

APPLICAZIONE DI METODI AVANZATI PER LA VERIFICA DELLE NORMATIVE DI ESPOSIZIONE AL CAMPO MAGNETICO DEGLI ELETTRODOTTI E LA COSTRUZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO

Daniele Andreuccetti, Francesco Salomone e Nicola Zoppetti

*IFAC-CNR (Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” del Consiglio Nazionale delle Ricerche)
via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI)*

1 PREMESSA

Le leggi italiane prevedono che durante la progettazione di nuovi insediamenti residenziali o produttivi in aree interessate dalla presenza di elettrodotti, si debba tenere in considerazione l'esigenza di tutelare la popolazione dai possibili effetti dei campi elettrici e magnetici dispersi. In particolare, la Legge 22 febbraio 2001 n.36 [1] definisce la *fascia di rispetto* per un elettrodotto come la zona in cui “non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore”. Nella legge 36 viene definito anche l'*obiettivo di qualità* per il campo magnetico generato da elettrodotti come il limite fissato “ai fini della progressiva minimizzazione dei campi medesimi”.

Il DPCM 8 luglio 2003 [2], attuativo della legge 36, fissa il valore dell'obiettivo di qualità, specificando che nella progettazione di nuovi elettrodotti vicini ad area abitate o di nuovi insediamenti vicini ad elettrodotti esistenti “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”. Lo stesso decreto stabilisce che “Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art.4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60” [3].

Il DPCM assegna poi al sistema APAT-ARPA il compito di definire “la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto”. Mentre una tale metodologia non è stata ancora fissata in modo definitivo, in una Circolare del Ministero dell'Ambiente del 15 novembre 2004 [4] si descrive una procedura provvisoria, secondo la quale la porzione di territorio vincolata è rappresentata dal cosiddetto *corridoio*, cioè dalla proiezione a terra del volume a 3 μ T calcolato mediante l'algoritmo descritto nella norma CEI 211-4 [5], utilizzando il valore di corrente determinato in base alla già citata norma CEI 11-60. Infine, all'inizio del 2006, è stata emanata la norma CEI 106-11 [6], in cui si fa riferimento al *corridoio* come ad un “indice conservativo della fascia di rispetto” ed in particolare si suggerisce un approccio a due livelli. Secondo tale approccio, non sono richieste ulteriori verifiche finché si è all'esterno dei *corridoi*, mentre sono necessarie indagini più accurate ed approfondite per valutare le situazioni particolari, come la presenza di fabbricati per civile abitazione o di zone destinate ad espansione urbanistica, che si verificano all'interno degli stessi.

In questo contesto normativo, tutt'altro che definitivo, si presenta un caso studio reale di verifica del rispetto della normativa ed in particolare di determinazione della fascia di rispetto. L'analisi svolta riguarda un nuovo insediamento residenziale situato in prossimità di tre linee a 132 kV e rappresenta un esempio di valutazione concepita su più livelli. Per l'individuazione della fascia di rispetto, si è infatti adottato un percorso articolato in più passi: inizialmente (primo livello) si è determinata, con metodi 2D, la larghezza del cosiddetto *corridoio*. In seguito, si è valutata la distribuzione dell'induzione magnetica nella porzione di territorio di interesse, utilizzando diverse modalità di calcolo e di presentazione dei risultati. In particolare, si è costruita la cosiddetta fascia di rispetto di secondo livello, utilizzando modelli 3D sia per le linee elettriche, sia per il territorio.

2 IL PROGRAMMA DI CALCOLO

Presso l'IFAC-CNR sono stati sviluppati dei programmi di calcolo dei campi dispersi dagli elettrodotti che dispongono delle caratteristiche necessarie a realizzare efficacemente il tipo di valutazione richiesta dalle attuali normative. Tali programmi permettono di riferirsi sia ad un modello dell'elettrodotto a conduttori rettilinei indefiniti, come previsto dalla norma CEI 211-4, sia ad un modello tridimensionale in cui ciascun conduttore è rappresentato con la relativa catenaria.

In particolare, i modelli 3D permettono di:

1. costruire una rappresentazione numerica degli elettrodotti, attingendo automaticamente le informazioni sulla struttura degli stessi da un archivio informatico, oppure lasciando all'utente il compito di inserire manualmente le informazioni qualora si sia interessati a brevi tratti di linea;
2. georiferire ogni linea elettrica su un modello tridimensionale del terreno (DTM);
3. specificare in diversi modi alternativi il luogo dei punti di calcolo, così che sia possibile tanto eseguire valutazioni in singoli punti georiferiti, quanto disegnare curve isocampo di induzione magnetica;
4. esportare i dati in un formato utilizzabile dai più diffusi applicativi GIS.

3 LA MODELLAZIONE DEGLI ELETTRODOTTI

Per poter modellare un elettrodotto in un generico programma di calcolo è necessario conoscerne sia i parametri meccanici sia i parametri elettrici.

I parametri elettrici di rilievo, nel caso si sia interessati alla valutazione della sola induzione magnetica, sono l'ampiezza e la fase della corrente su ciascun conduttore. Poiché l'ampiezza varia nel tempo, è necessario scegliere valori di corrente diversi (mediana giornaliera, valore limite di funzionamento permanente, ecc.) a seconda degli scopi per cui è eseguita la simulazione (verifica del valore di attenzione, determinazione della fascia di rispetto, ecc.).

