



RELAZIONE DI SINTESI

LIVELLI DI CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A 50 HZ E VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE NELLE SCUOLE MATERNE, ELEMENTARI, MEDIE E ASILI NIDO DELLA VALLE D'AOSTA

In adempimento all'accordo di programma stabilito con deliberazione n° 924 del 29/04/02, tra l'ASL della Valle d'Aosta e l'A.R.P.A., è stata condotta una campagna di misure dei livelli di campo elettrico e magnetico generati alla frequenza di rete di 50 Hz in tutte le scuole materne, elementari, medie e asili nido, pubbliche e private, della Valle d'Aosta. In base ai dati ottenuti dai rilievi, si è valutata l'esposizione dei bambini durante la loro permanenza a scuola.

L'attività svolta, illustrata nella presente relazione di sintesi, è stata estesa rispetto agli obiettivi indicati nell'accordo di programma, che prevedeva la valutazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete di 50 Hz nel 50 % delle scuole della regione, con particolare riferimento all'individuazione degli ambienti interessati dalla vicinanza a linee elettriche ad alta e media tensione. Si è ritenuto opportuno estendere l'indagine a tutte le scuole frequentate nella fascia di età da 0 a 14 anni, e considerare tutte le sorgenti di campo a 50 Hz: non solo le linee di trasporto dell'energia elettrica ad alta e media tensione, ma anche la rete di distribuzione locale e interna agli edifici, e i dispositivi alimentati ad energia elettrica. Ciò al fine di pervenire ad una conoscenza completa dei livelli di esposizione della popolazione da 0 a 14 anni in ambiente scolastico.

Il metodo di lavoro seguito da questa Agenzia per la realizzazione della campagna di misure è stato il seguente:

- Effettuazione di misure sistematiche di campo magnetico negli ambienti interni degli edifici scolastici, in **tutti** i locali accessibili ai bambini utilizzati per l'attività scolastica e di servizio, per **ogni** edificio scolastico ospitante scuole materne, elementari, medie o asili nido pubbliche e private sull'intero territorio regionale.
- Effettuazione di misure esterne di campo magnetico e di campo elettrico lungo tutto il perimetro dell'edificio, in tutte le scuole in prossimità di linee elettriche ad alta tensione e soggette alla loro influenza. In queste situazioni, effettuazione di misure prolungate nel tempo di campo magnetico in un punto interno all'edificio rappresentativo delle condizioni di occupazione, al fine di valutare l'andamento temporale dei livelli di campo.

- Nel caso di presenza di cabine di trasformazione elettrica, o di linee elettriche di distribuzione a media e bassa tensione, effettuazione di misure puntuali, o lungo percorsi definiti, sia di campo magnetico che eventualmente di campo elettrico.
- Nel caso di individuazione di sorgenti interne di campo magnetico, caratterizzazione del campo nel loro intorno, sia con misure puntuali che prolungate nel tempo. Definizione della sorgente di campo e valutazione dei provvedimenti, immediati o richiedenti modifiche strutturali, per ridurre l'esposizione dei bambini.
- In tutti i casi di rilevazione di livelli locali di campo magnetico superiori al fondo ambientale, redazione di una Nota Tecnica descrivente la situazione riscontrata e contenente l'indicazione dei provvedimenti attuabili per ridurre i valori di campo magnetico. Invio della nota tecnica agli organi competenti.

Per lo svolgimento del programma di lavoro è stato necessario contattare ed ottenere informazioni e materiale da diversi soggetti pubblici e privati.

Inizialmente è stata inviata alla Sovrintendenza agli Studi una lettera informativa sulla campagna di misure prevista dall'accordo di programma, in modo che venissero preventivamente informati tutti i dirigenti scolastici. Successivamente, questa Agenzia contattava direttamente le direzioni scolastiche alcuni giorni prima della data dell'intervento, in modo che i dirigenti scolastici potessero avvertire gli insegnanti e permettessero l'accesso agli edifici ai tecnici ARPA per l'esecuzione dei rilievi.

Per la programmazione degli interventi e al fine di permettere una ordinata ed efficace raccolta e referenziazione dei dati delle misure, si sono richieste ed ottenute da tutti i Comuni, sul cui territorio fossero presenti scuole, le planimetrie degli edifici scolastici, con indicate le destinazioni d'uso dei locali.

Nel caso di scuole private, sono stati contattati gli enti proprietari o gestori delle strutture.

Grandezze fisiche misurate

Le grandezze fisiche implicate nello studio in oggetto sono il **campo elettrico** generato dalle parti in tensione ed il **campo magnetico** generato dal passaggio della corrente elettrica negli elettrodotti ad alta o media tensione per il trasporto dell'energia elettrica, nelle linee di distribuzione dell'energia elettrica negli edifici e negli impianti e dispositivi alimentati ad energia elettrica. 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 esterne, 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. Negli impianti interni e per quanto riguarda le apparecchiature ad alimentazione elettrica presenti in ambiente abitativo, il campo elettrico localmente generato da impianti e dispositivi a bassa tensione (tipicamente 220 V), raggiunge valori molto bassi, poco significativi da un punto di vista protezionistico.

Il **campo magnetico** (in letterature scientifica indicato più propriamente come "*campo di induzione magnetica*"), misurato in microtesla (μT), dipende invece dall'intensità della corrente che transita lungo le linee o che viene assorbita dalle apparecchiature elettriche. Esso non risente in modo significativo della presenza di strutture (pareti, oggetti vari, ecc.) presenti nell'ambiente circostante e non è quindi possibile schermarlo. Inoltre, nel caso delle linee elettriche, l'intensità della corrente è fluttuante nel tempo perché rispecchia la richiesta di energia degli utilizzatori dell'elettrodotto; di conseguenza anche i livelli di campo magnetico generati rispecchiano l'andamento temporale della corrente.

Entrambi i campi sono funzione della distanza dalle sorgenti, siano esse conduttori di linea o apparecchiature elettriche, e diminuiscono allontanandosi da esse. In particolare, laddove la sorgente è costituita da apparecchiature elettriche, la diminuzione dei livelli di campo nello spazio circostante è molto rapida, a causa delle dimensioni contenute della sorgente e della configurazione delle correnti interne.

I due campi, elettrico e magnetico, devono essere misurati e valutati separatamente: alla frequenza di rete di 50 Hz non è possibile risalire dalla misura o valutazione di uno al valore dell'altro.

Per la valutazione dell'esposizione della popolazione ai campi generati alla frequenza di rete di 50 Hz, la grandezza fisica che viene presa in considerazione da un punto di vista radioprotezionistico è il campo magnetico (*induzione magnetica*). Ciò è dovuto al fatto che il campo elettrico non raggiunge all'interno degli edifici valori significativi; inoltre l'interazione del campo elettrico con il corpo umano è di tipo superficiale. Al contrario, il campo magnetico, che non può essere schermato, agisce in profondità sull'organismo intero.

Normativa vigente e valori di riferimento

La normativa vigente riferita alla protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici dovuta ad elettrodotti, è la seguente:

- Legge n. 36 del 22/02/01: “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.” (Gazzetta Ufficiale n. 55 del 7 marzo 2001), con il decreto applicativo, previsto dall’art. 4:
- DPCM 08/07/03 “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.” (Gazzetta Ufficiale n. 200 del 29 agosto 2003)

I livelli di riferimento previsti dal suddetto decreto applicativo sono:

Tipo di campo	Limiti di esposizione	Valori di attenzione	Obiettivi di qualità
Elettrico	5000 V/m	Non previsto	Non previsto
Magnetico	100 μT	10 μT	3 μT

- **Limiti di esposizione:** sono i valori che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori.
- **Valori di attenzione:** non devono mai essere superati nelle aree gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza di persone non inferiore a quattro ore giornaliere.
- **Obiettivi di qualità:** da rispettare nella progettazione di nuovi elettrodotti e nella progettazione di nuovi insediamenti abitativi, di nuove aree gioco per l’infanzia, di nuovi ambienti scolastici e in generale di luoghi adibiti a permanenza di persone non inferiore a quattro ore giornaliere in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti sul territorio.

I limiti di esposizione sono stati introdotti a tutela della salute umana contro l’insorgenza degli effetti acuti, immediatamente conseguenti all’esposizione, mentre i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità hanno l’intento di tutelare la popolazione da eventuali effetti sulla salute a lungo termine.

La legge quadro sull’inquinamento elettromagnetico n.36 del 22/2/2001 prevede inoltre, all’art. 12, l’emanazione di un apposito decreto in cui siano indicate: “(...) le informazioni che i fabbricanti di apparecchi e dispositivi, in particolare di uso domestico, individuale o lavorativo, generanti campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, sono tenuti a fornire agli utenti, ai lavoratori e alle lavoratrici, mediante apposite etichette o schede informative. Le informazioni devono riguardare, in particolare, i livelli di esposizione prodotti dall’apparecchio o dal dispositivo, la distanza di utilizzo consigliata per ridurre l’esposizione al campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico e le principali prescrizioni di sicurezza. (...)”.

Attualmente tale decreto non è ancora stato emanato.

Strumentazione utilizzata per l'effettuazione dei rilievi

La strumentazione utilizzata per l'indagine sull'esposizione al campo magnetico ed elettrico generato alla corrente di rete di 50 Hz nelle scuole della Valle d'Aosta è la seguente:

Misuratore di campo elettrico e magnetico ENERTECH Consultants. mod. EMDEXII

Risposta in frequenza: 40 – 800 Hz

Intervallo misura: Campo elettrico 10 – 15 000 V/m ; Induzione magnetica 0,01 – 300 μ T

Indeterminazione associata alla singola misura: ± 1 %.

Sistema LINDA

Accessorio a ruota di bicicletta per l'acquisizione automatica delle misure di campo magnetico in funzione della distanza percorsa- da accoppiare al misuratore EMDEXII

Indeterminazione associata alla singola misura: ± 2 %.

Misuratore di campo elettrico e magnetico ENERTECH Consultants. mod. EMDEX LITE

Risposta in frequenza: 40 – 800 Hz

Intervallo misura: Induzione magnetica 0,01 – 70 μ T

Indeterminazione associata alla singola misura: ± 2 %.

Sistema E-PROBE

Sonda di misura del campo elettrico completa di fioretto isolante telescopico di lunghezza fino a 1.5 m - da accoppiare al misuratore EMDEXII

Campo di misura 10V/m – 18kV/m

Risoluzione 1 V/m conforme alle norme IEEE Standards

Indeterminazione associata alla singola misura: ± 2 %.

