

CAMPAGNE DI MISURA DEL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO GENERATO DA ELETTRODOTTI DI ALTA TENSIONE

Valeria Bottura, Marco Cappio Borlino, Leo Cerise, E. Imperial, C. Desandr 
ARPA Valle d'Aosta

INTRODUZIONE

Questa Agenzia ha effettuato dei controlli sul territorio regionale presso le abitazioni prossime alle linee elettriche di alta tensione a 220 e 380 kV, sia con l'intento di valutare l'esposizione della popolazione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza di rete di 50 Hz da tali elettrodotti, sia per verificare il rispetto dei limiti normativi, soprattutto in prospettiva di un sempre maggior afflusso di energia elettrica dalla Francia e dalla Svizzera.

Si mostrano di seguito in **Figura 1** i percorsi di tutti gli elettrodotti ad alta tensione transitanti sul territorio regionale con indicato anche le posizioni delle attuali cabine primarie:

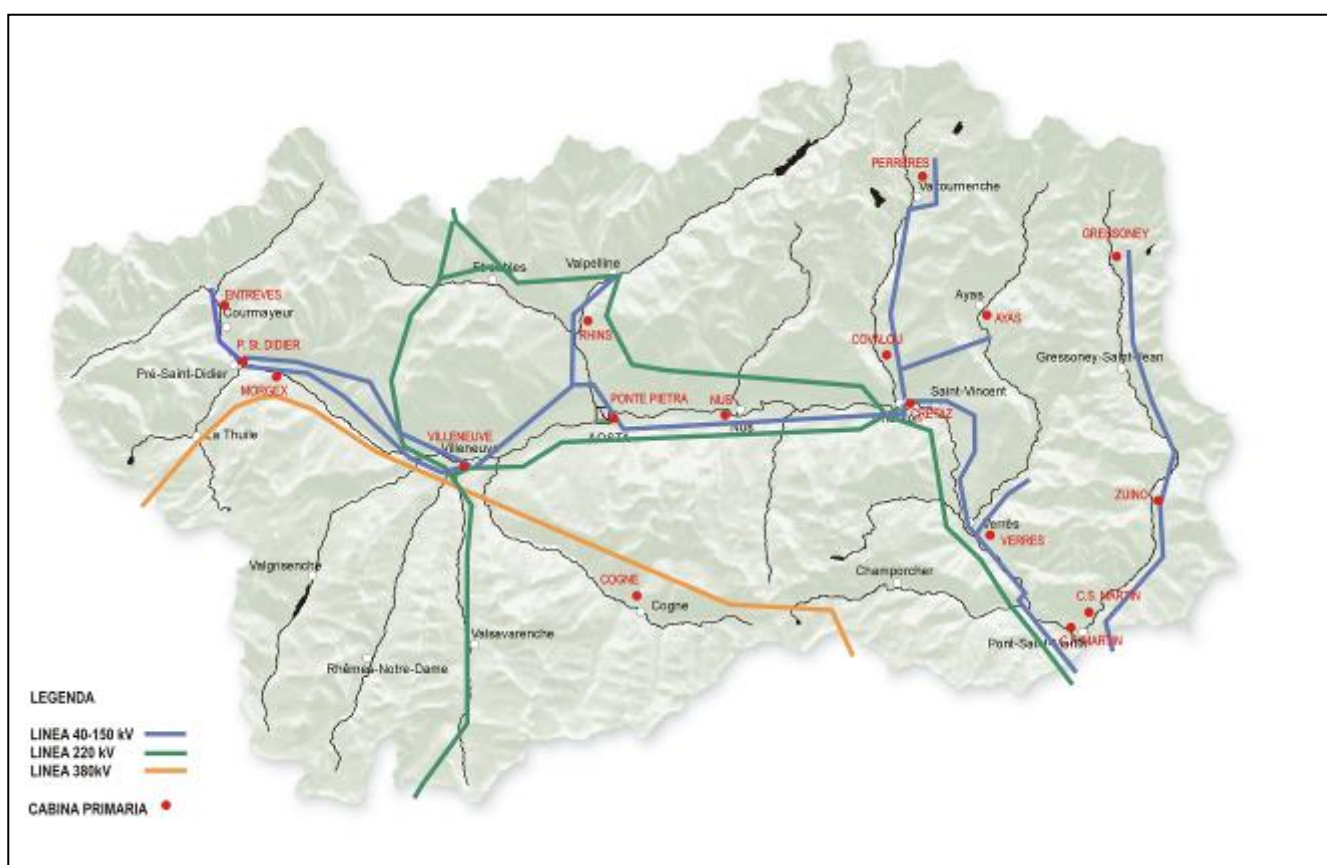


Figura 1. Percorso elettrodotti ad alta tensione transitanti sul territorio della Valle d'Aosta

Negli anni ARPA VDA aveva gi  effettuato vari interventi di controllo presso abitazioni site vicino ad elettrodotti di alta tensione a seguito della richiesta di enti territoriali quali i comuni o da privati cittadini residenti in tali zone. Visto per  la previsione di aumento di importazione di energia elettrica da Francia e Svizzera preventivata dal gestore della rete nel piano di sviluppo, sono state intraprese delle sistematiche campagne di controllo e misure sul territorio lungo i percorsi di tutti gli elettrodotti a 220 e 380 kV, proprio al fine di valutare lo stato di esposizione della popolazione residente in prossimit  di tali linea e per verificare, inoltre, il rispetto degli attuali limiti normativi.

GRANDEZZE FISICHE MISURATE

Le grandezze fisiche da controllare e misurare sono il **campo elettrico** generato dalle parti in tensione ed il **campo magnetico** generato dal passaggio della corrente elettrica nei conduttori. Tali grandezze fisiche dipendono da parametri diversi ed interagiscono in modo diverso con l'ambiente circostante.

