, sarà possibile limitare le misure alle aree ove è prevista una permanenza prolungata di persone all'esterno (giardini, cortili, terrazzi). Nel caso di antenne per la telefonia mobile, dovranno essere presi in considerazione gli impianti ricadenti entro un raggio di 200 m. dall'area oggetto di intervento. I rilievi di campo elettromagnetico andranno effettuati, secondo quanto previsto dal DM 381/98, per un arco di tempo significativo (almeno 24 ore) o in corrispondenza del periodo di maggior traffico telefonico.

Realtà territoriali:

In genere la presenza di una realtà territoriale, talvolta anche di origine antropica, che generi disturbo suggerisce al progettista l'adozione di idonee soluzioni. Appare pertanto necessario un attento esame della "zona di riferimento" raccogliendo informazioni dagli Enti preposti alla tutela del territorio. Ci si pone in pratica il problema di valutare se nell'intorno del sito interessato dalla realtà edilizia di progetto sussistano delle fonti di sostanze inquinanti le quali, purtroppo, sono talvolta presenti sul territorio. Tale necessità emerge dalla considerazione che soprattutto per la progettazione che si definisce eco-compatibile è necessario tener conto dello stato qualitativo delle risorse disponibili.

Tecniche di riduzione del campo magnetico generato da elettrodotti

Sulla base di quanto sino ad ora descritto, si ha che alle basse frequenze (50 Hz) non esiste correlazione tra il campo elettrico ed il campo magnetico: il primo dipende dalla tensione elettrica impressa agli impianti, il secondo è legato alle correnti circolanti negli impianti stessi. E' lecito, pertanto, trattare i campi separatamente, come generati da sorgenti praticamente distinte. Per quanto riguarda il campo elettrico, se si considera ad esempio una semplice terna a 380 kV (Altissima Tensione), l'andamento tipico decresce allontanandosi dall'asse della linea, con valore massimo che non supera gli 8 kV/m. Spostandosi a distanza pari alla fascia di rispetto (28 m nel caso della terna in esame), il valore del campo scende al di sotto di 3 kV/m quindi ben al di sotto del limite di 6 kV/m stabiliti dalla normativa. Inoltre, il corpo umano è in grado di schermare il campo elettrico. Infatti, considerando ad esempio un valore massimo di 10 kV/m, la densità di energia totale prodotta nel corpo di un uomo è di circa: $4,42 \cdot 10^{-4}$ J/m³ pari ad una densità di potenza nel corpo di circa 10 μ W/m³ che è molto più piccola del calore prodotto dal metabolismo basale, quindi il riscaldamento provocato è del tutto trascurabile. A tutto ciò è da aggiungere che alla frequenza industriale in esame (50Hz) il campo elettrico è facilmente schermabile attraverso strutture conduttrici. Differente è il discorso per il campo magnetico. Intanto il corpo umano non scherma come nel caso di campo elettrico. Per tutti questi motivi non si prendono generalmente in esame tecniche di mitigazione per il campo elettrico (in quanto non risultano problematiche critiche), ma si intende invece esaminare **le tecniche che consentono una riduzione del "campo magnetico"**. I valori di campo magnetico emesso, dipendono direttamente ed in modo prevalente dalla corrente di esercizio; poiché su tale grandezza non è possibile intervenire, diminuendone l'intensità, è necessario agire sulle distanze relative ai conduttori, o sulla creazione di campi uguali di intensità ma di verso opposto, oppure sull'utilizzo di materiali ferromagnetici capaci di deviare il flusso del campo magnetico.

Trascurando i principali metodi sviluppati che riguardano la "configurazione geometrica" (cioè la disposizione dei conduttori) delle linee aeree (con conduttori nudi o in cavo) e "la forma dei sostegni" in quanto non interessanti in relazione al presente progetto, ci si sofferma sulle indagini condotte in relazione alle **"modalità di installazione dei cavi interrati"**, allo scopo di ridurre l'intensità del campo magnetico rilevabile in superficie. In questo contesto, nelle diverse configurazioni di schermi di materiale conduttore e ferromagnetico relativamente ai soli cavi interrati, si può affermare che l'efficienza di schermatura è maggiore nel caso di schermi conduttori nei punti vicini all'asse ed è invece maggiore nel caso di schermi in alluminio quando ci si allontana da esso. Per configurazioni trifasi, la realizzazione di uno schermo collettivo per un cavo tripolare risulta molto vantaggioso l'utilizzo di materiali magnetici. Infatti, per le piccole distanze schermo-sorgente solitamente in gioco, l'impedenza d'onda del campo magnetico prodotto dalla sorgente risulta comparabile con l'impedenza intrinseca dello schermo quando questo è realizzato con materiali buoni conduttori (alluminio o rame).

