

CABINA DI TRASFORMAZIONE M/B T IN AMBITO URBANO: VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA E INTERVENTO DI RISANAMENTO

Zavatti M., Badalamenti P., Cazzaniga M.T., Gianforma G. e Sgorbati G.

Arpa Lombardia, Via Juvara 22, 20121 Milano, m.cazzaniga@arpalombardia.it

Carrara D.M.

Politecnico di Torino, C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, davide.carrara@libero.it

Riassunto

L'entrata in vigore del DPCM 8 luglio 2003 ha comportato il riesame di alcune situazioni espositive che, sebbene caratterizzate da misure di campo di induzione magnetica conformi alla precedente legislazione, potrebbero ora non soddisfare il livello di attenzione introdotto dal suddetto DPCM. In tale ottica si è considerata una cabina di trasformazione a M/B tensione che già nel giugno 2002 determinava valori istantanei di campo di induzione magnetica pari a circa 20 μT a livello del piano calpestabile. I dati di misura, acquisiti successivamente l'entrata in vigore del DPCM e opportunamente rielaborati al fine di confrontare i limiti di riferimento con un valore di induzione che sia rappresentativo dell'esposizione media al corpo intero (Racc.1999/519/CE) e anche correlato alle variazioni temporali del valore di campo (art. 4 DPCM), indicano un livello di esposizione pari a 7,7 μT per un adulto e 9,6 μT per un bambino. Sebbene il limite sanitario e il livello di attenzione non risultino superati, i valori di campo puntuali presenti in alcuni punti dell'abitazione in condizione di massimo carico rilevato della cabina risultano anche superiori a 30 μT . L'Ente Distributore ha ritenuto di attuare comunque un intervento di risanamento teso ad una significativa riduzione dei livelli di campo: successivi campionamenti hanno dimostrato la piena efficacia della soluzione impiantistica realizzata dal gestore, confermando la riduzione del campo di induzione magnetica fino al 95%.

A) INTRODUZIONE

Ai sensi della Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" pubblicata nella G.U. n. 55 del 7 marzo 2001 [1], la normativa attualmente in vigore, per quanto riguarda l'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete, è costituita dal DPCM 8 luglio 2003 (pubblicato sulla G.U. n.200 del 29 agosto 2003) "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti" [2]. L'art. 3 del DPCM ripropone il valore di 100 μT quale limite di esposizione al campo di induzione magnetica e introduce, a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, un valore di attenzione pari a 10 μT da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore da applicarsi nelle aree gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, ambienti scolastici e in generale in tutti i luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

Proprio in considerazione dell'introduzione del "valore di attenzione" si è ritenuto opportuno riesaminare alcune situazioni espositive che, sebbene caratterizzate da valori di induzione magnetica conformi alla precedente normativa, potrebbero ora non soddisfare il suddetto valore di attenzione. In particolare si è considerata una cabina di trasformazione M/B T ubicata all'interno di un edificio residenziale e posta nel locale sottostante il locale soggiorno di un appartamento situato a pianterreno. In alcuni punti dell'appartamento - indagato già nel giugno 2002 - si rilevavano valori di induzione magnetica istantanei pari a circa 20 μT .

La cabina esaminata alimenta le utenze tipicamente residenziali e del terziario dell'isolato servito; è caratterizzata da una tensione di alimentazione tipica della rete urbana di Milano (23 kV) ed è alimentata da una sola linea con un unico trasformatore. Nel locale cabina si trovano: un trasformatore di potenza di 630 kVA, i quadri di media di tensione e cinque quadri di bassa tensione che alimentano le rispettive utenze. I cavi di alimentazione del trasformatore in media tensione sono interrati ad una profondità di circa 30 cm sotto il livello del pavimento. I cavi di bassa tensione sono installati secondo una configurazione che prevede due conduttori per ogni fase, compreso il conduttore di neutro: i collegamenti a partire dai terminali di bassa tensione del trasformatore alle sbarre di bassa tensione si svolgono lungo la parete a lato del trasformatore, secondo una disposizione successiva delle fasi R S T + N, R S T + N, in cui ogni conduttore dista da quello successivo circa 1,5 cm. Il conduttore di neutro più in alto dista circa una trentina di cm dal soffitto del locale cabina (fig. 1).