Il **campo elettrico**, misurato in Volt al metro (V/m), dipende, per quanto riguarda le linee elettriche aeree, dalla tensione dei conduttori, parametro che rimane pressoché costante lungo tutto il percorso dell'elettrodotto, e dalla distanza tra questi ed il terreno sottostante. Il campo elettrico generato dagli elettrodotti viene schermato molto facilmente dalla struttura stessa degli edifici. Inoltre l'interazione del campo elettrico con il corpo umano è di tipo superficiale: al di sotto della soglia di esposizione indicata nella normativa (5000 V/m) non si verificano interazioni.

Il **campo magnetico** (in letteratura scientifica indicato più propriamente come "**campo di induzione magnetica**"), misurato in microtesla (μT), dipende invece dall'intensità della corrente che transita lungo le linee, dalla geometria dei sostegni e dalla distanza dai conduttori. Nel caso delle linee elettriche l'intensità della corrente è fluttuante nel tempo, di conseguenza anche i livelli di campo magnetico generati rispecchiano l'andamento temporale della corrente. Il campo magnetico non risente in modo significativo della presenza di strutture (pareti, oggetti, ecc.) presenti nell'ambiente circostante e non è quindi facilmente schermabile.

Per la valutazione dell'esposizione a lungo termine della popolazione ai campi generati alla frequenza di rete di 50 Hz, la grandezza fisica che viene quindi presa in considerazione è il solo campo magnetico (*induzione magnetica*), visto che il campo elettrico viene facilmente schermato non raggiungendo all'interno degli edifici valori significativi.

METODI DI INDAGINE E MISURE SUL CAMPO

Il metodo individuato per l'effettuazione delle campagne di misura è suddiviso in due parti:

1. Identificazione delle abitazioni da monitorare in base alle indicazioni della normativa.
2. Esecuzione dei rilievi sia puntuali che prolungati nel tempo.