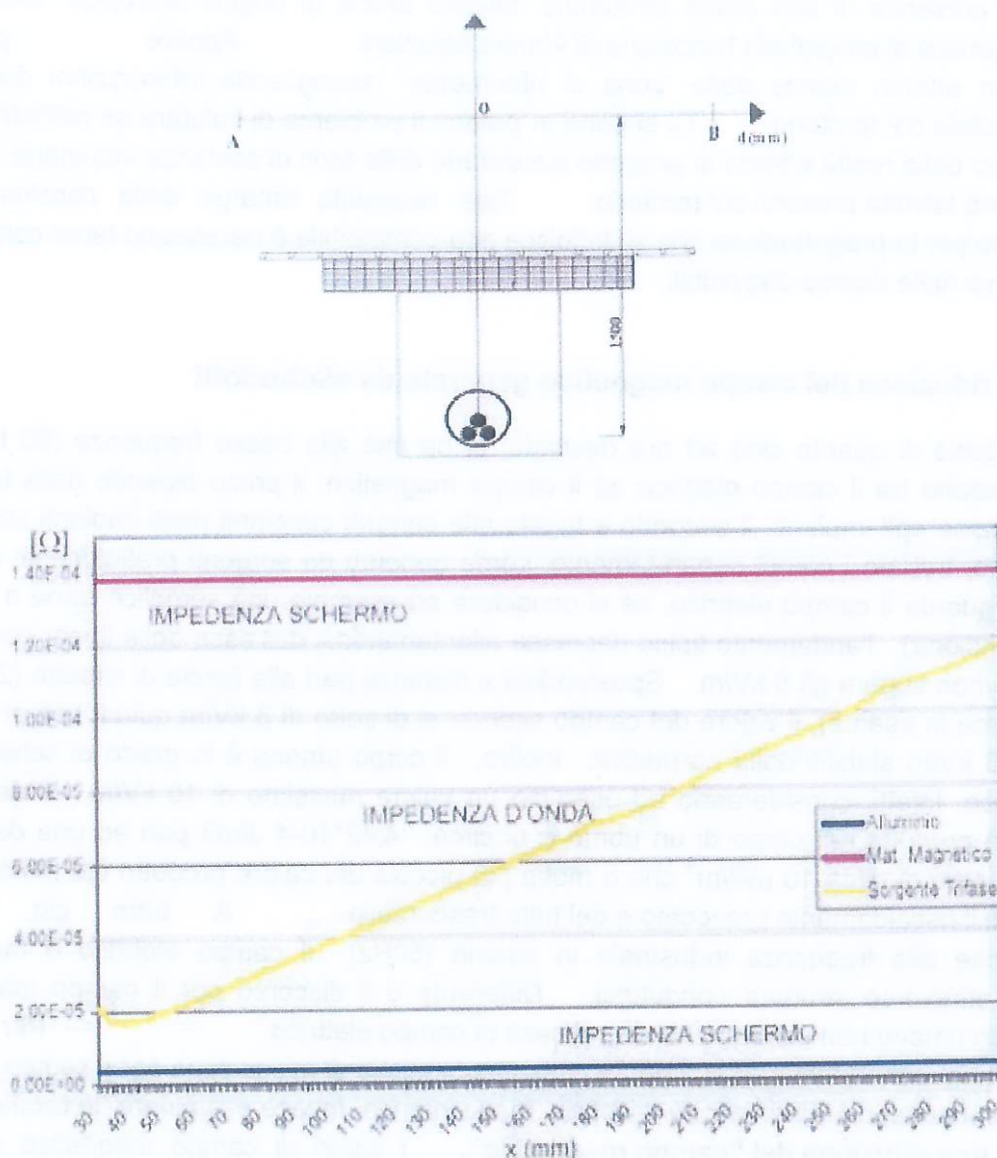


Figura V-19 : Confronto tra le impedenze d'onda di schermi chiusi costituiti da materiali conduttori e magnetici.

In generale l'impiego di cavi interrati consente di mitigare l'emissione del campo magnetico, grazie alla riduzione delle reciproche distanze tra i conduttori di fase rispetto alla configurazione in linea aerea. **La soluzione in cavo interrato viene principalmente impiegata nei centri urbani, per le linee di bassa (BT) e media tensione (MT) .**

Va detto che per quanto riguarda invece le linee di distribuzione e trasmissione ad alta tensione (AT - da 132/150 kV fino a 380 kV), l'impiego dei cavi è prevalentemente limitato a brevi collegamenti e per penetrazione in grandi centri urbani ed in questo caso l'interramento delle linee elettriche costituisce, tuttavia, una tecnica di risanamento che solo parzialmente risolve il problema dell'emissione di campo magnetico.

Una sensibile riduzione del valore massimo del campo magnetico prodotto dalle linee in cavo si può ottenere con una riduzione della distanza tra i cavi in posizione orizzontale o "disponendo i cavi a trifoglio." La disposizione dei cavi a trifoglio, con la usuale connessione degli schermi in "cross bonding", consente di ottenere buoni risultati (riduzione del campo magnetico di circa il

70%), ma la portata della linea può subire consistenti diminuzioni (4_12%) rispetto alla posa con cavi in piano. La connessione delle guaine in “solid bonding” unitamente alla posa a trifoglio risulta leggermente più efficace (4_6% di ulteriore riduzione del campo rispetto alla posa a trifoglio), mentre si riduce la portata della linea (6_20% in meno rispetto alla posa in piano).

Studi effettuati sull'argomento hanno consentito di evidenziare le “prestazioni schermanti di differenti configurazioni per la riduzione dell'inquinamento magnetico ambientale a frequenza industriale (50Hz) prodotto da linee in cavo interrato.

Assumendo come obiettivo dell'analisi il soddisfacimento dell'obiettivo di qualità di $3\mu T$, le configurazioni schermanti nelle diverse modalità di posa sono messe a comparazione nella tabella seguente:

		PREGI			DIFETTI			
		Limitazione campo B	Diminuzione costi scavi	Semplicità di posa	Diminuzione portata	Difficoltà d'accesso	Corrosione	Saturazione
Posa	Cavi trifoglio a	☺	☺		☹			
	Cavi in posa piana	☹		☺				
Materiale	Alluminio	☺					☹	
	Ferro	☺					☹	☺
	Skudotech®	☺					☺	☹
Tipo di schermo	lastra sopra			☺		☺		
	lastra sotto			☺		☺		
	Schermo rettangolare	☺				☺		
	Schermo calotta a	☺				☺		
Schermo chiuso	tubo di Fe360B	☺	☺	☹	☺	☹	☹	
	tubo di Alluminio	☺	☺	☹	☺	☹	☹	
	tubo di Alluminio + Skudotech®	☺	☺	☹	☺	☹	☺	☹

☺ Buono ☹ Discreto ☹ Insufficiente

Tabella V-4 : Comparazione dei pregi/difetti derivanti dall'uso delle configurazioni schermanti analizzate.