Per quanto riguarda i parametri meccanici, se si utilizzano modelli bidimensionali a conduttori rettilinei ed indefiniti, è sufficiente conoscere la struttura dei sostegni che fanno capo alle campate a cui si è interessati e l'altezza da terra del conduttore più basso presso ciascuna delle sezioni di calcolo considerate.

Se invece si utilizza un modello tridimensionale, per ogni sostegno è necessario conoscere, oltre alla struttura, anche le coordinate (x,y,z) della base (nel sistema di coordinate scelto) e l'orientamento del piano verticale su cui giacciono i punti di sospensione.

Per ricostruire con esattezza le curve catenarie secondo cui i conduttori si dispongono tra due sostegni, è necessario infine conoscere il cosiddetto parametro di tesatura (detto spesso semplicemente *parametro*), dato dal rapporto tra tiro meccanico a cui il conduttore è sottoposto e il suo peso per unità di lunghezza. Il valore del *parametro* non è costante, ma varia in funzione della temperatura e dell'eventuale sovraccarico (vento e/o manicotto di ghiaccio) sui conduttori. Le normative attuali non indicano quali debbano essere le condizioni di sovraccarico e di temperatura con cui stimare il parametro di tesatura ai fini del calcolo delle fasce di rispetto. Tuttavia, si può fare riferimento alle condizioni indicate nell'ipotesi 3) all'art.2.2.04 del D.I. 21 marzo 1988, n.449 [7]. Tali condizioni infatti, sono usate nell'ambito dello stesso decreto, all'art.2.1.06, per la determinazione delle distanze di rispetto dai conduttori. Il decreto in questione, originariamente orientato alla prevenzione dal rischio di scarica, è stato esteso a coprire i possibili effetti provocati dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici con il successivo D.M.L.P. 16 gennaio 1991 [8].

4 IL CASO ANALIZZATO

Analizzeremo in questo lavoro il caso studio rappresentato da un nuovo insediamento residenziale realizzato in prossimità di una preesistente linea elettrica a 132 kV semplice terna (di seguito denominata "L1") e costituito da 9 edifici allineati quasi parallelamente all'asse longitudinale di una campata della linea stessa (vedi [Figura 1](#) ~~Figura 1~~). Nelle vicinanze sono presenti altre due linee, anch'esse a 132 kV semplice terna, di seguito denominate "L2" e "L3".

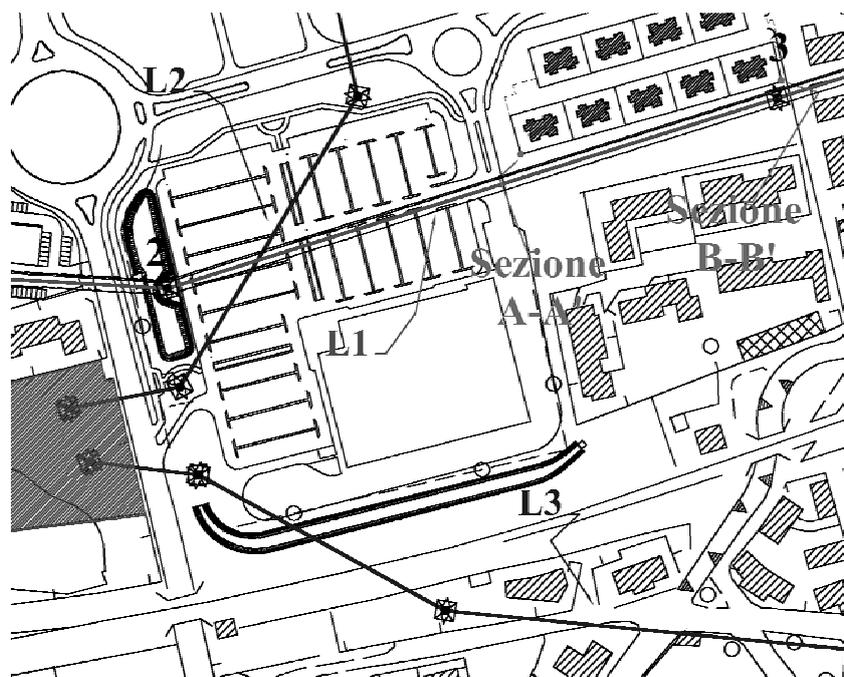


Figura 1: Pianta della zona oggetto di studio.

4.1 La linea L1

Per il calcolo dell'induzione magnetica generata da questo elettrodotto, è stato considerato il tratto di linea comprendente 5 sostegni (di cui il n.3 è quello più vicino ai fabbricati) e 4 campate, due a monte e due a valle della regione di interesse.

La struttura dei sostegni, con l'indicazione delle quote relative ai punti di sospensione, è stata fornita dal gestore; sono state comunque effettuate verifiche in loco.

Le coordinate planimetriche dei sostegni sono state ricavate dalla cartografia di base, integrata con i dati di progetto del nuovo insediamento residenziale. La quota s.l.m. della base dei sostegni è stata ricavata da un modello digitale del terreno, realizzato presso il SIRA dell'ARPAT di Firenze e basato sulla cartografia tecnica regionale in scala 1:10.000. L'orientazione dei sostegni è stata ricavata in modo automatico, supponendo che i punti di sospensione giacciono sul piano verticale che biseca l'angolo formato dalle relative campate.