Scuole oggetto della campagna

I rilievi di campo elettromagnetico generato alla frequenza di rete di 50Hz sono stati effettuati in tutti gli edifici scolastici pubblici e privati sul territorio della Valle d'Aosta, aperti e utilizzati nel periodo della campagna.

Nella seguente tabella è indicato il numero delle scuole visitate e il numero di bambini e di docenti coinvolti nelle misurazioni, suddivisi per tipologia di scuola:

Tipo di scuola	N° di scuole visitate	N° di bambini	N° di docenti
Asilo nido	11	406	99
Garderie	12	224	39
Materna	91	3240	449
Elementare	83	4971	671
Media	21	3177	601

In totale sono state visitate **218** scuole, situate in **154** edifici, ospitanti circa **12000** bambini, pari al 10% circa della popolazione regionale.

Raccolta informazioni

Al fine di raccogliere le informazioni utili alla caratterizzazione dell'edificio scolastico e delle aule, in ordine alla presenza di sorgenti di campo a 50 Hz, nonché le informazioni concernenti l'occupazione dei locali da parte di allievi e personale scolastico, si è predisposta una "scheda tecnica per raccolta informazioni". Tale scheda, di seguito riportata, da compilare durante l'intervento, è suddivisa in cinque parti:

- 1) Dati generali sulla scuola e sull'intervento
- 2) Dati generali sul numero di alunni e di personale scolastico e orario di apertura scuola
- 3) Aspetti architettonici dell'edificio scolastico
- 4) Descrizione dell'ambiente circostante alla luce di possibile presenza di impianti generatori o utilizzatori di corrente elettrica.
- 5) Elenco di attrezzature interne connesse all'utilizzo di corrente elettrica e descrizione del tipo di impianto di riscaldamento e del tipo di impianto di illuminazione.

Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente
Regione Autonoma Valle d'Aosta
Sezione Radiazioni Ionizzanti, Non Ionizzanti, Rumore e Vibrazioni – C.R.R.

SCHEMA TECNICA

Comune:	
Scuola:	
Via:	
Operatori:	
Data:	

Descrizione scuola

a. Dati generali

Grado			
N° Alunni			
N° Lavoratori			
Orario presenza alunni			
Orario presenza personale			

Note:

b. Aspetti architettonici

N° Piani edificio <small>(Fuori terra / interrati)</small>	
N° Aule	
N° Refettori	
N° Dormitori	
Altri locali	
Giardino <small>Definire se utilizzato, attrezzato con giochi, aree per pranzo/merenda o altro)</small>	

Note:

c. Ambiente circostante

Edificio sorge in:	? Centro abitato ? Zona rurale ? Presso imp. industrial
Sono visibili elettrodotti?	? No ? 380 kV ? 220 kV ? 132 kV ?
Sono visibili cabine di trasformazione elettrica?	
Sono visibili impianti di altro genere?	

Note:

d. Attrezzature interne

? Forni	? Centrale termica
? Lavastoviglie	? Quadri elettrici
? Lavatrici	?
? Ascensore/Montacarichi	?

Descrivere il tipo di impianto di illuminazione e indicare se durante rilievi è in funzione:

.....

Descrivere il tipo di impianto di riscaldamento e indicare se durante rilievi è in funzione:

.....

.....

Metodi di misura

Protocollo base per misure interne

Il metodo di misura utilizzato nella presente indagine per quanto riguarda le misure interne di campo magnetico, è quello consigliato dalla norma CEI 211-6, data di pubblicazione 2001-01: misura puntuale al centro stanza e nei quattro angoli in ogni locale in cui vi sia accesso e permanenza di persone, ad un'altezza dal suolo compresa tra 1 e 1.5 m. Si riporta in figura 1 un esempio di misurazione interna ad un locale.

Figura 1. Misure nei locali nei quattro angoli e nel centro stanza.



a. Misura in un angolo



b. Misura in un altro angolo



c. Misura nel centro stanza

Ogni locale accessibile ai bambini sia per uso didattico che ricreativo (aule, aule speciali, palestra, ecc.) è stato oggetto delle rilevazioni eseguite come sopra descritto. Inoltre, anche in locali non di lunga permanenza (bagni, spogliatoi, magazzini, ecc.) si sono eseguiti i controlli con misura del campo nel centro stanza. Sono stati oggetto di intervento anche i locali in cui non vi è accesso ai bambini, ma al personale non docente, come cucine, locali bidelli, ecc.

Presenza di sorgenti all'interno dei locali

Sono state effettuate misure in tutti i punti interni accessibili, nelle vicinanze di sorgenti di campo (quadro elettrico, centrale termica, centrale elettrica, scatola di derivazione dell'impianto elettrico, ecc.). Le misure in questi casi, sono state eseguite a tre diverse distanze dalla sorgente: 10 cm, 50 cm e 100 cm. Nel caso in cui, a 1 m di distanza dalla sorgente si fosse rilevata ancora la presenza del campo generato, si è cercata la distanza alla quale il contributo è trascurabile.

In figura 2 si riporta un esempio di tale tipo di controllo:

Figura 2. Misure in prossimità di un quadro elettrico



a. Misura a 10 cm dalla sorgente



b. Misura a 50 cm dalla sorgente



c. Misura a 100 cm dalla sorgente

Nell'eseguire tali controlli si deve tenere ben conto del fatto che il campo magnetico non viene schermato dai muri, per cui oltre a controllare il valore del campo nella stanza in cui è posta la sorgente, è necessario effettuare misure anche dall'altra parte della parete divisoria. Si riporta in figura 3 un esempio in cui la sorgente di campo magnetico si trova nella stanza sottostante, ma se ne risente la presenza al piano superiore.

Figura 3. Misura in presenza di cavi elettrici al di sotto del pavimento



a. Misura a contatto del pavimento



b. Misura a 50 cm dal pavimento



c. Misura a 100 cm dal pavimento

Elettrodotti in prossimità dell'edificio scolastico

Nel caso di presenza di un elettrodotto vicino ad un edificio scolastico, oltre alle misure interne di campo magnetico eseguite come sopra descritto, si sono effettuate misure sia di campo magnetico che di campo elettrico lungo percorsi esterni definiti sul posto a seconda della disposizione dell'elettrodotto rispetto all'edificio. Di norma si è sempre eseguita una misura di entrambi i campi generati dall'elettrodotto lungo il perimetro dell'edificio ed una misura lungo una sezione perpendicolare alle linee.

Nella sequenza di foto di figura 4 vengono mostrate alcune fasi di tali misurazioni: nelle foto a e b si sta misurando il campo magnetico lungo il perimetro dell'edificio con l'utilizzo del misuratore di campo "Linda" a ruota di bicicletta. Nelle foto c, d, e, f si sta effettuando il rilievo del campo elettrico in punti significativi lungo il perimetro dell'edificio, con l'aiuto del fioretto telescopico isolante.

Figura 4. Misure in presenza di elettrodotto



a. Misura di campo magnetico



b. Misura di campo magnetico



c. Misura di campo elettrico



d. Misura di campo elettrico



e. Misura di campo elettrico



f. Misura di campo elettrico

Misure prolungate nel tempo

In tutte le scuole in prossimità di elettrodotti e in tutte le situazioni in cui si è riscontrata una variabilità temporale del campo magnetico, si sono eseguite misure prolungate nel tempo, per 24 ore o una settimana.

In figura 5 è riportato un esempio del posizionamento dello strumento utilizzato per tale tipo di misura e un grafico dell'andamento del campo magnetico nell'arco di una settimana:

Figura 5. Misure in continuo.



Posizionamento dello strumento

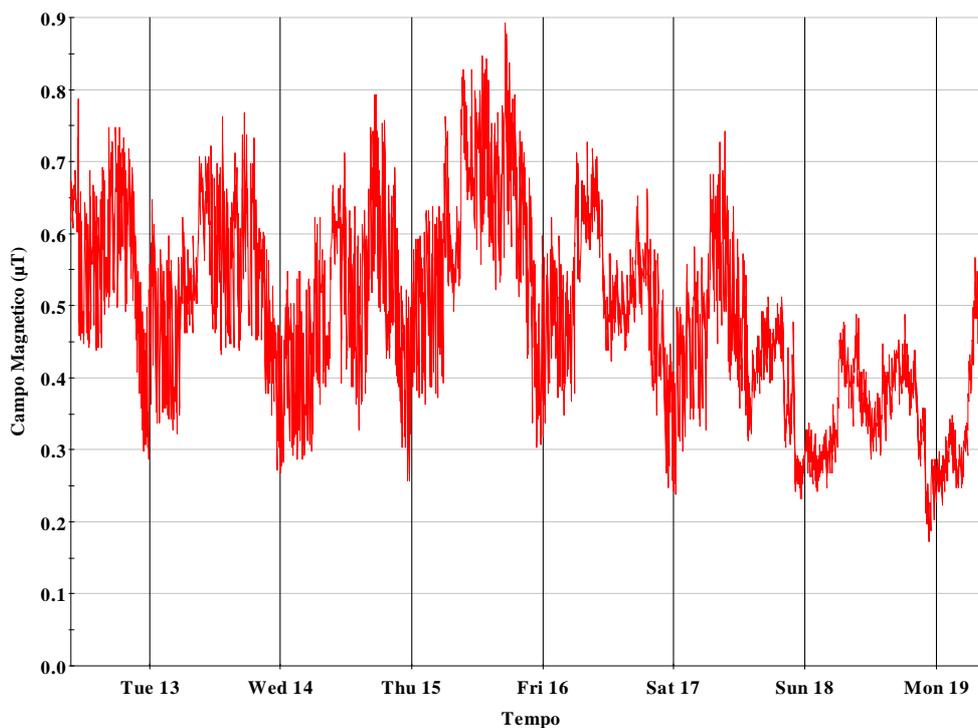


Grafico della variazione temporale di campo magnetico in presenza di un elettrodotto

Sorgenti di campo riscontrate

Fonti di campo magnetico generato alla frequenza di rete di 50 Hz e presenti in ambiente di vita sono:

In esterno:

- ✓ Elettrodotti ad alta o media tensione e relative cabine di trasformazione.
- ✓ Cavi a bassa tensione per la distribuzione negli abitati della corrente elettrica, sia aerei che interrati

All'interno:

- ✓ L'impianto elettrico dell'edificio stesso (quadri elettrici, linee di collegamento luci, scatole di derivazione, ecc.).
- ✓ Apparecchiature funzionanti con corrente elettrica.