Cavi di Media Tensione Monopolari/Tripolari :

I criteri di progetto dei nuovi cavi di alta tensione (AT), sono stati utilizzati per definire anche i parametri elettrici e geometrici del cavo di media tensione (MT) . Il cavo di MT (12/20 kV) a “debole emissione di campo magnetico” ha una sezione trasversale del tipo seguente:

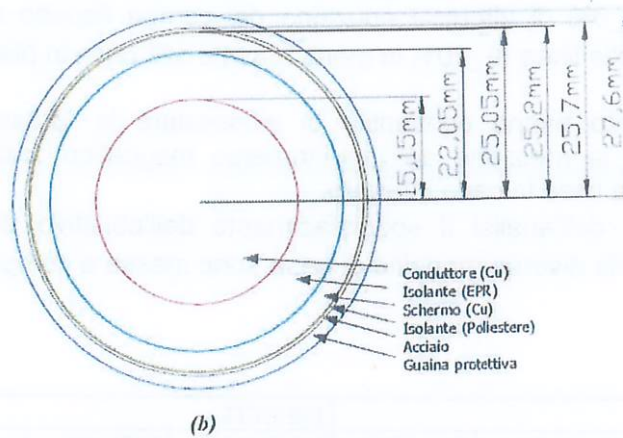


Figura V-48 : Schema del cavo MT a debole campo magnetico: (a) guaina in Alloy-49, (b) guaina in acciaio.

	σ [S/m]	ϵ_r	μ_r
Alluminio	$2,8 \cdot 10^7$	1	1
Rame	$5,8 \cdot 10^7$	1	1
EPR	$2 \cdot 10^{-8}$	2,5	1
Poliestere	10^{-8}	2,5	1
PVC	10^{-7}	3,5	1

Tabella V-7 : Parametri elettromagnetici cavo MT

In un cavo di MT "tripolare a debole emissione", lo schermo di rame non è necessario ai fini dell'abbattimento del campo magnetico. Infatti, la schermatura di una "terna di cavi unipolari" è concettualmente diversa da quella di un cavo tripolare: mentre nel primo caso si adotta una schermatura per correnti parassite (creando un campo magnetico opposto a quello generato dalla corrente di fase), nel secondo caso la schermatura è dovuta a fenomeni di riflessione e rifrazione sullo schermo magnetico che attenuano il campo che esce all'esterno dello stesso schermo.

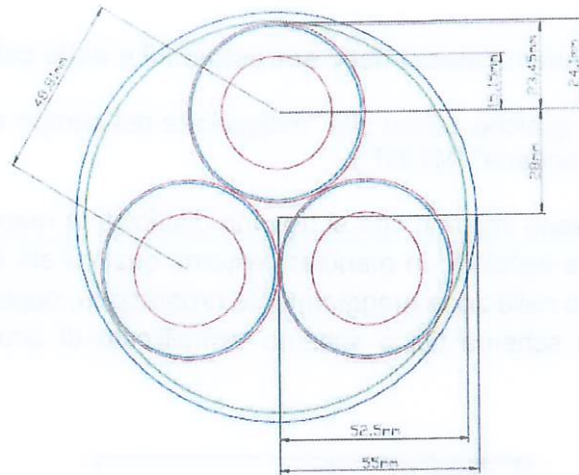


Figura V-51 : Cavo tripolare commerciale.

	σ [S/m]	ϵ_r	μ_r
Rame	$5.8 \cdot 10^7$	1	1
EPR	$2 \cdot 10^{-3}$	2.5	1
PVC	10^{-7}	3.5	1
Poliestere	10^{-3}	2.5	1

Tabella V-12 : Parametri elettromagnetici cavo tripolare commerciale

In figura V-53 vengono riportati a confronto i valori dell'induzione massima sul terreno, per correnti pari a 582 A (limite termico) e a distanza di 1 m dall'asse dei cavi, relativa alla linea commerciale e alla "green line" con schermi in Alloy-49 e acciaio. Come per il caso del cavo monopolare, le prestazioni schermanti migliori sono dell'Alloy 49, ma anche l'acciaio presenta un notevole abbattimento del campo magnetico.

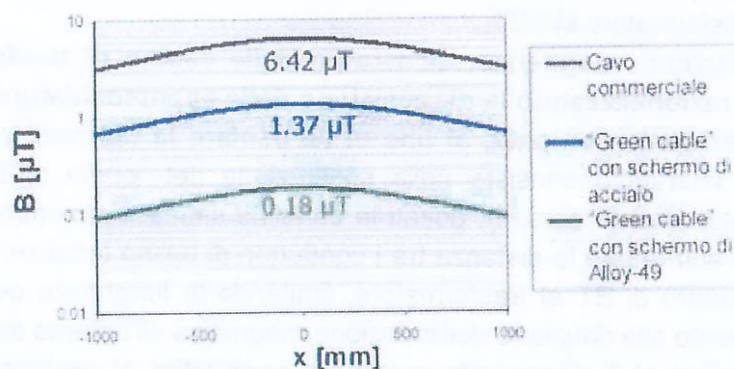


Figura V-53 : Confronto dell'induzione magnetica B

Le perdite di potenza di un cavo tripolare si possono assimilare alle perdite di tre cavi unipolari commerciali in posa a trifoglio. La portata a limite termico è molto simile (577 A nel caso di tre cavi unipolari a trifoglio, 582 A nel caso di cavo tripolare).

Mitigazione dei campi magnetici emessi dalle sottostazioni e delle cabine di trasformazione:

Nel seguito facciamo anche qualche cenno alla “mitigazione del campo magnetico prodotto dalle cabine di trasformazione secondarie” (MT/BT).

In genere le cabine MT/BT sono impianti che si trovano distribuiti in maniera pressoché uniforme sul territorio. Possono essere installate in manufatti esterni, qualora sia difficile reperire aree utili all'interno di fabbricati, ovvero nelle zone maggiormente urbanizzate, oppure in locali interrati.

La Figura V-56 mostra uno schema tipico schema semplificato di una cabina di distribuzione MT/BT.

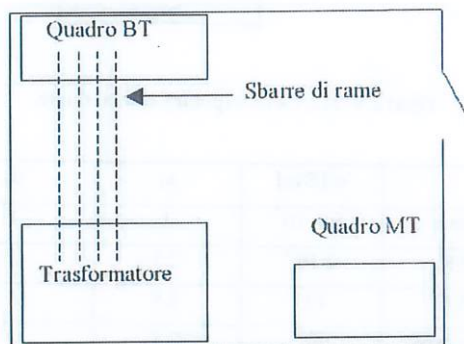


Figura V-56 : Schema di una cabina secondaria MT/BT [10].