Il cablaggio è stato eseguito in base a quanto riportato sulle targhette metalliche applicate sui tralicci ed è stato verificato visivamente.

Per quanto riguarda il parametro di tesatura della campata di maggiore interesse (quella compresa tra i sostegni n.2 e n.3), i dati comunicati dal gestore hanno portato a stimare un valore di 1156 m, con franco minimo da terra pari a circa 9 m. Questi dati si riferiscono alle condizioni di conduttore scarico e temperatura ambiente di 55°C, cioè alle condizioni di *massima freccia estiva* a cui fa riferimento il D.I. 21 marzo 1988 [7] per la definizione delle distanze di rispetto in zone al di sotto degli 800 m s.l.m. Per verificare i dati forniti, sulla campata oggetto di analisi sono stati effettuati dei rilievi, durante i quali è stato misurato un franco minimo da terra del conduttore pari a circa 11,4 m, da cui si è ricavato un parametro pari a circa 1500 m.

Infine, in base ai dati comunicati dal gestore, si è determinato per la portata di corrente al limite termico un valore pari a circa 460 A.

4.2 Linee L2 ed L3

Le linee L2 ed L3 distano rispettivamente oltre 90 e 200 metri dal fabbricato del nuovo insediamento residenziale più vicino tra quelli a cui si è interessati. Per tenere conto di tali linee, si è scelto di costruirne un modello approssimato, in grado di dare supporto a valutazioni cautelative attraverso l'utilizzo di tipologie di sostegno con distanze tra le fasi molto ampie. Se da tali valutazioni fosse risultato un contributo significativo all'induzione magnetica totale, confrontabile con quello della linea L1, allora si sarebbe dovuto modellare tali elettrodotti in modo più accurato.

Come verrà invece mostrato in seguito, il contributo di tali linee è sostanzialmente trascurabile nella zona di interesse, motivo per il quale la modellazione accurata non è stata necessaria.

Per entrambe le linee, ai fini del calcolo dell'induzione magnetica, è stato considerato il tratto compreso tra i primi quattro sostegni (le prime tre campate), partendo dalla sottostazione evidenziata in [Figura 1](#) ~~Figura 1~~. Le coordinate planimetriche dei sostegni, la quota s.l.m. della loro base e l'orientazione sul piano orizzontale sono state ottenute in modo analogo a quanto fatto per la linea L1.

Lo schema meccanico della testa dei sostegni è stato assegnato scegliendo, tra tutte le tipologie di sostegno note presso l'IFAC e compatibili con quella osservata, la struttura meno "compatta", cioè quella per cui i conduttori di fase risultano più distanziati e che, conseguentemente, in un generico punto, dà origine a valori di campo magnetico più elevati, a parità di corrente.

Per quanto riguarda il parametro di tesatura, questo assume scarsa rilevanza, visto che la distanza dall'asse della linea rende poco significative le eventuali variazioni di quota dovute all'abbassamento della catenaria; si è scelto di usare il valore di 1750 m previsto dalla norma CEI 11-60 per il *conduttore di riferimento* da 31,5 mm.

La corrente al limite termico, ricavata dai dati forniti dal gestore dei due elettrodotti, è risultata pari a 570 A.

5 DESCRIZIONE DELLE VALUTAZIONI EFFETTUATE E DEI RELATIVI RISULTATI

Con le seguenti valutazioni vengono presi in considerazione due problemi distinti:

- la determinazione della fascia di rispetto di primo e secondo livello;
- la verifica del rispetto dell'obiettivo di qualità, con riferimento all'art.4 del DPCM 08/07/2003.

Prima di affrontare i due problemi, si è valutato il contributo delle linee L2 ed L3 più lontane, rispetto alla linea L1, dalla regione di interesse, per stabilire in particolare se tale contributo potesse o meno essere trascurato.

5.1 Valutazione dell'influenza delle linee L2 ed L3

Per valutare se il contributo all'induzione magnetica totale portato dalle linee L2 ed L3 sia significativo nella porzione di territorio occupata dal nuovo insediamento, si è scelto di valutare l'induzione magnetica su due segmenti verticali alti 5 metri e con base, evidenziata in [Figura 1](#) ~~Figura 1~~, situata rispettivamente presso il fabbricato più prossimo al centro della campata 2-3 della linea L1 (sezione verticale A-A') e presso il fabbricato più vicino al sostegno 3 della stessa linea (sezione verticale B-B').

Per quanto riguarda la disposizione delle fasi sulle linee, si è scelto di utilizzare una modalità di somma tra i vari contributi detta *incoerente*. Secondo tale modalità, le intensità dei contributi dovuti alle diverse linee si sommano secondo la seguente espressione, in base alla quale il campo totale non dipende né dalla disposizione delle fasi su ciascuna linea, né dallo sfasamento tra linee diverse.

$$B_{tot} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_{\text{linee}}} |B_i|^2}$$

Le valutazioni sono state ripetute in tre diverse situazioni.

- I. Considerando solo la linea L1.
- II. Considerando solo le linee L2 ed L3.
- III. Considerando sia la linea L1, sia le linee L2 ed L3.