Elettrodotti aerei ad alta e media tensione

Gli elettrodotti ad alta e media tensione sono le sorgenti più visibili (vedi figura 6) e delle quali l'opinione pubblica avverte maggiormente l'impatto. Gli elettrodotti sono soggetti a normative che ne regolano l'installazione rispetto agli edifici circostanti e ne limitano i livelli di campo generati sul territorio.

Figura 6. Edificio scolastico in prossimità di un elettrodotto



Linee di distribuzione a bassa tensione, aeree o interrato

Le linee a bassa tensione per la distribuzione dell'energia negli insediamenti abitativi, siano esse linee aeree, quindi visibili, o interrato, di cui non si nota la presenza, sono invece una sorgente di campo che desta meno attenzione. In figura 7 si riporta una situazione in cui sono evidenti i cavi esterni per la distribuzione dell'energia elettrica negli abitati posati sulle facciate degli edifici.

Figura 7. Cavi aerei per la distribuzione dell'energia elettrica negli abitati



In figura 8 si mostra invece una sequenza di foto che illustra i rilievi necessari in presenza di cavi elettrici interrati. Tale controllo si esegue perchè sono stati misurati livelli di campo magnetico anomali nelle aule dell'edificio vicino, attribuibili alla presenza di cavi interrati esterni.

Figura 8. Misura di campo magnetico generato da cavi interrati



a. Misura ad altezza 1 m



b. Misura sul piano stradale, a contatto cinta



c. Ricerca percorso cavi, misura a bordo strada



d. Ricerca percorso cavi, misura a centro strada



e. Ricerca percorso cavi, misura a centro strada



f. Ricerca percorso cavi, misura a bordo strada

Apparecchiature alimentate a energia elettrica

Le apparecchiature alimentate ad energia elettrica, sempre più utilizzate in ambito domestico, vengono spesso trascurate dall'opinione pubblica come possibili fonti di campo magnetico. Esse, invece, generano, nell'intorno del loro punto di alimentazione elettrica, un campo magnetico che in alcuni casi può essere anche particolarmente elevato (qualche decina di μT). Tale campo però decresce molto velocemente allontanandosi dalla sorgente: a circa 50 cm dalla sorgente la riduzione di campo è tipicamente del 90%, e ad 1 m di distanza in genere non se ne risente più l'effetto. Ciò significa che tali fonti di campo magnetico devono essere valutate nella loro specifica collocazione all'interno dei locali. In alcune particolari situazioni possono portare ad un'esposizione puntuale molto elevata.

Vengono nel seguito descritte le apparecchiature sorgenti di campo magnetico a 50 Hz più frequentemente utilizzata negli ambienti scolastici visitati.

- Radio registratori

I radio registratori sono apparecchi di uso comune in tutte le scuole. In molte scuole materne ed asili nido, essi vengono utilizzati nei locali dormitorio per facilitare il sonno dei bambini. In questi casi, spesso le radio sono poste in prossimità di uno o due lettini (vedi figura 9). I bambini che dormono in tali lettini si trovano ad avere la testa esposta ad un campo magnetico più alto rispetto a quello presente nel resto della stanza. Inoltre anche se le radio si spengono, ma si lascia inserita la spina nella presa, si ha comunque generazione di campo magnetico. Per ovviare a tale problema è sufficiente spostare la radio a più di 1 m dai lettini, oppure disinserire la spina dalla presa nel momento in cui non servono più, evitando l'esposizione indebita a campo magnetico dei bambini.

Figura 9. Misure in prossimità di un radio registratore posto vicino ad un lettino



a. Misura vicino all'alimentazione elettrica



b Misura sul vicino lettino

- Termoventilatori

Altre sorgenti di campo magnetico presenti in molte scuole sono i termoventilatori utilizzati per il riscaldamento delle aule. In locali con poco spazio a disposizione, è possibile che banchi o postazioni di lavoro e gioco fisse siano a ridosso di tali apparecchiature (vedi figura 10).

Figura 10. Esempi di termoventilatori installati nelle aule



a. Termoventilatore in un'aula didattica



b. Termoventilatore in uno spazio gioco

È necessario fare una distinzione tra due tipi di termoventilatori. Il modello più utilizzato è quello in cui il riscaldamento è ad acqua e vi è presente una ventola per il ricircolo dell'aria: è l'alimentazione di tale ventola che produce il campo magnetico, e i valori, pur cambiando da modello a modello, sono dello stesso ordine di grandezza delle altre apparecchiature ad alimentazione elettrica, fino a qualche decina di μT a contatto. L'altra tipologia di termoventilatore presente in alcuni edifici scolastici, utilizzato prevalentemente in locali privi di allacciamento all'impianto di riscaldamento generale, è totalmente elettrico, cioè anche il riscaldamento avviene con assorbimento di energia elettrica che scalda delle resistenze. Tale termoventilatore genera nel suo intorno un campo magnetico molto alto, superiore a $100 \mu\text{T}$, e anche se il campo decresce velocemente con la distanza, a 1 m se ne risente ancora l'influenza. L'unico modo di diminuire l'esposizione ai campi generati da questi dispositivi, è allontanare da esse le postazioni fisse, avendo l'accortezza di verificare che non vi siano postazioni fisse anche dall'altra parte della parete in cui è installato il termoventilatore perchè, come già più volte osservato, il campo magnetico non viene schermato dai muri.

- Computer e attrezzature informatiche

Oggi, in tutte le scuole di qualsiasi grado, sono presenti aule dedicate all'uso dei computer e delle apparecchiature informatiche. Se non è possibile adibire un'aula a tale scopo, i computer vengono collocati ed utilizzati nelle aule per la normale didattica. Come tutti i dispositivi alimentati ad energia elettrica, i computer e le apparecchiature informatiche generano un campo magnetico a 50 Hz nell'intorno della loro alimentazione elettrica. L'alimentazione elettrica si trova generalmente in posizione laterale o posteriore rispetto alla postazione di lavoro; la distanza quindi dell'operatore dalla fonte di campo è sufficiente per ridurre quasi completamente un'eventuale esposizione indebita. In un'aula, però, in cui siano contemporaneamente in funzione molte postazioni di lavoro, oppure quando tali postazioni sono installate all'interno delle normali aule didattiche, è necessario avere l'accortezza di valutare la disposizione dei banchi rispetto alle apparecchiature stesse. Si deve cercare di evitare che le postazioni di lavoro siano a diretto contatto con la parte laterale o posteriore delle attrezzature della postazione di lavoro contigua.

Si mostra in figura 11 un esempio di aula informatica in una scuola:

Figura 11. Aula di informatica



Impianto elettrico interno

In questa campagna di misura si è anche verificato che i percorsi e le modalità di posa dei cavi dell'impianto elettrico per la distribuzione dell'energia negli edifici sono molto importanti nella generazione di zone di maggior esposizione al campo magnetico. Infatti una posa dei cavi troppo superficiale o un loro accumulo nelle scatole di derivazione, producono vere e proprie fasce o zone localizzate, lungo i pavimenti o i muri, in cui l'esposizione aumenta rispetto al resto dell'edificio (vedi figura 12). Anche in questi casi è importante allontanare da tali zone le postazioni fisse di lavoro. In alternativa, si deve provvedere ad una ristrutturazione dell'impianto.

Figura 12. Misure di campo magnetico generato dal passaggio dei cavi dell'impianto elettrico interno



a. Misura in prossimità di una scatola di derivazione



b. Misura lungo il percorso dei cavi a pavimento



c. Misura lungo il percorso dei cavi a pavimento



d. Misura di controllo su di un banco

In molti casi, i cavi elettrici responsabili di un aumento di campo magnetico localizzato all'interno di un'aula sono quelli di alimentazione dei tubi al neon dell'impianto di illuminazione artificiale.

Valutazione dell'esposizione in ambiente scolastico della popolazione infantile da 0 a 14 anni in Valle d'Aosta

In base alle misure interne agli edifici scolastici, alle misure esterne nel caso di presenza di elettrodotti in prossimità delle scuole e delle misure in continuo, si è valutata per ogni scuola l'esposizione dei bambini. Tale valutazione è stata eseguita solo per il campo magnetico in quanto, anche per le scuole in vicinanza di elettrodotti, non sono stati misurati livelli di campo elettrico anomali, ovvero diversi da quelli normalmente presenti in qualsiasi abitazione.

Essendo il campo magnetico una grandezza variabile sia nello spazio che nel tempo, si pone il problema di attribuire un valore di esposizione ai soggetti interessati. A tal fine si è proceduto individuando preliminarmente 8 classi di esposizione:

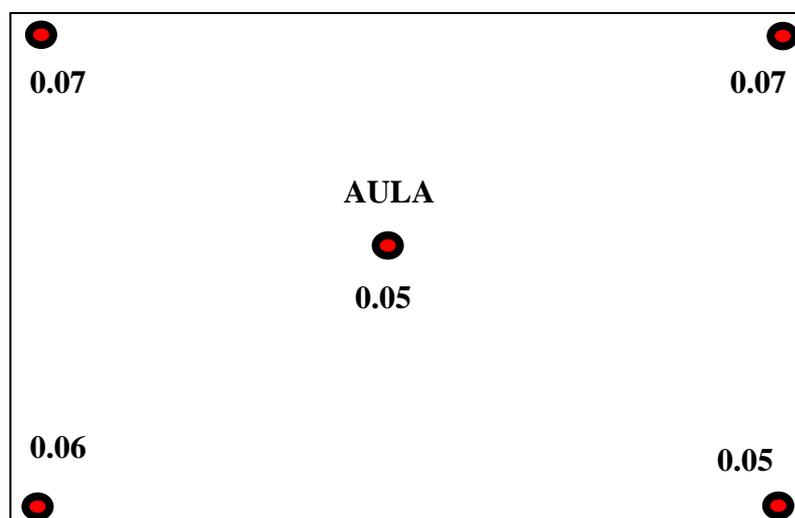
- $< 0.02 \mu\text{T}$
- $0.02-0.05 \mu\text{T}$
- $0.05-0.10 \mu\text{T}$
- $0.10-0.20 \mu\text{T}$
- $0.20-0.50 \mu\text{T}$
- $0.50-1.00 \mu\text{T}$
- $1.00-3.00 \mu\text{T}$
- $> 3.00 \mu\text{T}$

La suddivisione delle classi è stata effettuata tenendo conto della frequenza dei livelli rilevati nel corso della campagna; questo spiega perché l'ampiezza degli intervalli scelti non è costante. Si è inoltre considerato il livello di $3 \mu\text{T}$ in quanto è il valore di riferimento più restrittivo (obiettivo di qualità) contenuto nella vigente normativa, anche se tale limite ha valore per le sole situazioni di progetto in prossimità ad elettrodotti.