Nella maggior parte delle cabine elettriche, il trasformatore è con isolamento in olio. Nelle installazioni più recenti, il quadro di MT è in SF6, nelle meno recenti in aria. La costruzione del quadro di BT è molto varia: si hanno, infatti, quadri con componenti assemblati in loco e quadri prefabbricati del tipo protetto. I collegamenti trasformatore-quadro BT, nelle realizzazioni più datate, sono realizzati con sbarre di rame nudo.

La principale sorgente di campo magnetico è costituita dai circuiti di bassa tensione (quadri e conduttori), poiché sono percorsi dalle correnti più intense; si deve inoltre considerare il contributo al campo fornito dal trasformatore MT/BT.

La riduzione dell'induzione magnetica, all'esterno delle cabine di trasformazione MT/BT, può essere ottenuta razionalizzando la disposizione delle apparecchiature e con l'utilizzo di componenti particolarmente compatti, al fine di aumentare le distanze con le pareti e/o il solaio. Un possibile intervento consiste nella sostituzione del “ponte di BT” con conduttori (eventualmente opportunamente cordati), posati in canaline situate nel centro della cabina. Tale intervento permette di aumentare la distanza tra i conduttori di bassa tensione e l'esterno. Inoltre, l'avvicinamento del quadro di BT al trasformatore, limitando la lunghezza dei conduttori di BT, contribuisce positivamente alla riduzione dell'induzione magnetica all'esterno della cabina.

Nelle nuove installazioni si è dimostrata maggiore sensibilità al problema della riduzione dell'inquinamento elettromagnetico ambientale: la realizzazione di conduttori isolati e l'utilizzo di componenti di nuova generazione (dai trasformatori, ai quadri, agli interruttori) ha permesso di ridurre il campo magnetico generato. Si rivela, inoltre, la generale tendenza a costruire cabine MT/BT molto compatte. Come già osservato, nei casi in cui quadri e trasformatori sono di dimensioni limitate, è più facile che vi sia una maggiore distanza tra le apparecchiature elettriche produttrici di campi elettromagnetici e l'esterno.

I cavi vengono posati in apposite canaline, poste nel pavimento della cabina: questa disposizione, quando risulta necessario, permette un'agevole realizzazione di una schermatura locale. La “schermatura di cabine elettriche” si propone di attenuare il campo magnetico che attraverso il

soffitto delle stesse cabine penetra negli ambienti soprastanti; questo problema è critico per le cabine al di sotto gli edifici per uso abitativo.

Approfonditi studi sulle cabine MT/BT hanno evidenziato che:

- Le principali sorgenti di campo magnetico sono i conduttori di BT nel tratto trasformatore-quadro BT (tratto dove è maggiore la corrente). Si osservi a tal riguardo che l'effetto schermante del campo magnetico prodotto dal cassone del "trasformatore" rende tale sorgente non rilevante.
- differenti spessori e materiali costituenti gli "schermi da installare sul soffitto delle cabine (MT/BT) medesime producono attenuazioni differenti dell'induzione magnetica oltre la soffittatura della cabina medesima. Precisamente:

La schermatura tramite un pannello di alluminio dello spessore di 3 mm collocato sul soffitto della cabina produce una notevole attenuazione dell'induzione magnetica che si riduce di circa dieci volte. Tale massimo non si ha in corrispondenza dell'asse delle sbarre di BT ma in prossimità del bordo dello schermo. L'incremento dello spessore dello schermo in alluminio da 3 mm a 5 mm non produce un aumento significativo dell'efficienza di schermatura. L'utilizzo di uno schermo costituito da materiale conduttore (3 mm di alluminio) e materiale ferromagnetico ad alta permeabilità (0,3 mm di Skudotech) fornisce un'attenuazione dell'induzione magnetica inferiore rispetto alla schermatura con solo materiale conduttore. La schermatura tramite un pannello in materiale ferromagnetico, dello spessore di 3mm e con permeabilità magnetica relativa pari a 1000, collocato sul soffitto della cabina, produce una modesta attenuazione dell'induzione magnetica. Il notevole aumento della permeabilità magnetica dello schermo non produce effetti significativi sull'efficienza di schermatura; il valore massimo dell'induzione magnetica si riduce di circa quattro volte, rispetto alla configurazione in cui è assente la schermatura. **Un'elevata attenuazione dell'induzione magnetica si ottiene dunque installando uno schermo di materiale metallico buon conduttore sul soffitto della cabina;** tale semplice soluzione che comporta costi modesti evita la schermatura completa della cabina stessa. Spesso, però, la semplice installazione di schermi, o lo smantellamento del ponte sbarre, non risolve in maniera esaustiva il problema. Tali costi potrebbero lievitare nel caso in cui sia necessario sostituire tutte le apparecchiature, ovvero procedere allo spostamento dell'impianto in altro sito.

In definitiva, i calcoli effettuati dimostrano che per ottenere valori dell'induzione magnetica inferiori a $10 \mu T$ all'esterno è sufficiente prevedere specifiche configurazioni schermanti da installare sul quadro di BT: ciò evita di ricorrere all'installazione di schermi in corrispondenza delle pareti della cabina.

Si dovrebbe, infine, ridurre l'induzione prodotta dai conduttori di BT ottimizzando la disposizione dei cavi, ed evitando così di utilizzare schermi chiusi, causa di indesiderati aumenti di temperatura.