Proprio in relazione alla posizione dei cavi di bassa tensione nell'ambiente abitativo sovrastante il locale cabina, a livello del piano calpestabile, i valori di campo puntuali presenti in alcuni punti risultano essere anche superiori a 30 μT . Le sessioni di misura condotte successivamente l'entrata in vigore del DPCM 2003 hanno consentito di caratterizzare la variazione temporale e spaziale del campo di induzione magnetica. Inoltre, al fine di confrontare i limiti di riferimento con un valore di induzione che sia rappresentativo dell'esposizione media al corpo intero, come indicato la

raccomandazione 1999/519/CE [3], e che sia correlato alle variazioni temporali del valore di campo (art. 4 DPCM 8.07.2003 [2]) il dato di misura è stato rielaborato ottenendo un livello di esposizione, riferito al massimo carico di corrente supportato dalla cabina, pari a 12,0 μT per un adulto - 14,9 μT per un bambino e pari a 7,7 μT per un adulto - 9,6 μT per un bambino se riferito alla mediana sulle 24 ore.

Il limite sanitario e lo stesso livello di attenzione non sono di fatto superati; l'Ente Distributore, informato della situazione espositiva determinata dalla propria cabina di trasformazione presso l'abitazione indagata, ha comunque ritenuto opportuno attuare un intervento di risanamento teso ad una significativa riduzione dei livelli di campo: successivi campionamenti hanno dimostrato la piena efficacia della soluzione impiantistica realizzata dal gestore, confermando la riduzione del campo di induzione magnetica. Il campo prodotto dalla cabina ora soddisfa con ampio margine i requisiti previsti dalla normativa vigente, compresi addirittura gli obiettivi di qualità, previsti solo per i nuovi impianti, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

Figura 1 – Cabina di trasformazione



I cavi di bassa tensione si trovano a una trentina di centimetri dal soffitto del locale cabina

B) MATERIALI E METODI

1) STRUMENTI DI MISURA

Nell'ambito dello studio svolto le rilevazioni puntuali ed istantanee del valore di induzione magnetica sono state eseguite utilizzando il misuratore isotropo Emdex Mate caratterizzato da una risposta ottimizzata in frequenza nell'intervallo 40 Hz – 1000 Hz; le rilevazioni in continuo, necessarie al fine di caratterizzare l'andamento del campo di induzione magnetica in funzione del carico di corrente transitante nel trasformatore della cabina, sono state eseguite con il misuratore Emdex Lite, dotato delle medesime caratteristiche tecniche dell'emdex mate, impostando un intervallo di acquisizione pari a 30 s [4]. Il livello di induzione magnetica è espresso in termini di μT (microtesla); la strumentazione utilizzata è dotata di certificato di taratura e le rilevazioni sono state effettuate in conformità alla norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana." [4]

2) ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATO DI MISURA

Le rilevazioni puntuali sono state effettuate nel locale soggiorno realizzando una griglia di passo orizzontale e verticale pari a 50 cm. In fig. 2) si riportano i valori così acquisiti in corrispondenza di due delle quattro sezioni orizzontali eseguite alle quote di 0, 50, 100 e 150 cm dal piano calpestabile; il lato indicato con "Via Pezzotti" corrisponde alla parete percorsa dai cavi di bassa tensione visualizzato in fig. 1) e il lato indicato con "Via Cermenate" corrisponde alla parete ove sono poste le barre di bassa tensione. Il misuratore Emdex Lite per le acquisizioni in continuo è stato posizionato in corrispondenza della coordinata $x=50\text{ cm}$ / $y=-300\text{ cm}$ alla quota di 50 cm dal piano calpestabile. In fig. 3) si riporta l'andamento dell'induzione magnetica rilevato in continuo con lo strumento Emdex Lite.