Modalità di valutazione

Si è quindi valutato a quale classe di esposizione appartengono i valori di campo rilevati in ogni singola aula. Un esempio è riportato in figura 13: in questo caso tutti i valori misurati ricadono nella stessa classe

Figura 13. Punti di misura in un'aula con valutazione della classe di esposizione

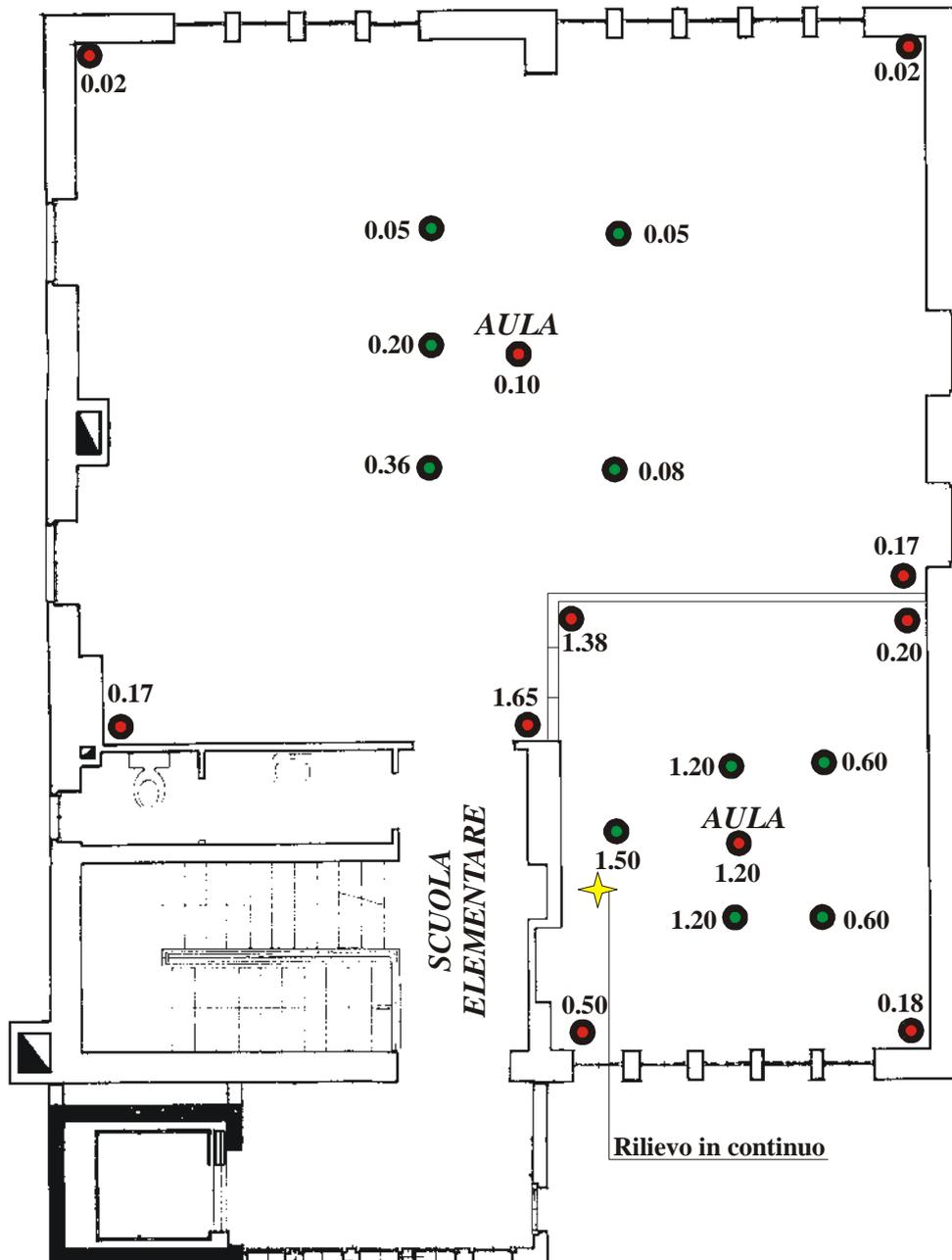


CLASSE DI ESPOSIZIONE: 0.05 – 0.10

Nel caso in cui i valori rilevati in un'aula non fossero compresi tutti in un'unica classe di misura, si è considerato come valore rappresentativo dell'aula la mediana. Questa operazione è stata effettuata per tutte le aule di una scuola, pervenendo all'attribuzione di ogni aula della scuola ad una classe di esposizione. Nei casi particolari in cui la variazione di livello di campo all'interno dell'aula fosse riconducibile a presenza di sorgenti in grado di influenzare i livelli di una parte considerevole dello spazio dell'aula, si è suddiviso ulteriormente lo spazio utile in unità inferiori rispetto all'aula.

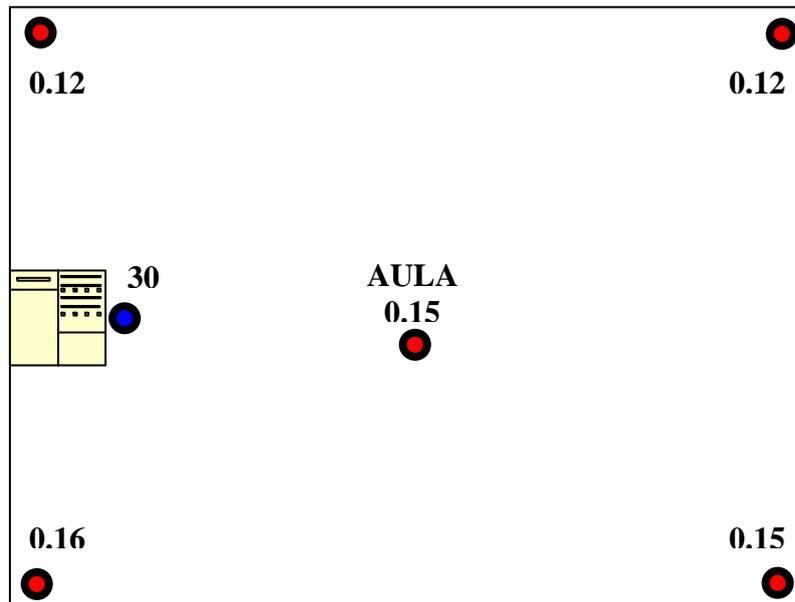
Un esempio di situazione di maggiore complessità è riportata in figura 14:

Figura 14. Aule con una distribuzione complessa di valori di campo magnetico



I punti di misura con livelli di campo particolarmente elevati a contatto di apparecchiature elettriche non sono stati considerati in questa fase, perchè non rappresentativi di situazioni di esposizione continuativa. Un esempio di tale situazione è riportato in figura 15:

Figura 15. Aula con un dispositivo alimentato ad energia elettrica

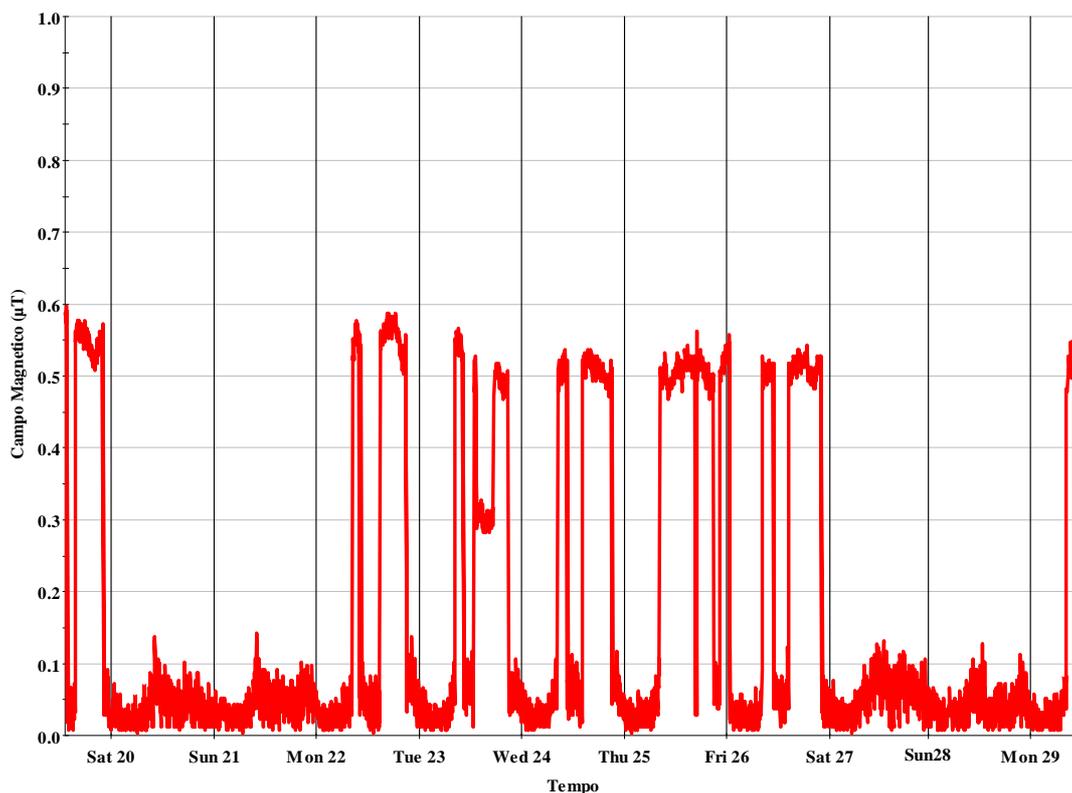


CLASSE DI ESPOSIZIONE: 0.10 – 0.20

In casi di questo tipo, sono state date indicazioni per impedire materialmente la presenza dei bambini vicino all'apparechiatura, nel punto con valore di campo di 30 μ T.