Esaminando i risultati ottenuti, riportati in [Tabella 1](#) ~~Tabella 1~~, si può concludere che, sia lungo la sezione A-A' sia lungo la sezione B-B', il contributo all'induzione magnetica dovuto alle linee L2 ed L3 è assai poco significativo. In tutte le successive valutazioni si è comunque deciso, laddove non specificato diversamente, di considerare per completezza anche le linee L2 ed L3, senza però chiedere al gestore i dati necessari per una modellazione più accurata, come sarebbe stato invece indispensabile nel caso si fosse interessati a porzioni di territorio più vicine alle due linee stesse.

	Livello terreno	1 m da terra	2 m da terra	3 m da terra	4 m da terra	5 m da terra
I. Linea L1						
Sezione A-A'	2.54 μ T	2.79 μ T	3.08 μ T	3.40 μ T	3.76 μ T	4.15 μ T
Sezione B-B'	0.96 μ T	1.02 μ T	1.09 μ T	1.18 μ T	1.26 μ T	1.36 μ T
II. Linee L2 ed L3						
Sezione A-A'	0.08 μ T	0.08 μ T	0.08 μ T	0.09 μ T	0.09 μ T	0.09 μ T
Sezione B-B'	0.02 μ T	0.02 μ T	0.02 μ T	0.02 μ T	0.02 μ T	0.02 μ T
III. Linee L1, L2 ed L3						
Sezione A-A'	2.54 μ T	2.79 μ T	3.08 μ T	3.40 μ T	3.76 μ T	4.15 μ T
Sezione B-B'	0.96 μ T	1.02 μ T	1.09 μ T	1.18 μ T	1.26 μ T	1.36 μ T

Tabella 1: valutazione del contributo delle linee L2 ed L3.

5.2 Determinazione della fascia di rispetto di primo livello con modello 2D dei conduttori

Il passo successivo è stato quello di determinare l'ampiezza del cosiddetto "corridoio", cioè della proiezione a terra del volume di rispetto a 3 μ T, come specificato nella circolare ministeriale del novembre 2004 [4].

In prima analisi, si è scelto di utilizzare un algoritmo bidimensionale, che utilizza conduttori rettilinei ed indefiniti. In particolare, si è fatto riferimento alle strutture delle teste dei sostegni della linea L1 descritte negli schemi meccanici forniti dal gestore. In [Figura 2](#) sono riportate le curve isocampo dell'induzione magnetica relativa a 3 μ T per le due tipologie di sostegno presenti nel tratto considerato. Gli andamenti risultano quasi indistinguibili alla scala della figura e le differenze risultano contenute entro 20 centimetri per parte.

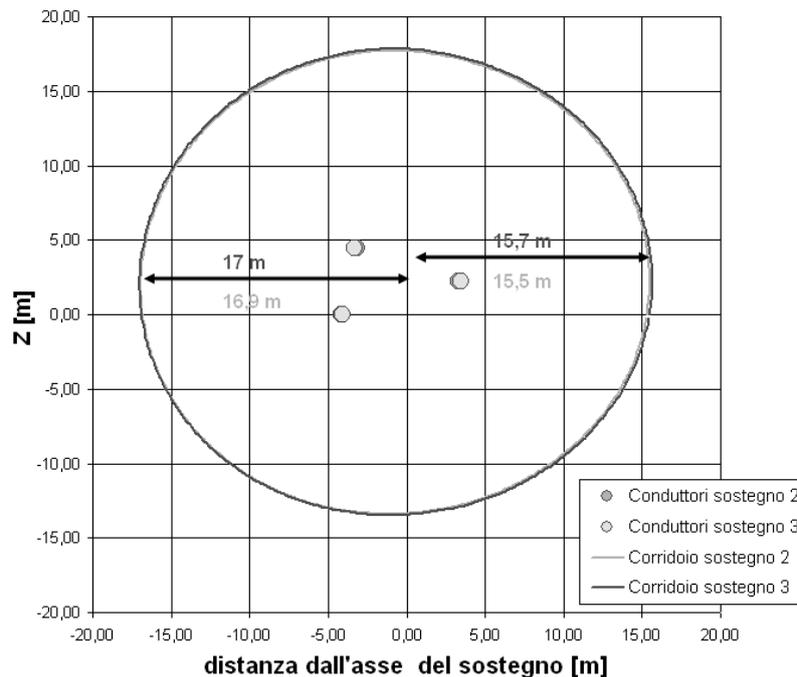


Figura 2: ampiezza del corridoio a 3 μ T determinata con approccio 2D per le due tipologie di sostegno della linea L1

5.3 Determinazione della fascia di rispetto di primo livello con modello 3D dei conduttori

La metodologia adottata per costruire in modo più accurato il corridoio di primo livello e riportarlo con precisione sulla cartografia dei luoghi è descritta in dettaglio in [9]. Secondo questa metodologia, si utilizza un modello tridimensionale degli elettrodotti coinvolti e si calcola la fascia di primo livello come proiezione a terra del cosiddetto "tubo" tridimensionale, rappresentato in [Figura 6](#), che delimita lo spazio attorno l'elettrodotto in cui è superato il valore di 3 μ T.