Nel corso della sessione di misura, i valori di induzione magnetica mostrano un ampio intervallo di variabilità dovuto sia alla distanza tra punto di misura e termine sorgente del campo (fig. 2) sia all'inserzione - disinserzione dei carichi da parte degli utenti serviti dalla cabina (fig. 3). Per questo motivo, verificata la costanza del carico di corrente nell'intervallo temporale durante il quale si sono

eseguite le misure puntuali di campo, si sono introdotti due fattori moltiplicativi α_{max} e α_{med} . Applicando tali fattori è infatti possibile correlare il valore di induzione misurato, e quindi relativo al valore di corrente istantaneo presente al momento della misura, al carico di corrente massimo rilevato durante il monitoraggio nonché al valore di carico di corrente rappresentativo della mediana del carico transiente nei conduttori nell'arco delle 24 ore. Il fattore α è definito dal seguente rapporto:

$$\alpha_{max} = B_{max} / B^*$$

dove B_{max} rappresenta il valore massimo di campo rilevato durante l'intero ciclo di acquisizioni in continuo e B^* rappresenta il valore iniziale del ciclo di misure in continuo (valore di campo corrispondente al carico di corrente presente durante le rilevazioni puntuali di fig. 2).

La stessa procedura è stata eseguita anche per la mediana dei valori acquisiti nell'arco di una settimana. Riprendendo la relazione precedente, con analogo significato dei simboli, si sostituisce al valore massimo la mediana nell'arco delle 24 ore (si considera il valore più cautelativo). L'andamento del campo di induzione magnetica ottenuto correggendo i valori di campo misurati per α_{max} e α_{med} viene evidenziato, limitatamente al piano calpestabile, in fig. 4).

Figura 2 - Rappresentazione grafica dei valori di campo di induzione magnetica, espresso in microT, misurati a livello del piano calpestabile a 150 cm dal piano stesso nel locale indagato

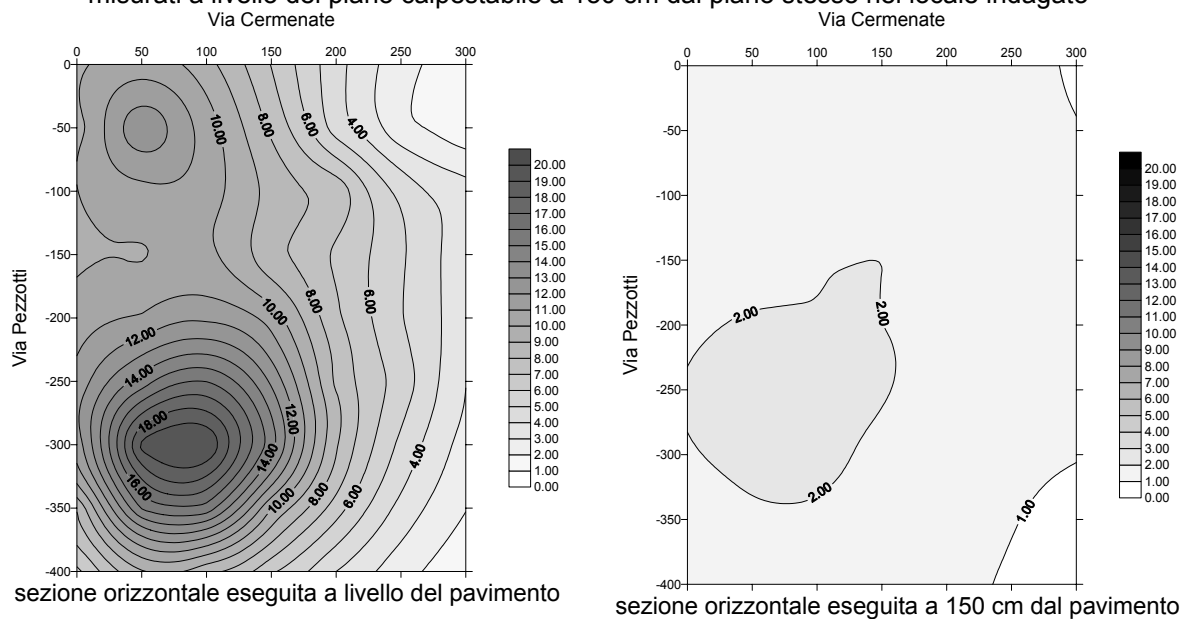


Figura 3 – Misure in continuo del campo di induzione magnetica.