Al fine di identificare le abitazioni da monitorare, essendo queste già costruite al 2003 come le linee stesse, è stato deciso di calcolare il campo magnetico generato utilizzando come corrente di calcolo transitante negli elettrodotti la portata in corrente in servizio normale come definito nei decreti normativi per l'individuazione della distanza di prima approssimazione per le nuove costruzioni, ma proiettando al suolo l'isolinea del valore di $10 \mu\text{T}$, definita D_{10} , corrispondente al valore di attenzione che, ai fini normativi, risulta il limite da rispettare nel caso in oggetto. Si mostra in Figura 2 un esempio di cartografia del territorio sottoposto all'indagine con indicate la distanza D_{10} così individuata e le abitazioni monitorate:

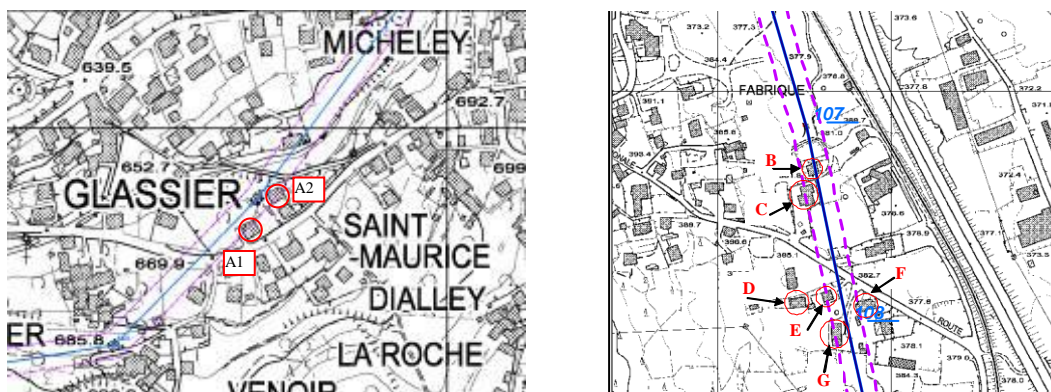


Figura 2. Esempi di abitazioni monitorate interne alla D_{10}

Sono quindi stati eseguiti sopralluoghi sistematici in tutte le zone individuate in tale fascia verificando la reale posizione tra elettrodotto ed edificio, nonché la reale destinazione d'uso degli edifici stessi. In alcuni casi è stato notato subito che la distanza tra conduttori e abitazioni era tale da non comportare un possibile superamento dei limiti e che l'eventuale esposizione dei residenti non risultava significativa, vedi foto di Figura 3:



Figura 3. Esempio di abitazioni rientranti nella D_{10} ma nello spazio distanti dai conduttori

In altri casi è stato ritenuto sufficiente effettuare esclusivamente misurazioni istantanee in esterno nell'intorno degli edifici a conferma della bassa interazione tra edificio e campo generato, vedi foto di Figura 4:



Figura 4. Esempio di abitazioni rientranti nella D_{10} in cui sono state effettuate solo misure esterne

In tutte quelle abitazioni chiaramente adibite a permanenza prolungata di persone poste molto in prossimità dei conduttori, vedi foto di Figura 5, sono state effettuate le misurazioni istantanee in esterno di campo elettrico e magnetico ma si è poi proceduto all'effettuazione di misure di campo magnetico all'interno sia istantanee che un rilievo prolungato nel tempo in un punto opportunamente scelto per alcuni giorni. Dai dati rilevati dalla misura prolungata nel tempo sono stati ricavati i valori delle massime mediane giornaliere da confrontare con il valore di attenzione individuato dalla normativa.



Figura 5. Esempi di abitazioni in cui sono stati effettuate indagini approfondite

Risultati

I risultati dei vari interventi sono riportati in relazioni o note tecniche specifiche per ogni situazione analizzata. Si riporta nel presente lavoro una tabella riassuntiva di tutti gli edifici riscontrati all'interno della D₁₀, il numero di quelli in cui è stato sufficiente effettuare misure in esterno per la valutazione del rispetto dei limiti ed infine il numero delle abitazioni in cui si sono effettuate le indagini approfondite con misure prolungate nel tempo.