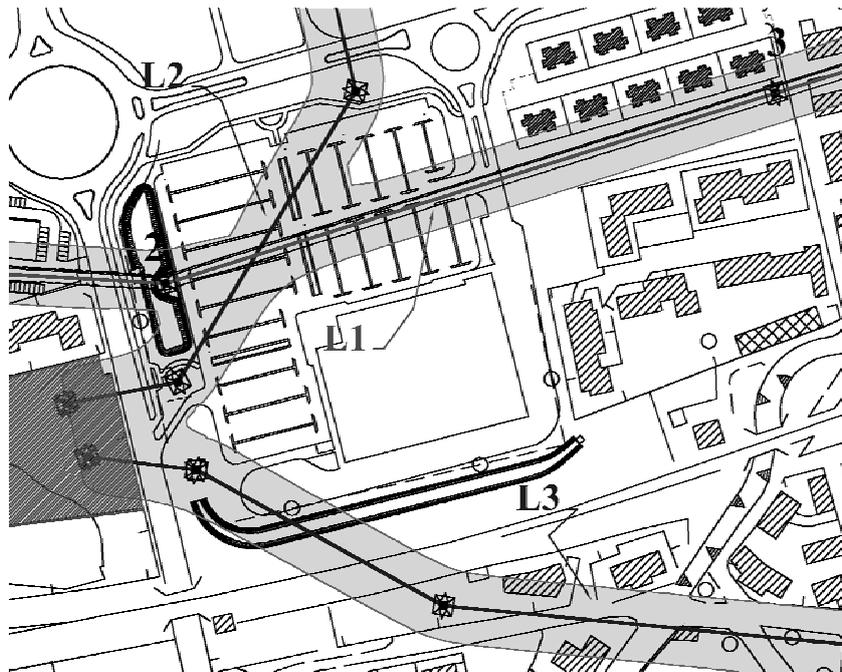


Figura 3 - fascia di rispetto di primo livello (corridoio) determinata con approccio 3D

Come si può notare in [Figura 3](#), l'ampiezza della fascia di primo livello di una linea elettrica è variabile in corrispondenza di cambi di direzione o incroci con altre linee. In generale, essa è anche asimmetrica rispetto all'asse longitudinale. In [Figura 4](#), ad esempio, si nota che il corridoio è più ampio di 1,43 m dal lato dei nuovi edifici, rispetto al lato opposto. Tale valore, molto simile a quello calcolato con metodologie 2D (la regione di interesse, infatti, è lontana dai cambi di direzione della linea e le tipologie di sostegno sono abbastanza simili tra loro), fa sì che 5 fabbricati cadano parzialmente all'interno del corridoio. Di conseguenza, in questa zona si è proceduto ad una analisi di secondo livello, descritta di seguito.

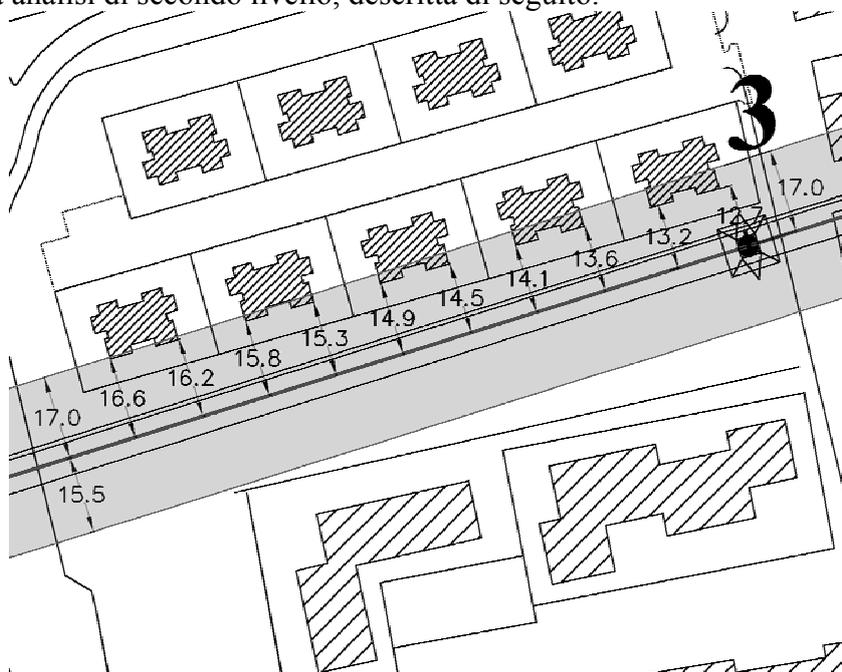


Figura 4: particolare della fascia di rispetto di primo livello (corridoio) determinata con approccio 3D.

5.4 Determinazione della fascia di rispetto di secondo livello: curve isocampo a diverse altezze dal suolo e visualizzazione 3D del volume di rispetto

Considerato che gli edifici vicini alla linea L1 sono tutti ad un piano fuori terra, sono state determinate le curve isocampo a $3 \mu\text{T}$ ad 1 metro e a 3 metri sopra il terreno. A questo fine, si è utilizzato il modello digitale del territorio (DTM) già citato a proposito della determinazione della quota della base dei sostegni, in modo da non introdurre incongruenze.

In [Figura 5](#) si può notare come a 1 m da terra l'area interessata da valori di induzione magnetica superiori a $3 \mu\text{T}$ (regione più scura) non interessi né i giardini né i fabbricati. A 3 m da terra i $3 \mu\text{T}$ (regione più chiara) sono raggiunti in una piccola porzione del giardino del fabbricato più a ovest, ma mai all'interno delle abitazioni.