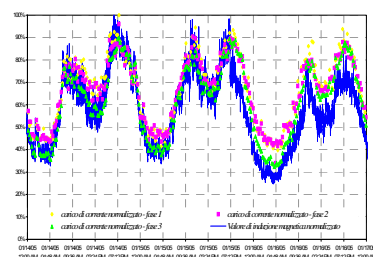
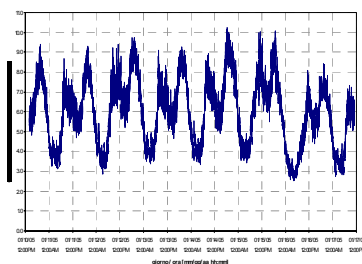
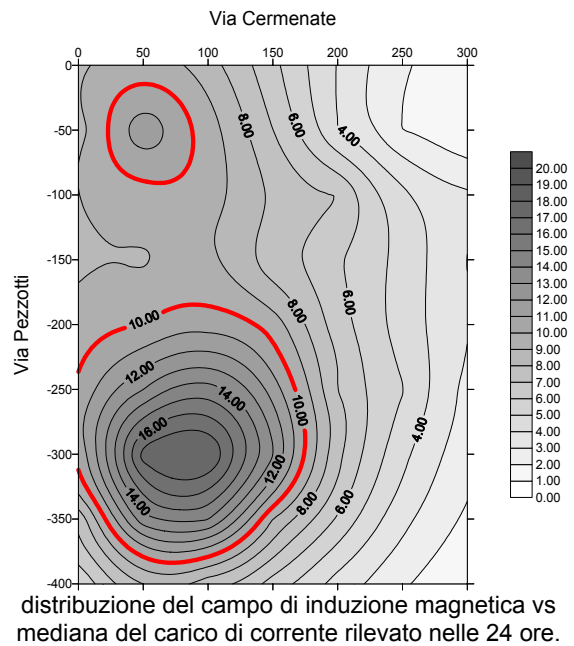
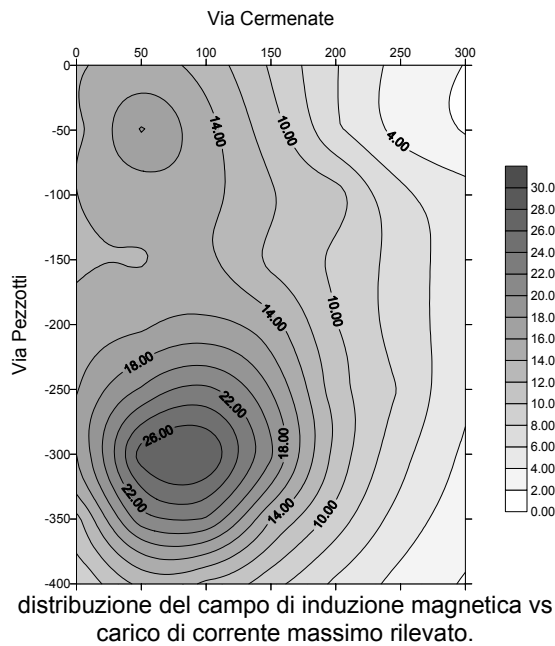


Figura 4 – Andamento dei valori di campo, a livello del pavimento, corretti per il fattore α_{max} e α_{med}



B) RISULTATI

1) LIVELLI DI ESPOSIZIONE A CORPO INTERO PRE-RISANAMENTO

I livelli di riferimento indicati nel DPCM 8.07.03 devono essere considerati come valori mediati nel volume del corpo dell'individuo esposto così come indicato nella Raccomandazione CE 12 luglio 1999 campi elettromagnetici [3]. Quindi, al fine di inquadrare i risultati ottenuti nell'ambito della legislazione vigente, si è estrapolato un valore di induzione che sia rappresentativo dell'esposizione media al corpo intero cui sono soggetti gli occupanti l'abitazione; si è calcolato il valore medio delle misure effettuate alle quattro diverse quote sulla verticale del punto in cui si è registrato il massimo valore a livello del piano di calpestio.

a) carico di corrente massimo rilevato

In tab. 1) si riporta il valore medio delle misure effettuate alle quattro diverse quote sulla verticale del punto di coordinate $x=100\text{cm}$; $y=-300\text{cm}$ (fig. 2) e corrette per il fattore α_{max} : in tal modo si dà un'indicazione dell'esposizione media a corpo intero nella condizione di massimo carico di corrente transiente nei conduttori della cabina di trasformazione (si considera un bambino di altezza 100 cm e adulto di altezza 150 cm).