	Edifici in D₁₀	Edifici con misure solo esterne	Edifici con misure esterne ed interne
380 kV	12	5	1
220 kV	150	19	28

Tabella 1. Riassunto degli edifici coinvolti nei controlli

Le misure sono state effettuate con modalità in linea con quanto definito nei decreti normativi, quindi il risultato fornito dall'analisi dei dati è da intendersi come esaustivo per quanto riguarda il rispetto del valore di attenzione per l'induzione magnetica nei giorni di misura e per il rispetto del limite di esposizione per il campo elettrico.

In nessuna abitazione monitorata è stato rilevato un superamento del valore di attenzione, mentre in un caso è stato misurato il superamento del limite di esposizione per il campo elettrico. In quel caso è stata attivata una procedura di bonifica che ha coinvolto l'amministrazione comunale, in quanto ente preposto alla sorveglianza sanitaria della popolazione, e il gestore della rete per le opportune modifiche alla linea atte al rientro dei valori al di sotto del limite.

Anche se non vi sono stati casi di superamento del limite per il campo magnetico i valori rilevati in taluni casi sono stati di tale entità, in riferimento soprattutto alla corrente transitante durante le misure, da richiedere un'analisi più approfondita per controllare se tale rispetto di limite veniva confermato nel tempo e, comunque, per valutare negli anni le variazioni di esposizione della popolazione residente.

Si è quindi proceduto, ove possibile, alla stima dell'esposizione della popolazione residente al campo magnetico generato dagli elettrodotti nel tempo.

STIMA DELL'ESPOSIZIONE NEL TEMPO

Uno dei problemi concreti legati alla sorveglianza dell'esposizione della popolazione al campo magnetico generato dagli elettrodotti è quello di poter valutare negli anni eventuali mutamenti dei valori di esposizione senza dover ripetere sistematicamente interventi di misurazione.

Quando il contributo è dovuto alla presenza di più sorgenti la difficoltà sostanziale è dovuta al fatto che generalmente non sono conosciute le differenze di fase tra gli elettrodotti insistenti in una zona, quindi anche se si è in possesso dei dati relativi alle correnti che transitano nelle linee non è possibile tramite le sole simulazioni ottenere un risultato attendibile.

Nei casi in cui invece vi è la sola presenza di un elettrodotto sul territorio indagato, per stimare l'esposizione della popolazione residente è sufficiente applicare ai dati di corrente di ogni anno il relativo coefficiente di correlazione campo/corrente calcolato secondo quanto definito dalla normativa vigente.

In un caso di presenza di due elettrodotti nella stessa zona è stato riscontrato, tramite una simulazione effettuata in corrispondenza dei punti di misura in correlazione con le correnti transitate nei medesimi istanti, che le correnti transitate nei due elettrodotti erano in fase tra loro ed è stato elaborato un metodo di analisi che permettesse il monitoraggio nel tempo del campo magnetico esclusivamente tramite simulazioni effettuate a partire dalle correnti in transito.

Quando, invece, non è individuabile alcun rapporto di fase tra le sorgenti in gioco non è possibile applicare il metodo sopra descritto: in questi casi una buona caratterizzazione spaziale dei punti di monitoraggio e la conoscenza sistematica degli andamenti delle correnti nel tempo, legata all'esperienza maturata negli anni, permette di valutare eventuali situazioni di criticità, ma solo le misure possono dare un'indicazione quantitativa di esposizione.

Monitoraggio del campo magnetico negli anni

Per fornire un'adeguata valutazione dell'esposizione a cui sono soggetti i residenti delle abitazioni prossime alle linee sono state valutate le medie annuali dell'induzione magnetica nei punti in cui erano state effettuate le misure prolungate, essendo questi rappresentativi della massima esposizione nei rispettivi edifici.