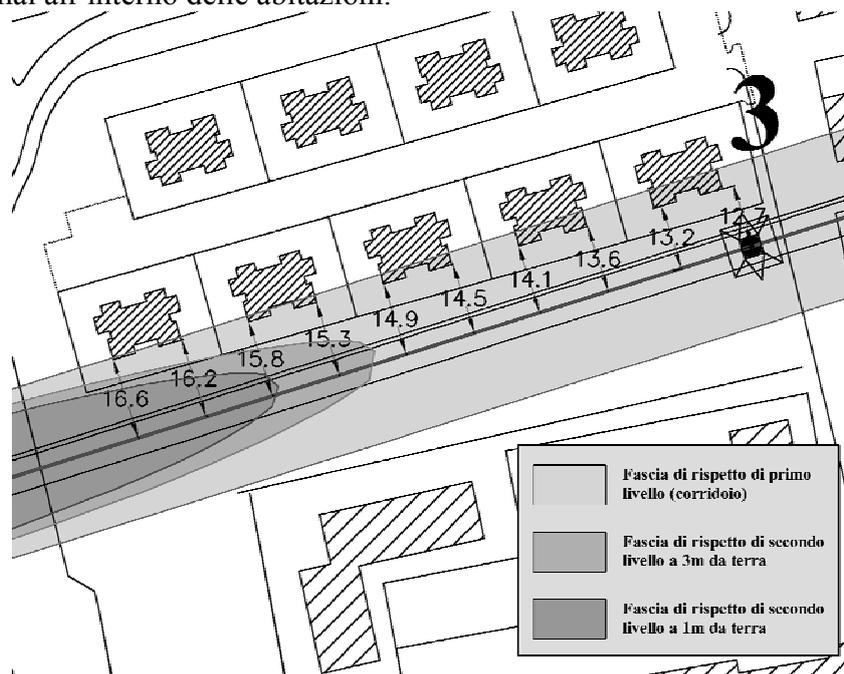


Figura 5: fascia di rispetto di secondo livello

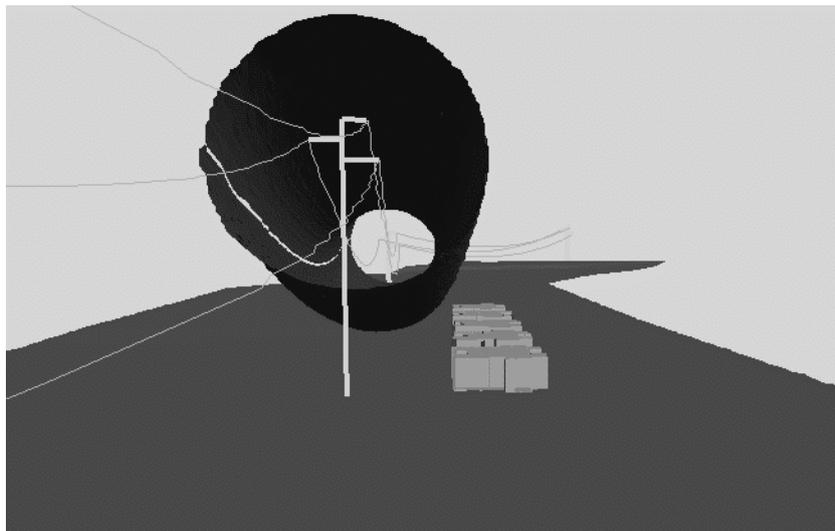


Figura 6: visualizzazione 3D del "tubo" a $3\mu\text{T}$; nella rappresentazione i fabbricati sono alti 4 m

In [Figura 6](#) è riportata una rappresentazione tridimensionale del cosiddetto "tubo" a $3 \mu\text{T}$, in cui è evidente il fatto che nessuno degli edifici (supposti di altezza pari a 4 m) intercetta la porzione di spazio caratterizzata da valori di campo superiori a $3 \mu\text{T}$. In questo caso, per semplicità di rappresentazione, le linee L2 ed L3 non sono state considerate.

5.5 Valutazioni specifiche su sezioni significative

L'analisi è stata approfondita eseguendo ulteriori valutazioni presso le due sezioni indicate in pianta in [Figura 7](#).



Figura 7: sezioni di calcolo in pianta

La sezione orizzontale C-C' interessa il fabbricato più esposto al campo magnetico, cioè quello situato vicino al centro della campata, laddove i conduttori si avvicinano notevolmente al terreno.

Poiché in questa posizione si ha una grande escursione dell'altezza dei conduttori da terra a seconda delle condizioni ambientali, la valutazione eseguita in questo punto si riferisce non solo alla condizione massimamente cautelativa fin qui utilizzata (condizione di *massima freccia estiva* – MFE in [Figura 8](#) – con parametro della catenaria pari a 1156 m e quindi conduttore più basso a soli 11,6 metri da terra), ma anche alla condizione denominata MIS in figura (corrispondente ai risultati di appositi rilievi, dai quali si ricava un valore del parametro pari a 1500 m e quindi un'altezza del conduttore più basso di 14,2 metri da terra nel punto considerato).

Il muro del giardino si trova a circa 11,5 m dall'asse della linea; a tale distanza i 3 μT vengono raggiunti a circa 1,9 m da terra nel caso MFE, a 4,5 metri nel caso MIS. Il muro dell'abitazione si trova invece a 16,6 m dall'asse ed a tale distanza i 3 μT vengono raggiunti a circa 10,6 m dal suolo nel caso MFE, a 13,2 metri nel caso MIS.