Tabella 1)

Valore Medio Esposizione a corpo intero - Bambino [μT]	Valore Medio Esposizione a corpo intero Adulto [μT]
14.9	12.0

Sulla base dei valori di tab. 1) risulta evidente che il limite di esposizione pari a $100 \mu\text{T}$ indicato all'art. 3 del dpcm 8 luglio 2003, anche ipotizzando un costante funzionamento della cabina nelle condizioni di massimo carico di corrente, risulta rispettato.

b) Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

Analogamente, al fine di confrontare valore di attenzione pari a " $10 \mu\text{T}$ da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio" con un valore che sia rappresentativo dell'esposizione a corpo intero, in tab. 2) si riporta il valore medio delle misure effettuate alle quattro diverse quote sulla verticale del punto di coordinate $x=100\text{cm}$; $y=-300\text{cm}$ e corrette per il fattore α_{med} ; in tal modo si dà un'indicazione dell'esposizione media a corpo intero riferita alla mediana dei valori di carico di corrente transienti nell'arco delle 24 ore nei conduttori della cabina di trasformazione in esame.

Tabella 2)

Valore Medio Esposizione a corpo intero Bambino [μT]	Valore Medio Esposizione a corpo intero Adulto [μT]
9.6	7.7

2) INTERVENTO DI RISANAMENTO

Il dato di tabella 2), sebbene riferito al solo periodo monitorato, dimostra che di fatto anche il valore di attenzione introdotto dal DPCM 8 luglio 2003 risulta soddisfatto. L'Ente Distributore ha comunque ritenuto giustificato un intervento di risanamento teso ad una significativa riduzione dei livelli di campo generati dalla cabina in esame nell'ambiente di vita limitrofo.

Diverse ipotesi di intervento sono state prese in considerazione in un'ottica di ottimizzazione dei costi/benefici: massima riduzione dei livelli di esposizione minimizzando i costi e i disservizi agli utenti.

Un primo approccio di riduzione del livello di esposizione prevede la trasposizione speculare dei conduttori di bassa tensione: le fasi sono state ridisposte secondo la successione R S T +N, T S R (successione di originaria "R S T + N, R S T + N"); tale disposizione delle fasi infatti minimizza il campo totale generato. Contestualmente alla modifica delle fasi, sono state eseguite dal gestore misure di campo di induzione magnetica in continuo presso l'abitazione indagata: nel punto di "hot spot" si osserva una riduzione di circa il 50% dei livelli di campo rispetto alla configurazione di "base" originaria.

Quale soluzione definitiva di bonifica l'ente distributore ha eliminato il collegamento tra trasformatore e sezionatori di bassa tensione posto a parete e ha realizzato un nuovo collegamento transitante sul pavimento; l'ingresso dei cavi al quadro sezionatori di bassa tensione si trova ora sul lato anziché sulla parte superiore (fig. 5). L'intervento ha comportato la sospensione dell'erogazione dell'energia elettrica per un paio d'ore la domenica mattina impiegando quattro addetti per un periodo di tempo inferiore alle cinque ore per portare a termine il lavoro. Non si sono state eseguite né opere edili né schermi in materiale metallico, soluzioni che avrebbero determinato un incremento di spesa e posticipato il termine ultimo dei lavori.

Figura 5 – Cabina di trasformazione dopo la modifica



I cavi di bassa tensione passano ora sul pavimento del locale cabina

3) LIVELLI DI ESPOSIZIONE POST-RISANAMENTO

In una fase successiva si è effettuata una nuova indagine strumentale, seguendo la medesima modalità e griglia di misura, finalizzata alla verifica della riduzione dei livelli di esposizione conseguenti l'intervento di bonifica attuato. L'analisi della distribuzione dei livelli di induzione magnetica rilevati evidenziano una considerevole diminuzione dei livelli di campo di induzione presenti nel locale soggiorno (fig. 6). Le misure in continuo di fig. 7) dimostrano, inoltre, che le oscillazioni dei valori di campo di induzione magnetica acquisiti nell'arco di una settimana e correlati al carico di corrente del trasformatore, risultano sostanzialmente trascurabili. Non si è quindi ritenuto necessario procedere nella conversione del dato puntuale di misura con i due fattori moltiplicativi α_{max} e α_{med} e di fatto il livello di esposizione a corpo intero risulta inferiore a $1,0 \mu T$ in tutti i punti del locale indagato.