NUOVA CABINA DI TRASFORMAZIONE MT-BT (ENEL): “Relazione di calcolo DPA”

Premessa:

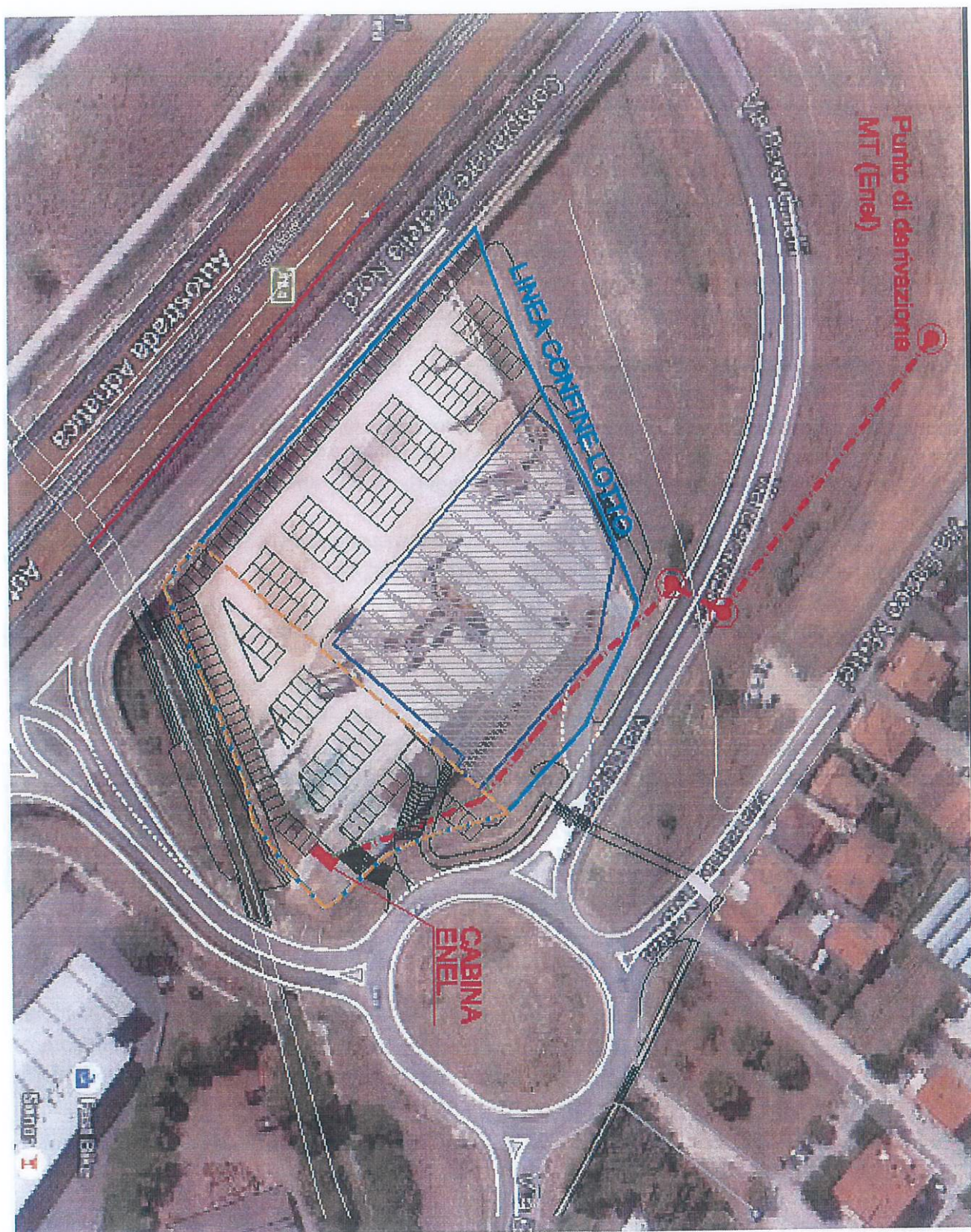
Nel caso del presente progetto di riqualificazione urbana, con riferimento a quanto finora anticipato in relazione al contenimento dell'inquinamento elettromagnetico per l'area in riferimento (Centrale di betonaggio Calcestruzzi srl), vista la destinazione d'uso finale dell'area (Centro Commerciale), tenuto conto dell'assenza di sorgenti ad alta frequenza (antenne e stazioni radio di apparati di telecomunicazione), le uniche sorgenti emissive sono di individuabili nella linea MT e nella cabina MT/BT (ENEL) in progetto per i servizi energetici elettrici dell'area in questione.

Realtà territoriale specifica: “Centrale betonaggio Via Cellini - Senigallia(AN)”

L'opera interessa parte del territorio del Comune di Senigallia, in Via Cellini (denominata Ex. area Calcestruzzi), nella Provincia di Ancona (AN), precisamente le aree di pertinenza di strade pubbliche comunali, e alcune aree contigue, anch'esse di proprietà comunale, scelte per il passaggio della tratta aerea e per l'ubicazione delle cabine di trasformazione MT-BT.

Caratteristiche: elettrodotto e cabina MT/BT in progetto:

Come già anticipato, l'intervento in progetto oggetto della presente relazione, riguarda la realizzazione di un **nuovo tratto di linea elettrica in cavo MT in posa interrata**, e di una **cabina di trasformazione MT-BT** a servizio del nuovo impianto di rete. Il tratto della nuova linea di alimentazione in media tensione in progetto, risulta derivata da un esistente elettrodotto di MT(20KV) di tipo aereo (il cui più vicino sostegno a palo dista circa 100 ml dall'area oggetto della trasformazione urbanistica). Al fine di mitigare l'effetto dei campi elettromagnetici per gli Utenti dell'area commerciale, il nuovo tratto di linea di MT si svilupperà completamente con “posa interrata” (alla profondità non inferiore a 100cm dal p.c.), e farà capo ad una cabina di MT/BT (ENEL DG2092 Rev.2 del 01/07/2011) ubicata nel parcheggio a distanza (non inferiore a circa 35 ml), dal Centro Commerciale in progetto. Dalla cabina ENEL in progetto si deriveranno: la linea MT destinata ai servizi elettrici della struttura che le eventuali linee BT destinate a servizi diversi da quelli del centro.



Area in progetto con evidenziato nuovo elettrodotto (interrato) e cabina MT/BT

0. Oggetto e scopo:

Lo scopo della presente relazione è quello di effettuare la valutazione previsionale dei livelli del campo elettrico e dell'induzione magnetica, generati dalle linee MT di II classe (<30kV) inerenti l'impianto in oggetto e dalla cabina di trasformazione MT/BT. Verranno utilizzati i dati tecnici di progetto per la verifica previsionale delle distanze di prima approssimazione (DPA) e di rispetto dei limiti normativi ai fini della protezione della popolazione, per effetto dell'esposizione ai campi elettromagnetici in bassa frequenza (50Hz).