Per la verifica, invece, del rispetto del valore di attenzione negli anni sono stati elaborati i dati di corrente in modo da ricavare le mediane giornaliere per tutti i giorni di ogni anno e tra queste è stata individuata la massima ricavando da essa poi il valore del campo corrispondente.

L'analisi sul rispetto del valore di attenzione ha valenza solo per l'anno precedente le misure nel caso di un solo elettrodotto, e in ogni altro caso ha solo una valenza indicativa. L'eventuale risultato

che evidenziasse, però, un superamento di tale valore limite negli anni successivi, sarebbe l'indicazione della necessità di effettuare ulteriori misurazioni.

Negli anni dal 2005 al 2012 il gestore della rete elettrica nazionale ha fornito ad ARPA i valori delle correnti transitate in tutti gli elettrodotti che attraversano il territorio regionale, quindi è stato possibile effettuare le stime di esposizione e di rispetto del valore di attenzione per il campo magnetico per tali anni. Si riporta in Tabella 2 il numero di edifici, tra quelli per cui è stato possibile effettuare i calcoli previsionali come sopra descritto, suddivisi per classe di campo magnetico in cui ricade la corrispondente media annuale massima tra il 2005 e il 2012 e la massima mediana giornaliera nello stesso periodo. Tali dati vengono anche riportati insieme nel **Grafico 1**.

Classi di campo magnetico (μT)	N.° Edifici media annuale massima	N.° Edifici massima mediana giornaliera
0-0.5	4	0
0.5-1.0	0	2
1.0-3.0	9	2
3.0-5.0	4	7
5.0-8.0	0	3
8.0-10.0	0	2
> 10.0	0	1

Tabella 2. Numero di edifici per classi di campo magnetico per la media annuale massima e la massima mediana giornaliera