Nel caso in cui la variabilità all'interno delle aule è di tipo temporale, si è valutato il valore medio del campo magnetico misurato nell'arco di una giornata o di una settimana, nelle ore di frequenza scolastica: i bambini sono stati inseriti nella classe di esposizione entro la quale ricadeva tale valore di campo. Si riporta in figura 16 un esempio di aula con variazione temporale dei livelli di campo magnetico. Il monitoraggio è stato protratto per una settimana.

Figura 16. Andamento temporale del campo magnetico. Variazione legata all'utilizzo dei neon per l'illuminazione artificiale dell'aula.



In orario scolastico, il livello medio di campo magnetico è, nel punto considerato, 0.5 µT.

La descrizione dettagliata di tutte le situazioni rilevate con livelli di campo magnetico che risentono della presenza di sorgenti specifiche è contenuta, con riferimento ai singoli edifici scolastici, nelle Note Tecniche redatte durante la campagna e inviate agli organi competenti. Le Note Tecniche sono allegate alla presente Relazione di sintesi.

Esposizione in ambiente scolastico della popolazione infantile a livelli di campo magnetico a 50 Hz

Si è quindi suddivisa l'intera popolazione della scuola in parti proporzionali al numero di aule ricadenti nelle diverse classi di esposizione, pervenendo in questo modo ad una quantificazione del numero di bambini della scuola per ogni classe di esposizione.

Le aule speciali, tutte oggetto di rilievi secondo le procedure descritte, non sono state considerate al fine di valutare l'esposizione media dei bambini, infatti il tempo di permanenza in tali locali dei bambini, presi singolarmente, risulta inferiore rispetto alle normali aule di didattica.

I risultati della valutazione dell'esposizione della popolazione in età scolare tra 0 e 14 anni all'interno delle strutture scolastiche della Valle d'Aosta sono riportati nei grafici che seguono, in cui si mostra la distribuzione complessiva degli alunni in funzione della classe di esposizione e la distribuzione percentuale di alunni in funzione della classe di esposizione con riferimento ad ogni tipologia di scuola (asilo nido, materna, ecc.).

Grafico 1. Numero totale di alunni per classe di esposizione

Grafico 2. Percentuale totale di alunni per classe di esposizione, rispetto al totale della popolazione scolastica

Grafico 3. Percentuale di alunni per classe di esposizione, rispetto alla popolazione scolastica dei diversi tipi di scuola

Grafico 1: Livelli di campo magnetico a 50 Hz nelle scuole della Valle d'Aosta (0-14 anni).
Numero totale di alunni per classe di esposizione:

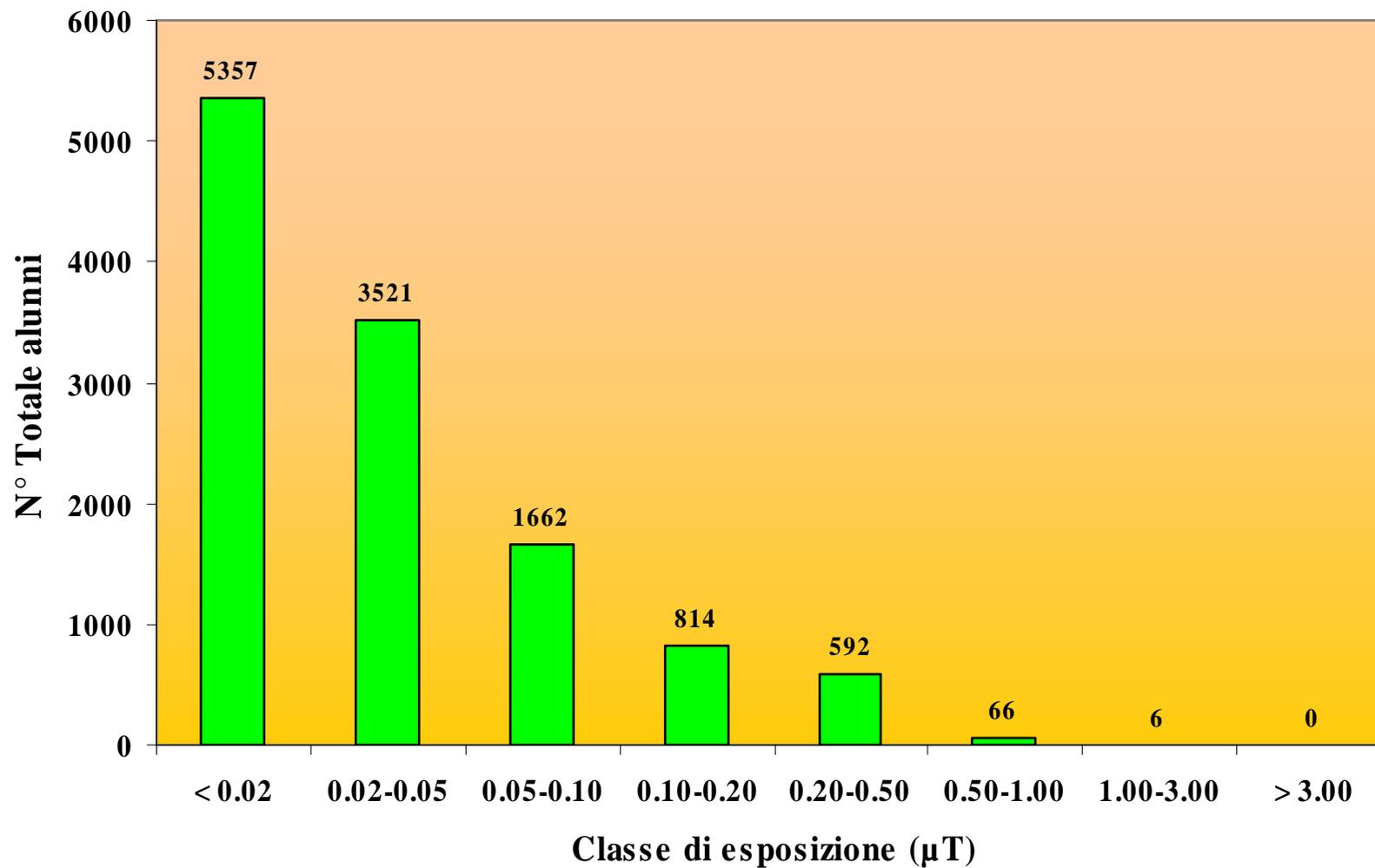


Grafico 2: Livelli di campo magnetico a 50 Hz nelle scuole della Valle d'Aosta (0-14 anni).
Percentuale totale di alunni per classe di esposizione, rispetto al totale della popolazione scolastica