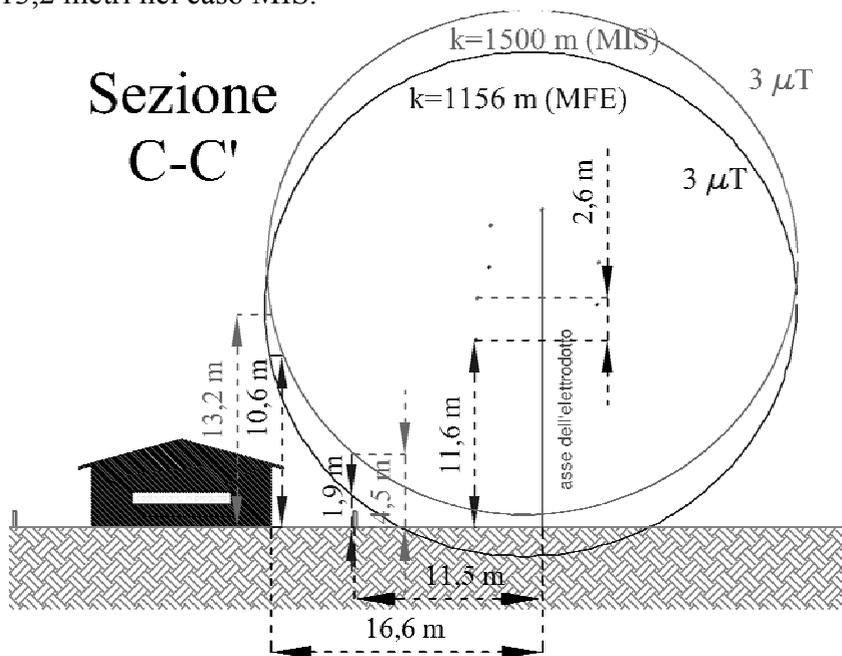


Figura 8: risultati sulla sezione orizzontale C-C'

La sezione orizzontale D-D' interessa il fabbricato meno esposto al campo magnetico, cioè quello situato presso il sostegno n.3, laddove i conduttori sono più distanti dal terreno. In questa posizione, le condizioni ambientali e quindi il parametro di tesatura hanno scarsa influenza sull'induzione magnetica. In particolare, i conduttori in condizioni MIS intersecano la sezione considerata solo 10 centimetri più in alto di quanto avviene in condizioni MFE. Tali differenze non sono apprezzabili nella scala utilizzata per le rappresentazioni, motivo per cui, in [Figura 9](#), è riportata la curva isocampo a $3 \mu\text{T}$ relativa al solo caso MFE.

Il muro del giardino si trova a circa 7,5 m dall'asse della linea; a tale distanza i $3 \mu\text{T}$ vengono raggiunti a circa 13,5 m da terra. Il muro dell'abitazione si trova invece a 12,75 m dall'asse ed a tale distanza i $3 \mu\text{T}$ vengono raggiunti a circa 17 m dal terreno.

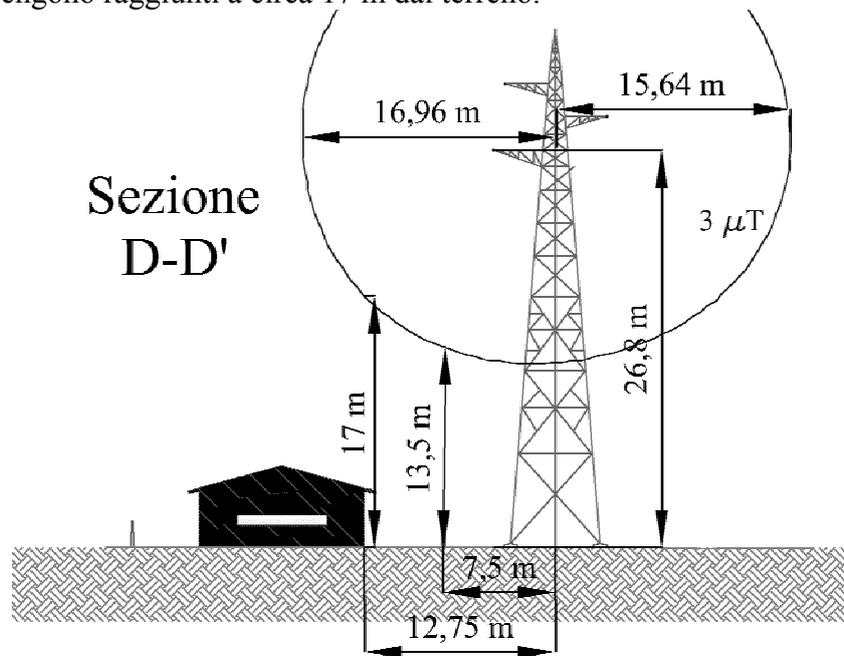


Figura 9: risultati sulla sezione orizzontale D-D'

5.6 Verifica del rispetto dell'obiettivo di qualità

L'art.4 del DPCM 8 luglio 2003 richiede che, affinché sia rispettato l'obiettivo di qualità, la mediana giornaliera dei valori di induzione magnetica calcolata nei luoghi in cui sia possibile una permanenza delle persone per più di 4 ore al giorno, sia inferiore a $3 \mu\text{T}$. In mancanza di dati storici relativi alle correnti che scorrono sulle linee coinvolte, per la verifica del rispetto di questo obiettivo si è deciso di procedere come segue.