Figura 6 – Andamento dei valori di campo, a livello del pavimento, dopo la bonifica

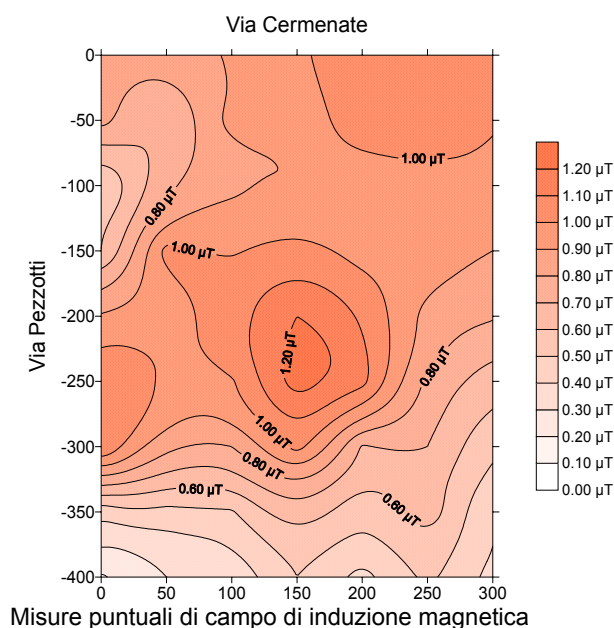
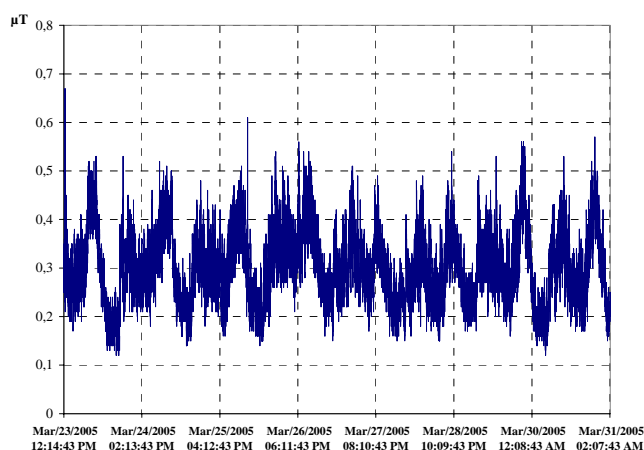


Figura 7 – Misure in continuo del campo di induzione magnetica dopo la bonifica



C) CONCLUSIONI

Una cabina di trasformazione MT/BT rappresenta a tutti gli effetti una fonte di inquinamento elettromagnetico negli ambienti di vita posti in sua prossimità. Il caso preso in esame dimostra che la presenza di una cabina M/B T può determinare, nell'ambiente di vita limitrofo, livelli di esposizione non trascurabili sebbene, nell'ambito dell'indagine svolta, conformi alla normativa vigente. L'intervento di bonifica, attuato dall'ente gestore ai fini della minimizzazione dell'esposizione, ha consentito una riduzione dei livelli di campo di induzione magnetica di circa il 95%. La riallocazione dei cavi di bassa tensione all'interno del locale cabina ha mostrato, infatti, la piena efficacia della soluzione impiantistica realizzata. Il campo prodotto dalla cabina ora soddisfa con ampio margine i requisiti previsti dalla normativa vigente, compresi addirittura gli obiettivi di qualità, previsti solo per i nuovi impianti, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

Bibliografia

- 1 Legge 22/2/01 n. 36, Legge quadro sulla protezione delle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.
- 2 DPCM 8/7/03, (pubblicato sulla G.U. n.200 del 29 agosto 2003) "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"
- 3 Raccomandazione del Consiglio della Comunità Europea, 1999/519/CE, 12/07/1999.
- 4 Guida CEI 221 - 6, Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana, 2001.