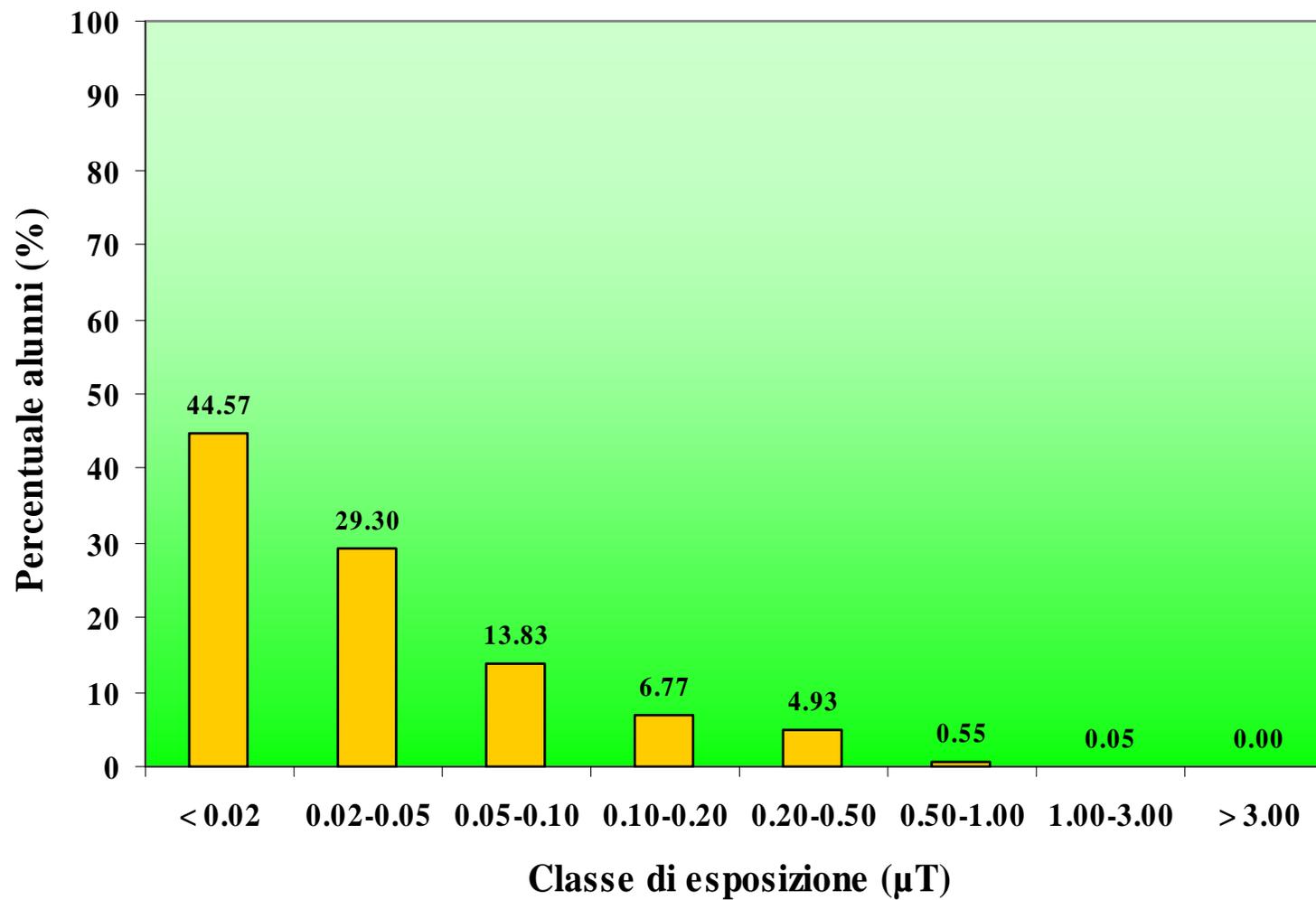
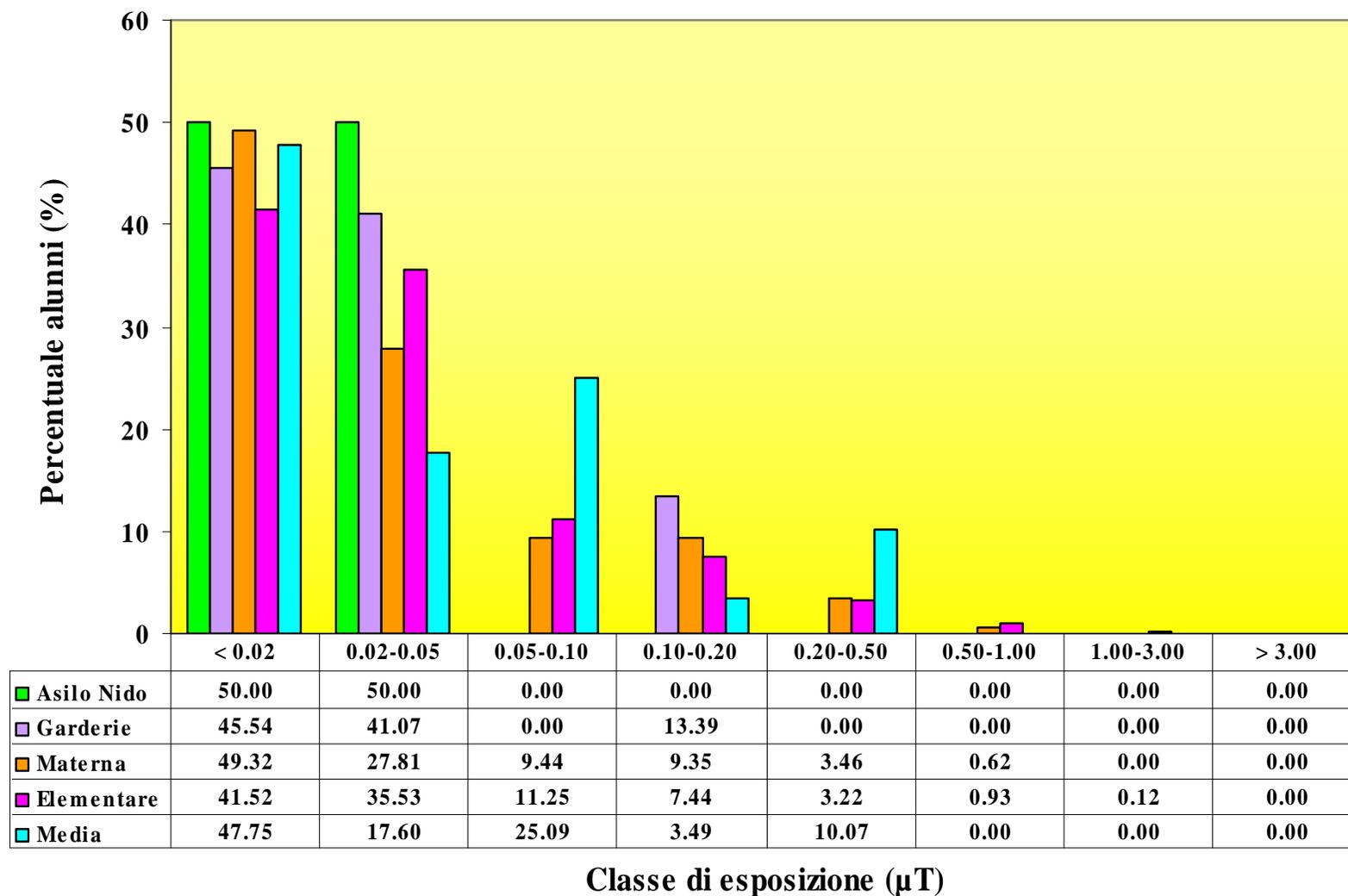
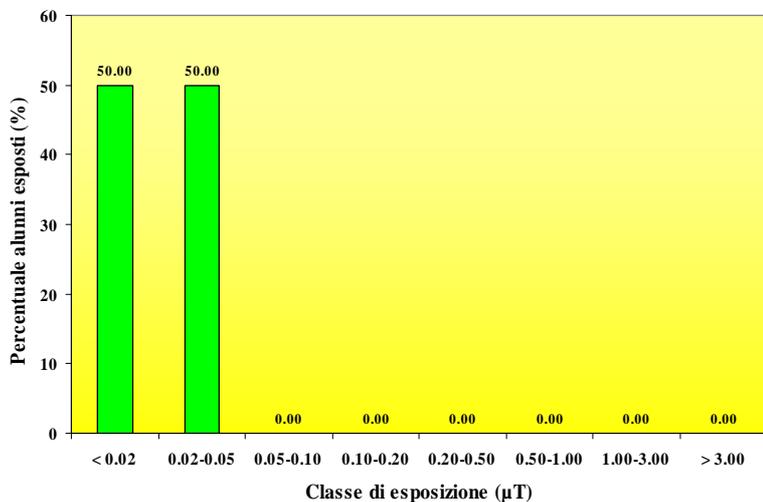


Grafico 3: Livelli di campo magnetico a 50 Hz nelle scuole della Valle d'Aosta (0-14 anni).
Percentuale di alunni per classe di esposizione, rispetto alla popolazione scolastica dei diversi tipi di scuola



Dettaglio delle percentuali di alunni esposti per ogni tipologia di scuola, con indicazione del numero di esposti nelle diverse classi di esposizione (in tabella):

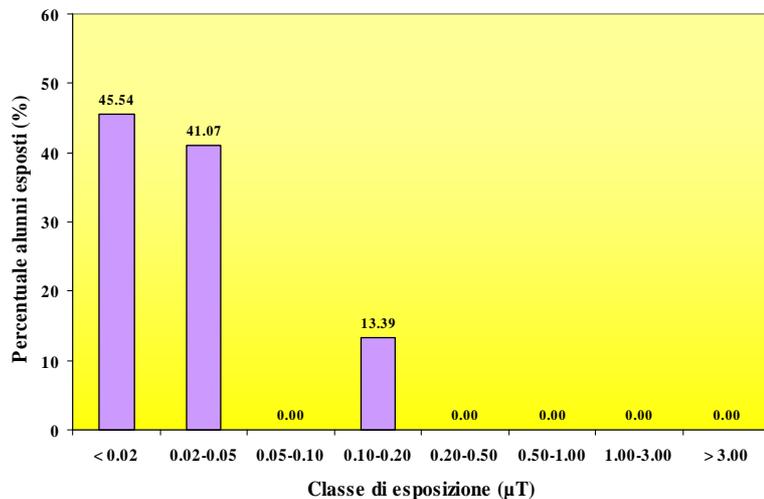
Asili nido



Classe di esposizione (µT)	N° di alunni esposti
< 0.02	203
0.02-0.05	203
0.05-0.10	0
0.10-0.20	0
0.20-0.50	0
0.50-1.00	0
1.00-3.00	0
> 3.00	0
Totale	406

Valore medio di esposizione: 0.02 µT

Garderie

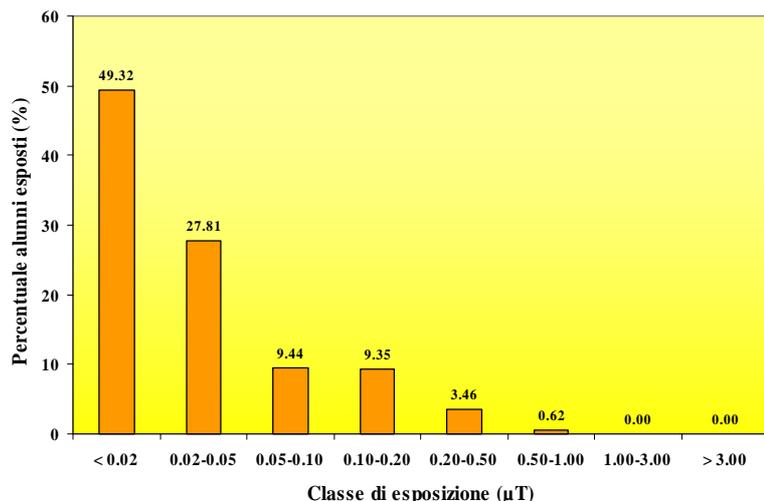


Classe di esposizione (µT)	N° di alunni esposti
< 0.02	102
0.02-0.05	92
0.05-0.10	0
0.10-0.20	30
0.20-0.50	0
0.50-1.00	0
1.00-3.00	0
> 3.00	0
Totale	224

Valore medio di esposizione: 0.04 µT

I 30 bambini ricadenti nella classe di esposizione 0.10-0.20 µT sono tutti appartenenti ad un'unica guarderie, nella quale si risente della presenza di linee elettriche esterne interrate a media o bassa tensione.

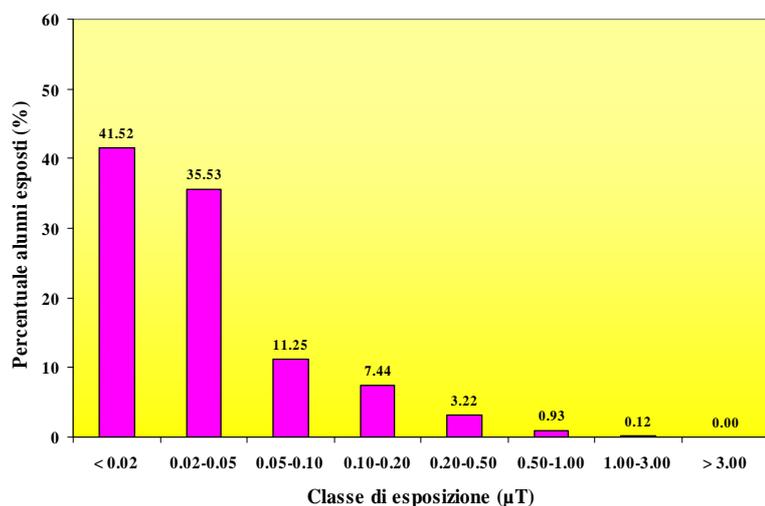
Scuole Materne



Classe di esposizione (μT)	N° di alunni esposti
< 0.02	1598
0.02-0.05	901
0.05-0.10	306
0.10-0.20	303
0.20-0.50	112
0.50-1.00	20
1.00-3.00	0
> 3.00	0
Totale	3240