Conferme del raggiungimento dei risultati potranno essere verificati successivamente da misure strumentali ad opera realizzata (post-operam).

1. Normativa e prescrizioni di riferimento:

- CEI 211-6. Prima edizione 2001 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- CEI 211-4. Seconda edizione 2008 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- CEI 106-11. Seconda edizione 2006 "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";
- Legge n° 36 del 22 febbraio 2001, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- D.P.C.M. del 08 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";
- Decreto 29 maggio 2008 Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
"Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

2. Fasce di rispetto e calcolo Distanze di prima approssimazione (Dpa)

A. Definizioni

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. Come prescritto dall'articolo 4, comma 1 lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

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 MT/BT è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

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, e fissato l'obiettivo di qualità di $3 \mu T$ per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.*

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 $10 \mu T$, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.*

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.*

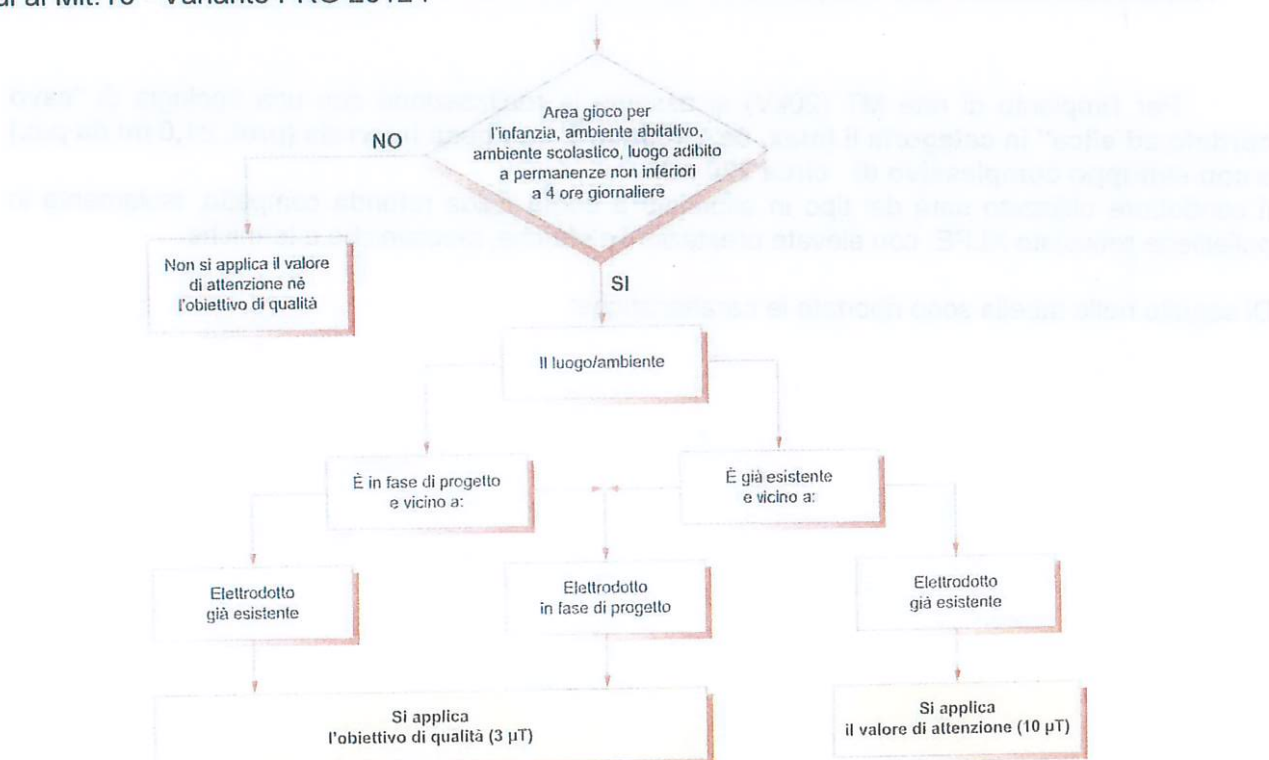
B. Valutazione all'esposizione al campo magnetico e valutazione delle distanze di prima approssimazione (DPA) da elettrodotti e cabine elettriche

Il DPCM dell'8 luglio 2003 stabilisce diversi criteri di valutazione dei campi elettromagnetici in prossimità di linee elettriche ad alta tensione e fissa i limiti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz.

Il DPCM si applica sia all'esercizio degli elettrodotti (art.5) che sulla regolamentazione delle nuove installazioni e/o nuovi insediamenti presso elettrodotti esistenti.

Il primo caso riguarda l'organo di vigilanza e non è oggetto della presente valutazione.

Il secondo caso è invece di interesse in quanto si attua mediante lo "strumento di pianificazione territoriale" con l'individuazione di "fasce di rispetto" per il raggiungimento degli obiettivi di qualità di cui al Mit.10 - Variante PRG 2012 .



3. Calcolo fasce di rispetto per la linea elettrica MT :

Metodologia: Nel caso delle linee elettriche aeree e interrate, lo spazio costituito da tutti i punti caratterizzati da valori di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ($3\mu T$) definisce attorno ai conduttori un volume. La superficie di questo volume delimita la "fascia di rispetto" pertinente ad una o più linee elettriche aeree e non.