1. Si è omesso per semplicità il contributo delle linee L2 ed L3, che, come si è visto, è largamente trascurabile. In questo modo, avendo a che fare con una sola linea elettrica, si ha una proporzionalità diretta tra intensità di corrente ed induzione magnetica.
2. Si è individuato il punto più esposto tra tutti quelli in cui è possibile una permanenza per più di 4 ore al giorno, risultato essere sulla sezione verticale A-A' ([Figura 1](#)) a 1 m dal suolo.
3. Si è calcolata l'induzione magnetica in tale punto (B_{1A}), supponendo che sulla linea L1 scorresse una corrente unitaria. Il suo valore è risultato pari a $0,006 \mu\text{T/A}$.
4. Con una semplice scalatura proporzionale, si è determinato per quale valore di corrente ($I_{3\mu\text{T}}$) sono raggiunti i $3 \mu\text{T}$ nel punto considerato: questo è il massimo valore della mediana giornaliera che può raggiungere la corrente sulla linea senza che venga superato l'obiettivo di qualità nel punto più esposto.

Il più grande valore della mediana di corrente giornaliera per cui si ha comunque il rispetto dell'obiettivo di qualità è risultato essere:

$$I_{3\mu\text{T}} = \frac{3\mu\text{T}}{0,006 \mu\text{T/A}} = 500 \text{ A}$$

Poiché tale valore è superiore alla portata in corrente al limite termico che caratterizza il tipo di conduttore utilizzato (pari a 460 A, v. paragrafo 4.1), ne consegue che l'obiettivo di qualità risulta sempre rispettato in qualunque punto dell'area oggetto dell'indagine.

6 CONCLUSIONI

Il caso presentato è esemplificativo dei vari aspetti che devono essere considerati quando si affronta il problema del calcolo della fascia di rispetto degli elettrodotti, così come richiesto dall'art.6 del DPCM 8 luglio 2003. La definizione della metodologia standardizzata ufficiale per tale determinazione a tutt'oggi non può dirsi completamente ultimata. Un approccio ragionevole, fondato sull'interpretazione dei documenti disponibili ([4],[6]), porta a distinguere due livelli successivi di analisi. Nell'applicare questo approccio al caso studio qui esaminato, si sono illustrati quali siano i dati e gli strumenti necessari alla rappresentazione numerica degli elettrodotti ed alla gestione di un modello 3D del terreno, da cui ricavare le informazioni per il calcolo dei campi. Si sono passati, inoltre, in rassegna diversi modi alternativi con cui è possibile specificare il luogo dei punti di calcolo, associati ad altrettante forme di rappresentazione dei risultati.

Il lavoro svolto ha permesso di mettere a fuoco alcune contraddizioni nelle prescrizioni contenute nelle normative. In particolare, gli art.4 e 6 del DPCM 8 luglio 2003, pur essendo riconducibili a contesti simili, fanno riferimento a valori di corrente intrinsecamente diversi.

Non è questa la sede per tentare di comporre la contraddizione. Tuttavia riteniamo utile riportare un paio di possibili interpretazioni, non tanto per caldeggiare l'adozione di una o dell'altra, quanto per discutere la situazione oggetto di studio alla luce delle ipotesi interpretative della normativa che da alcune parti sono state avanzate.

Una prima possibilità potrebbe consistere nel considerare l'art.4 adatto a disciplinare la realizzazione di nuove edificazioni presso elettrodotti esistenti (per i quali ha senso far riferimento a dati storici di carico e quindi a valori mediani di campo magnetico), mentre l'art.6 – che fa riferimento alle correnti massime “al limite termico” – andrebbe utilizzato nel caso della realizzazione di nuovi elettrodotti. Un secondo approccio potrebbe partire dal considerare la fascia di rispetto (e quindi l'art.6) come strumento di programmazione urbanistica, mediante il quale pianificare l'utilizzo del territorio, stabilendo dove è possibile edificare e dove non lo è, mentre l'art.4 verrebbe applicato alle situazioni puntuali, come nel caso di nuovi edifici costruiti in assenza di una preventiva pianificazione. Secondo entrambe queste interpretazioni, la situazione esaminata in questa relazione rientrerebbe nell'ambito di applicazione dell'art.4 che, come si è visto, è largamente rispettato in tutti i punti dell'area esaminata.

7 BIBLIOGRAFIA

- [1] Legge 22 febbraio 2001, n.36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”, G.U. 07/03/2001 n.55.
- [2] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”, G.U. 29/08/2003 n.200.
- [3] Norma CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV”, Comitato Elettrotecnico Italiano, 2002.
- [4] Circolare del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – Direzione generale per la salvaguardia ambientale (protocollo DSA/2004/25291 del 15 novembre 2004).
- [5] Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”, Comitato Elettrotecnico Italiano, 1996.
- [6] Norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art.6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo”, Comitato Elettrotecnico Italiano, 2006.
- [7] Decreto interministeriale 21 marzo 1988 n. 449: "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne", G. U. 05/04/1988 n.79.
- [8] Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1991: “Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne”, G.U. 16/02/1991 n.40.
- [9] N. Zoppetti e D. Andreuccetti: “Influenza del modello della linea nella determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”, Atti del terzo convegno nazionale "Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica", Biella, 7-9 giugno 2006, vol. 2, pp. 574-579.