Valore medio di esposizione: 0.05 μT

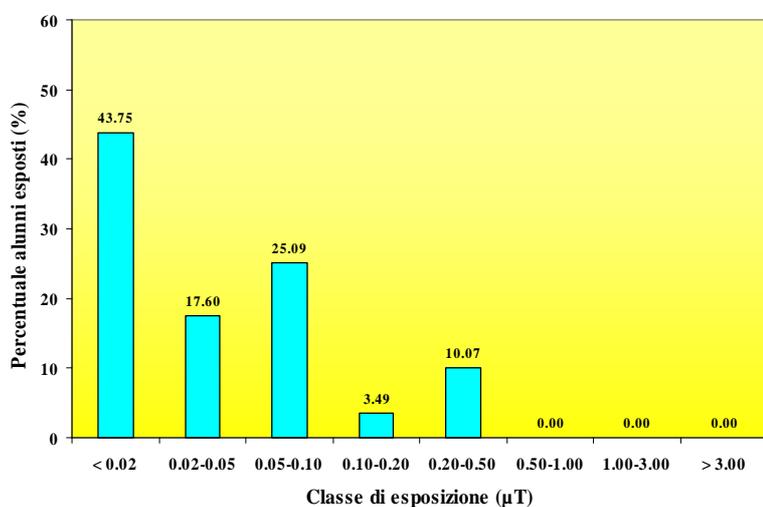
Scuole Elementari



Classe di esposizione (μT)	N° di alunni esposti
< 0.02	2064
0.02-0.05	1766
0.05-0.10	559
0.10-0.20	370
0.20-0.50	160
0.50-1.00	46
1.00-3.00	6
> 3.00	0
Totale	4971

Valore medio di esposizione: 0.06 μT

Scuole Medie



Classe di esposizione (μT)	N° di alunni esposti
< 0.02	1390
0.02-0.05	559
0.05-0.10	797
0.10-0.20	111
0.20-0.50	320
0.50-1.00	0
1.00-3.00	0
> 3.00	0
Totale	3177

Valore medio di esposizione: 0.07 μT

Dall'analisi dei grafici 2 e 3 risulta che l'esposizione a campi magnetici generati alla frequenza di rete di 50 Hz della popolazione infantile (0-14 anni) in Valle d'Aosta è per il 94.5 % dei bambini inferiore a 0.20 μ T e per il 99.4 % inferiore a 0.50 μ T.

Si osserva inoltre dai grafici di dettaglio che i livelli di campo magnetico negli asili nido e nelle guarderie sono in generale confinati alle classi di esposizione inferiori. Le distribuzioni nelle scuole Materne, Elementari e Medie sono caratterizzate da una coda verso i livelli di esposizione più elevati. I valori medi di esposizione, però, per tutte le tipologie di scuola, risultano inferiori a 0.10 μ T.

Dipendenza dei livelli di esposizione da fattori locali e/o territoriali

Scuole in vicinanza di elettrodotti ad alta tensione

Gli edifici scolastici in Valle d'Aosta che si trovano vicino al percorso delle linee di un elettrodotto ad alta tensione di cui si risenta l'influenza all'interno della scuola, sono tre:

- ✓ Scuola media di Villeneuve
- ✓ Scuola elementare "Prati Nuovi" di Pont St. Martin
- ✓ Scuola materna/elementare Loc. La Pallud Gressan

In tutti e tre i casi la distanza dell'elettrodotto ad alta tensione dall'edificio scolastico è inferiore a 50 m.

Una situazione di questo tipo è illustrata in figura 17.

Figura 17. Elettrodotto in prossimità di un edificio scolastico – Scuola media nel comune di Villeneuve



Considerando separatamente i valori di esposizione delle tre scuole sopraccitate e ricalcolando le percentuali di alunni esposti in queste tre scuole, e in tutte le altre nel loro insieme, si ottengono i risultati riportati nei grafici 4 e 5:

Grafico 4: Percentuale di alunni per classe di esposizione. Scuole in prossimità di elettrodotti ad alta tensione:

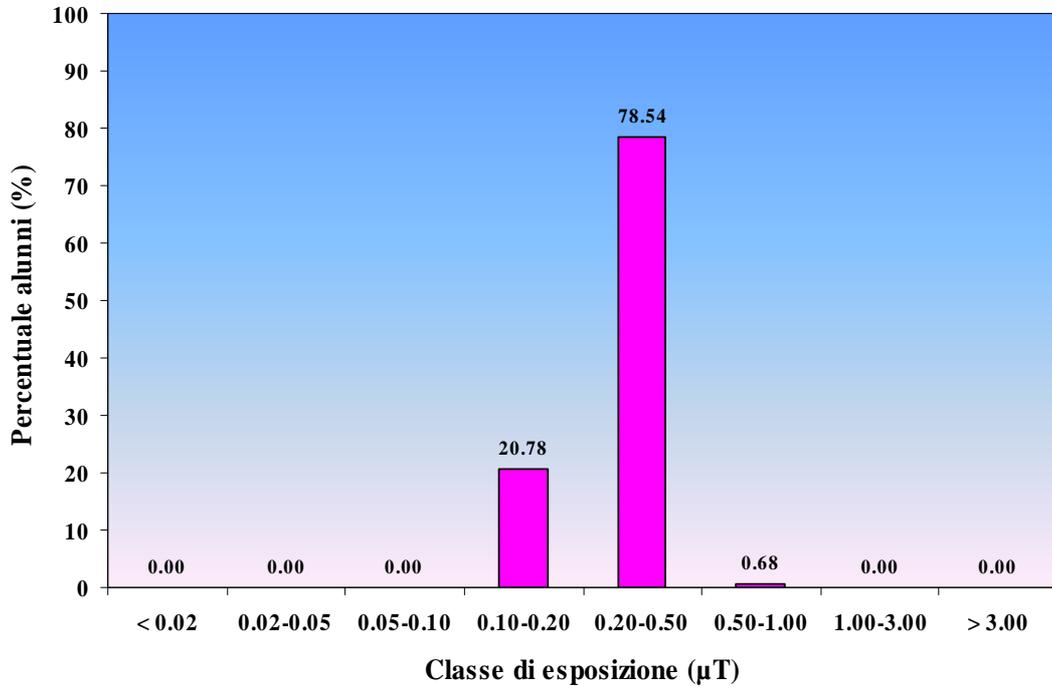
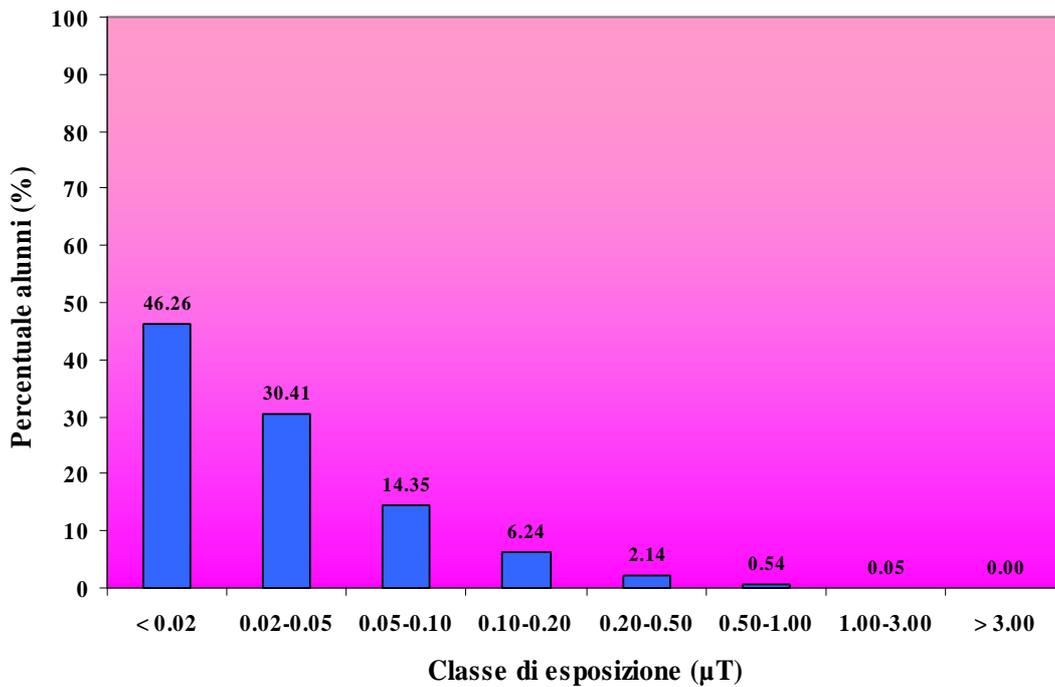


Grafico 5: Percentuale di alunni per classe di esposizione. Scuole non in prossimità di elettrodotti ad alta tensione:



La distribuzione dei livelli di esposizione è completamente differente nei due casi: al profilo regolarmente decrescente del grafico 5 si contrappone la concentrazione dei valori di esposizione nelle classi 0.10-0.20 e 0.20-0.50 μT nelle scuole in prossimità di elettrodotti ad alta tensione.

Ricavando dalla distribuzione dei valori dei grafici 4 e 5 il valor medio di esposizione per i bambini che frequentano le tre scuole interessate dal passaggio di un elettrodotto ad alta tensione (0.31 μT) e confrontandolo con il valor medio ricavato dalla distribuzione per tutti gli altri casi (0.05 μT), si ottiene che l'esposizione nelle scuole vicino ad elettrodotti ad alta tensione è in media sei volte maggiore rispetto a quella nelle scuole non interessate dal passaggio di linee elettriche ad alta tensione. I livelli rilevati all'interno delle scuole si mantengono in ogni caso molto al di sotto dei limiti normativi.

I livelli di campo magnetico misurati in esterno, in tutte e tre le scuole, variano da 0 a 0.9 μT . In esterno sono stati misurati anche i valori di campo elettrico e in nessuno dei tre casi si sono rilevati valori particolarmente elevati (valore minimo 0 V/m, valore massimo 300 V/m). Per tutte e tre le scuole è stata redatta un'apposita Nota Tecnica in cui sono riportati tutti i valori misurati.

Scuole con presenza riconosciuta di sorgenti locali di campo magnetico

Nel caso in cui è stata riconosciuta la presenza di una sorgente di campo magnetico a 50 Hz che generasse livelli di campo particolarmente elevati all'interno dei locali di una scuola, e non è stato possibile ridurre l'esposizione con accorgimenti sul posto, è stata redatta una Nota Tecnica. Si vuole ora verificare se la presenza di una sorgente locale di campo magnetico comporti una variazione dell'esposizione in tutto, o in una parte consistente, dell'edificio scolastico. A tal fine si sono considerate separatamente le scuole oggetto di Nota Tecnica, escluse le tre scuole già indagate per la presenza di elettrodotti ad alta tensione, e si è ricalcolato la distribuzione percentuale degli alunni per le diverse classi di esposizione.