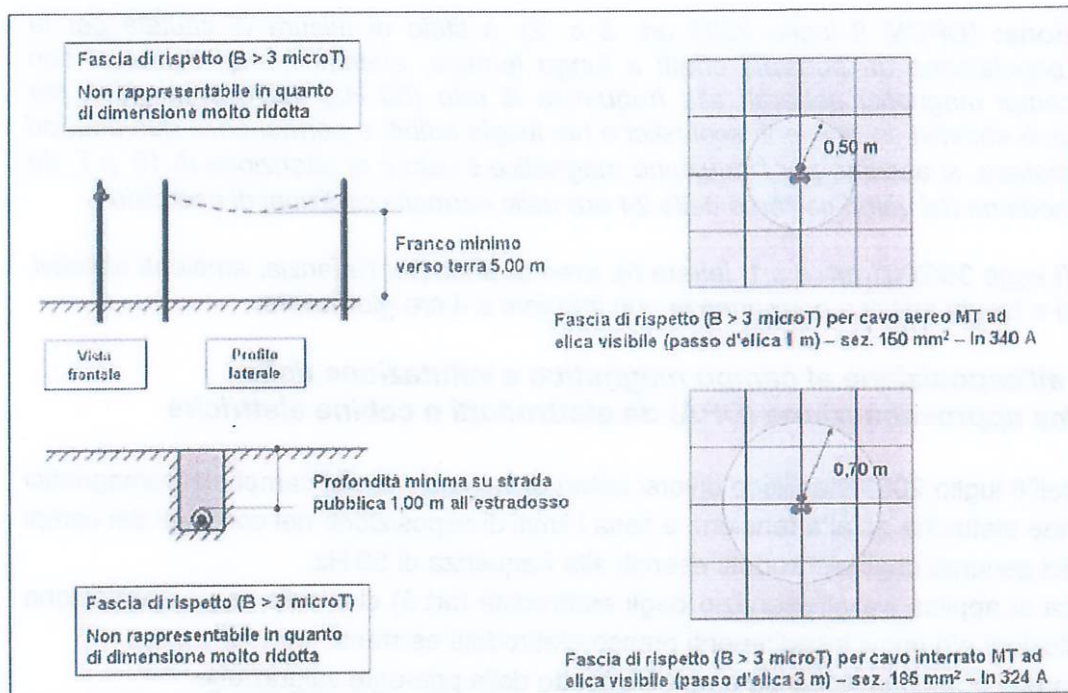


Figura 1: Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale "Elico" della piattaforma "EMF Tools", che tiene conto del passo d'elica.

Per l'impianto di rete MT (20kV) si assume la realizzazione con una tipologia di "cavo cordato ad elica" in categoria II (max. sez. 185mm²), con posa interrata (prof. $\geq 1,0$ ml da p.c.) e con sviluppo complessivo di circa 220 ml.

Il conduttore utilizzato sarà del tipo in alluminio a corda rigida rotonda compatta, isolamento in polietilene reticolato XLPE, con elevate prestazioni elettriche, meccaniche e termiche.

Di seguito nella tabella sono riportate le caratteristiche:

Lunghezza linea	4700	m [circa]
Tipologia linea	interrata	
Profondità di posa tipica	≥ 0.60 – 1.00 m + nastro + prot. mecc.	
Tensione nominale	12/20	kV
Tensione di esercizio MT	15	kV
Sezione nominale anima	185	mm ²
Numero anime	3	
Rivestimento protettivo	guaina PE di colore rosso RAL 3000	
Fumo	Bassa emissione di fumi opachi e di gas tossici e corrosivi	
Portata di corrente, cavi interrati a 293 K (20°C), posa interrata	360	A
Diametro esterno max	78	mm
Diametro del conduttore	15,8	mm
Diametro max sull'isolante	27,2	mm
Resistenza del conduttore a 20°	0,164	Ω/km
Peso	3550	Kg/km
Sezione nominale schermo	30	mm ²
Schermo	Alluminio	

Secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 (paragrafo 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 DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i. . 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.

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.

In base a quanto finora esposto, la linea MT(20kV) interrata in progetto, che sarà realizzata in cavo cordato ad elica visibile, e la parte di linea BT, non è soggetta al calcolo delle DPA ai sensi del richiamato Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (paragrafo 3.2).

4. Calcolo fasce di rispetto per la cabina MT/BT.

Metodologia: Analogamente a quanto affermato per le linee elettriche , anche nel caso delle cabine elettriche di trasformazione lo spazio definito da tutti i punti caratterizzati da valori di

induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ($3\mu T$), definisce attorno alla cabina un volume. La superficie di questo volume definisce la "fascia di rispetto", cioè comprendono al loro interno tutti i punti con valore di induzione maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Anche in questo caso è possibile eseguire un approccio approssimato basato sulle "distanze di prima approssimazione (DPA).

A. Calcolo D_{pa}

Nel caso di Cabine elettriche Secondarie MT/BT di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, come quella prevista in progetto, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x), ai sensi del paragrafo 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008).

La fascia di rispetto deve essere calcolata applicando la seguente equazione della curva semplificata:

$$D_{pa} = 0,40942 \cdot \sqrt{I} \cdot x^{0,5241} [m]$$

dove:

D_{pa} = distanza di prima approssimazione (m)

I = corrente nominale secondaria del trasformatore (A)

X = diametro dei cavi in uscita dal trasformatore (m)

La D_{pa} va arrotondata al mezzo metro superiore.

Nella tabella seguente sono riportate le distanze di prima approssimazione in base alla taglia del trasformatore, che, come previsto dalla specifica Enel DG 2061, non deve avere potenza inferiore a 250kVA:

Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	Corrente (A)	D_{pa} (m)
da 0.020 a 0.027	250	361	1,5
	400	578	1,5
	630	909	2,0

Nella tabella successiva si riportano a titolo di esempio le distanze di prima approssimazione (Dpa) per fasce a 3 μ T calcolate in alcuni casi reali.

Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	Corrente (A)	Dpa (m)
0.010	250	361	1
	400	578	1
	630	909	1.5
0.012	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.014	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.018	250	0.947	1.5
	400	1.199	1.5
	630	1.503	2
0.022	250	361	1.5
	400	578	1.5
	630	909	2
0.027	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5
0.035	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5

Nel seguito si riporta l'Allegato B"- ENEL – “DPA per linee MT e Cabine secondarie”:



DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/TUN

ALLEGATO B

“DPA per Linee MT e Cabine Secondarie”

Le DPA sono state simulate ed elaborate con il software EMF Tools v.3.0 del CESI, la cui modellizzazione delle sorgenti è bidimensionale e fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla normativa applicabile.



DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/TUN

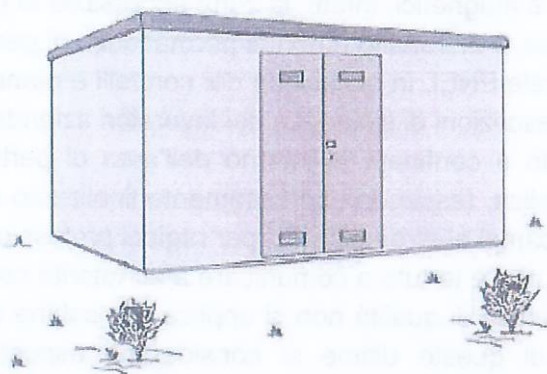
Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente (A)	DPA (m)	Rif.to
Semplice terna Capolinea in amarro <u>Scheda B6</u>	Rame 3 x 25 mm ²		140	5	B6a
	Alluminio 3 x 30 mm ²		100	4	B6b
	Rame 3 x 35 mm ²		190	6	B6c
	Alluminio 3 x 60 mm ²		210	6	B6d
	All/Acciaio 3 x 150 mm ²		350	7	B6e
Posto di Trasformazione su Palo Alimentazione da linea in conduttori nudi <u>Scheda B7</u>	Conduttori nudi di sezione qualsiasi		Massimo trasformatore installabile: 160 KVA Massima corrente BT: 231 A	< distanze parti attive previste D.M. 449/1988	
Posto di Trasformazione su Palo Alimentazione in cavo ad elica visibile <u>Scheda B8</u>	Cavo ad elica visibile di sezione qualsiasi		Massimo trasformatore installabile: 160 KVA Massima corrente BT: 231 A	< distanze parti attive previste D.M. 449/1988	
Doppia terna con isolatori sospesi non ottimizzata <u>Scheda B9</u>	Rame 6 x 35 mm ²		190	8	B9a
	Alluminio 6 x 60 mm ²		210	9	B9b
	All/Acciaio 6 x 150 mm ²		350	11	B9c
Cabina secondaria di tipo box o similari, alimentata in cavo sotterraneo <u>Scheda B10</u>	Dimensioni mediamente di (4,0 x 2,4) m – altezze di 2,4 e 2,7 m ed unico trasformatore		Trasformatore 250 KVA	1,5	B10a
			Trasformatore 400 KVA	1,5	B10b
			Trasformatore 630 KVA	2	B10c



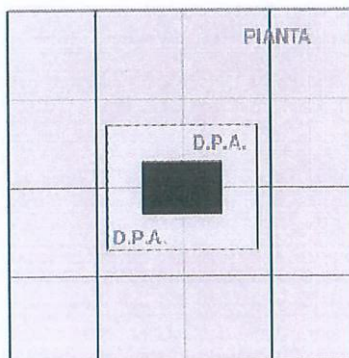
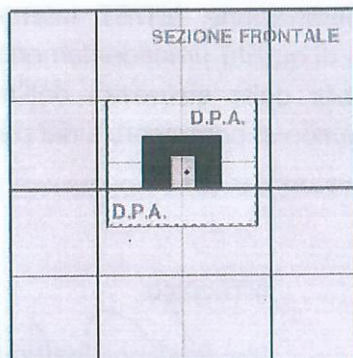
L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/TUN

**B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO –
TENSIONE 15 KV O 20 KV**



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



$< 3 \mu T$

$> 3 \mu T$

DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) fillo 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

Conclusioni:

Nel caso di fattispecie la cabina elettrica avrà un box conforme alla specifica di costruzione ENEL-DG2092/11 ed è **previsto progettualmente unicamente un “entra-esci” dei cavi in MT (20kV)** (in quanto la trasformazione MT/BT verrà effettuata direttamente all'interno del fabbricato servito).

In queste condizioni l'entità del campo di induzione magnetica all'esterno è sicuramente inferiore ai valori con presenza di trasformatore entro la cabina (essendo inferiori le correnti in quanto manca la sezione secondaria del trasformatore).

Se poi si tiene conto che la cabina è ubicata all'interno dell'area destinata a “parcheggio pubblico”, non sussistono attività permanenti nel raggio di 2,0 ml dalla cabina medesima e, quindi pericoli di esposizione ai campi elettrici e magnetici. Infatti, la zona accessibile al pubblico (parcheggio auto), nei pressi della cabina elettrica, è di transito e non di permanenza di persone; la zona stessa potrà essere interessata da personale ENEL in occasione dei controlli e manutenzioni (queste ultime da eseguirsi nel rispetto delle prescrizioni di sicurezza dei lavoratori aziendali).

Infatti, se la fascia di rispetto è confinata all'interno dell'area di pertinenza privata d'utenza, il DPCM 08/07/2003 non si applica, (essendo espressamente finalizzato alla tutela della popolazione e non dei soggetti esposti ai campi elettromagnetici per ragioni professionali). In questi casi l'utente gestore della cabina elettrica non è tenuto a comunicare alle Autorità competenti l'estensione della fascia di rispetto. Infatti, l'obiettivo di qualità non si applica alle cabine elettriche MT/BT all'interno delle Aziende; i lavoratori di queste ultime si considerano esposti ai campi magnetici dei trasformatori per ragioni professionali e per tali motivi non sono soggetti ai limiti previsti dal DPCM 08/07/2003 ma bensì al capo IV del D.lgs 81/08 e smi.

In ogni caso, nella realizzazione delle cabine di trasformazione MT/BT interne all'edificio commerciale in progetto, si dovranno rispettare gli obiettivi di qualità precedentemente citati per il pubblico fruitore e, contemporaneamente, il Responsabile della sicurezza dell'attività dovrà escludere dalle suddette zone, tutte le attività con elevato tempo di permanenza del personale.

Il Tecnico

Ing. Stefano Ubertini

Dott. Ing. Stefano UBERTINI

Ordine degli Ingegneri prov. Ancona n. 2298