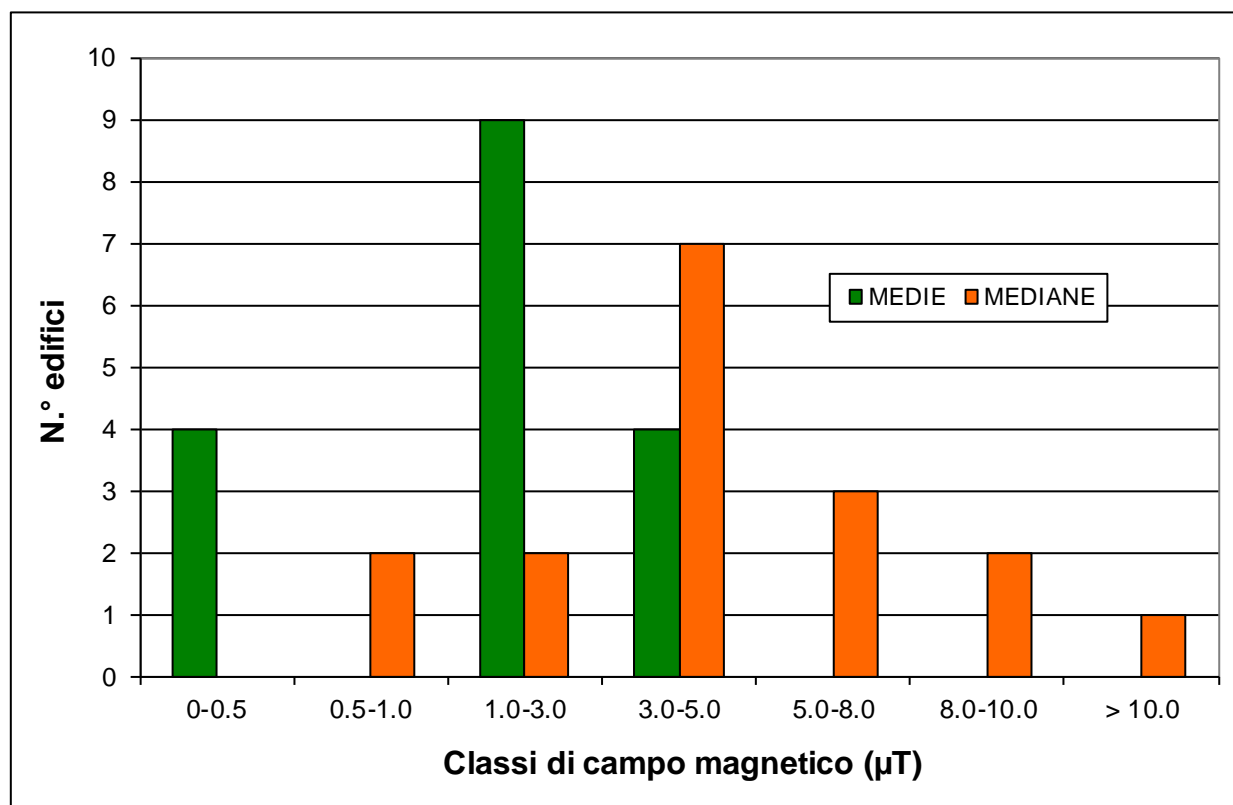


Grafico 1. Numero di edifici per classi di campo magnetico per la media annuale massima e la massima mediana giornaliera

CONCLUSIONI

In prospettiva di un sempre maggior afflusso di energia elettrica dalla Francia e dalla Svizzera. ARPA ha effettuato dei controlli sul territorio regionale lungo i percorsi degli elettrodotti di alta tensione a 220 e 380 kV, sia con l'intento di valutare l'esposizione della popolazione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza di rete di 50 Hz da tali elettrodotti, sia per verificare il rispetto dei limiti normativi.

Per determinare la presenza di edifici potenzialmente a rischio di superamento dei limiti normativi è stata individuata una fascia di territorio intorno agli elettrodotti con la stessa metodologia indicata dalla normativa per individuare la distanza di prima approssimazione.

Sono quindi stati effettuati sopralluoghi sul territorio nelle zone individuate e a seconda della reale distanza tra conduttori ed edifici si sono attuati interventi di misurazione dei campi elettrico e magnetico di diverso approfondimento.

Non sono stati riscontrati superamenti del valore di attenzione per il campo magnetico, mentre è stato misurato un superamento del limite di esposizione per il campo elettrico. In tale caso si è proceduto alla bonifica del sito.

L'elaborazione dei risultati delle misurazioni in relazione alla corrente transitante nello stesso momento nelle linee presenti sullo specifico territorio, hanno però evidenziato in taluni casi la possibilità che anche il limite per il campo magnetico potesse essere superato. Si sono quindi cercati dei metodi di valutazione indiretta dell'induzione magnetica che potessero permettere di monitorare le abitazioni tramite simulazioni a partire dai soli dati di corrente.

Quando la sorgente è il singolo elettrodotto si utilizza il metodo già individuato della normativa vigente, negli altri casi si è cercata la relazione di fase tra le linee e per una determinata situazione tale relazione è stata trovata e si è potuto impostare un'analisi specifica.

Grazie alle elaborazioni teoriche molte delle abitazioni in cui si sono effettuati i controlli di misura sono state monitorate negli anni, dal 2005 al 2012, a partire dai dati di corrente senza dover ripetere misurazioni sul posto.

In un solo giorno in una sola abitazione è stato riscontrato il possibile superamento del valore di attenzione per il campo magnetico, che però non si è più ripetuto negli anni a seguire.

Queste campagne sistematiche lungo i tracciati degli elettrodotti forniscono una conoscenza molto puntuale dell'impatto elettromagnetico dovuto agli elettrodotti di alta tensione sul territorio regionale e permette una costante verifica dei livelli di campo.