In figura 18 si riportano due esempi di sorgenti locali riconosciute.



Presenza di cavi aerei per la distribuzione locale di energia elettrica

Presenza di apparecchiature interne alimentate con corrente elettrica (termoventilatore)



Nei grafici 6 e 7 si riportano le percentuali di alunni in funzione della classe di esposizione delle scuole oggetto di nota tecnica e di tutte le altre rimanenti:

Grafico 6: Percentuale di alunni per classe di esposizione. Scuole con presenza riconosciuta di sorgenti locali di campo magnetico:

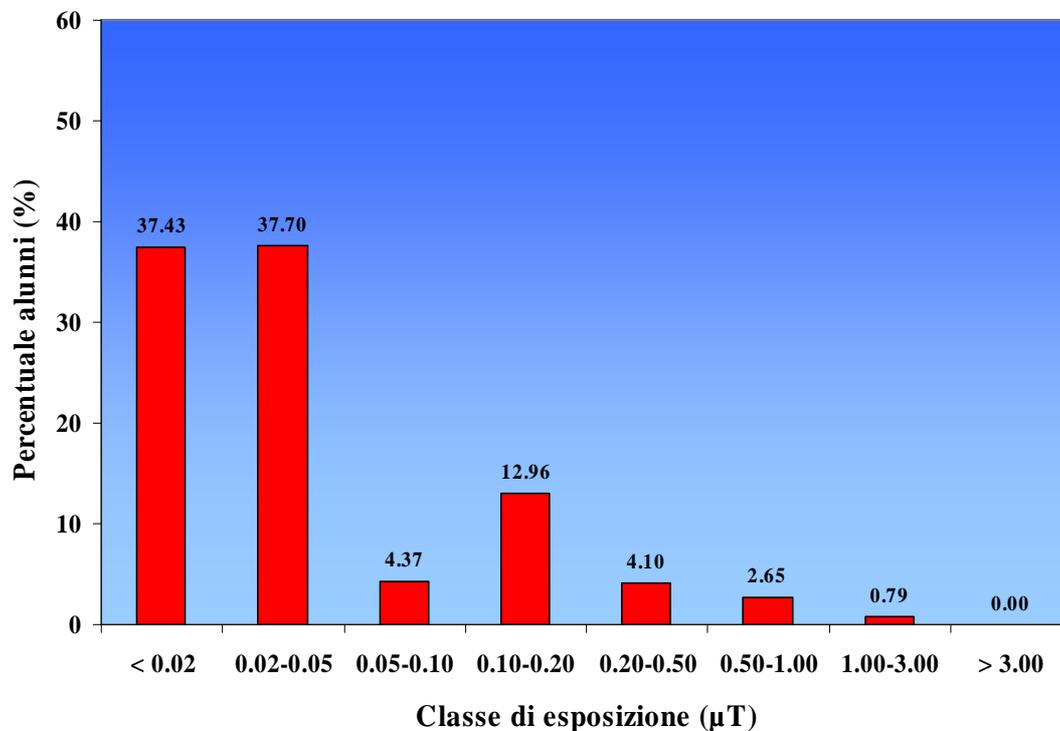
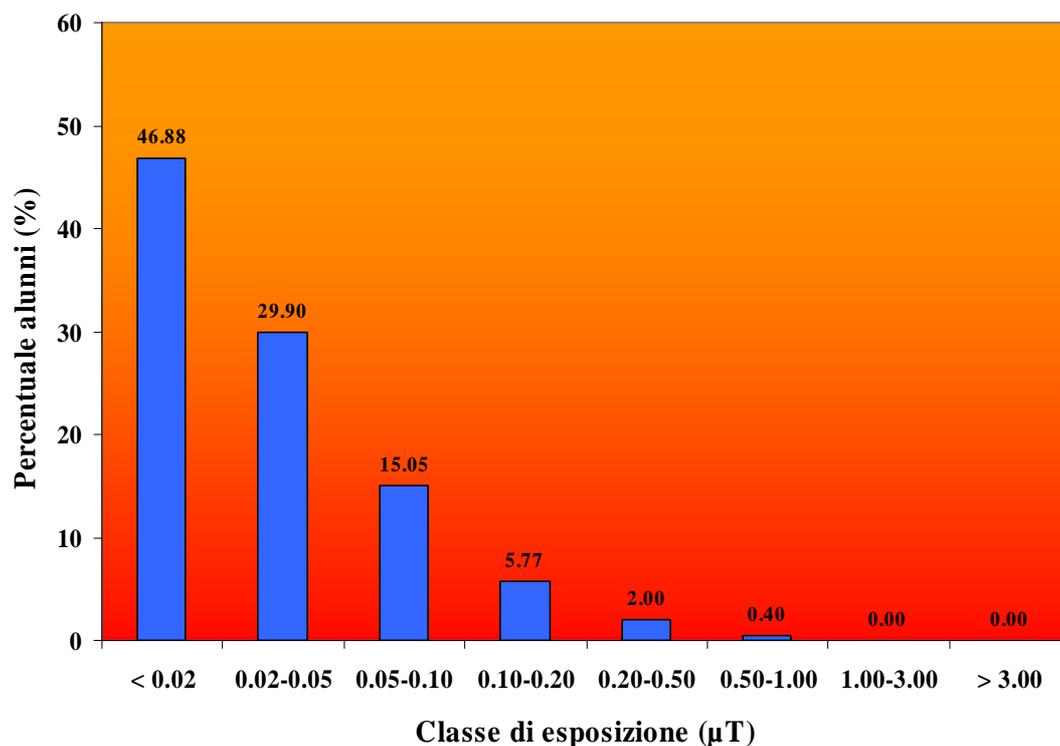


Grafico 7: Percentuale di alunni per classe di esposizione. Scuole senza sorgenti locali di campo magnetico:



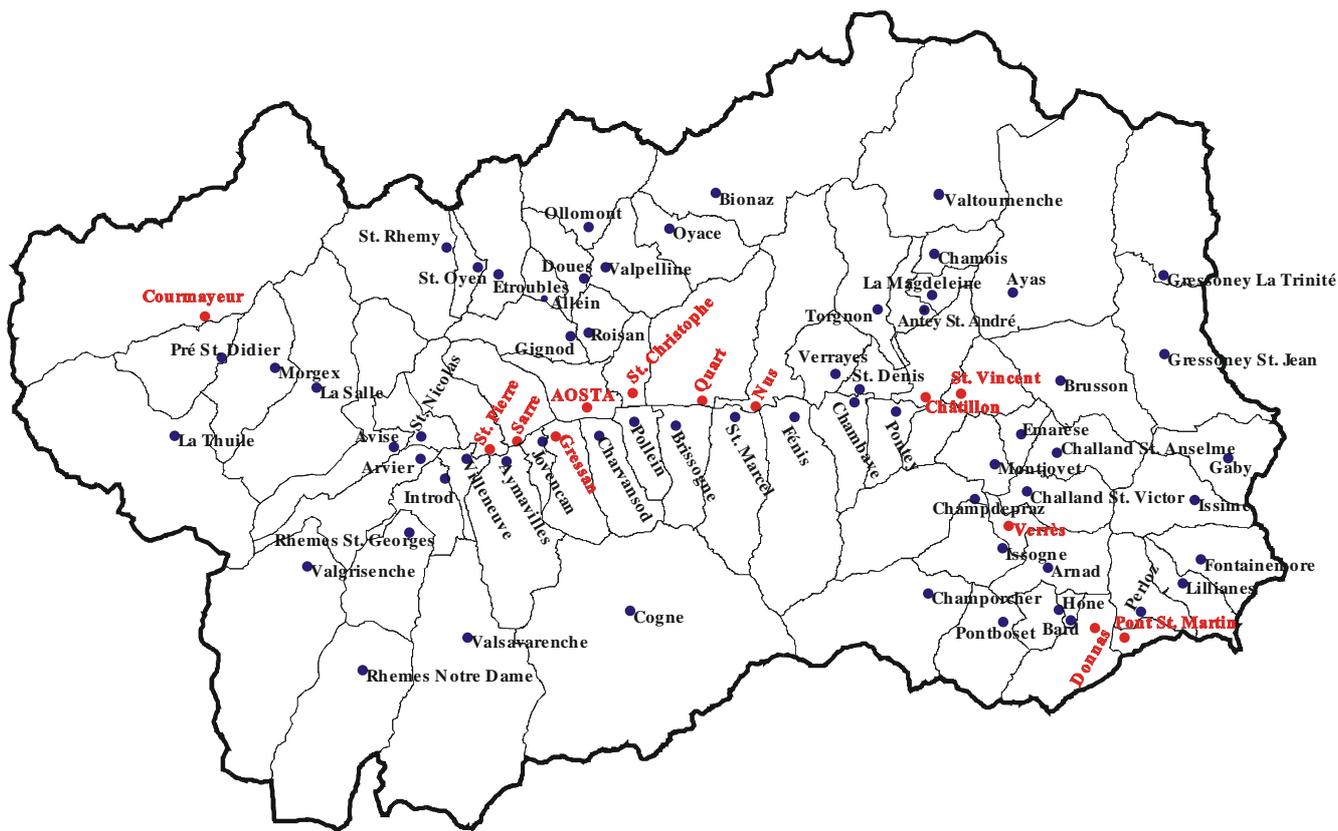
Il confronto tra le distribuzioni dei grafici 6 e 7 mostra un andamento molto più regolarmente decrescente nelle scuole senza sorgenti locali riconosciute di campo magnetico. Al contrario, nelle scuole con presenza riconosciuta di sorgenti locali di campo magnetico, i livelli di esposizione sono più variabili e le classi di esposizione da $0.10 \mu\text{T}$ in avanti sono percentualmente più popolate. Il valore medio di esposizione ricavato dall'andamento del grafico 6 risulta di $0.09 \mu\text{T}$, il valore medio ricavato dall'andamento del grafico 7 risulta di $0.05 \mu\text{T}$. Ciò conferma che la presenza di sorgenti locali di campo magnetico all'interno delle scuole può influenzare i valori in ambiente scolastico.

Scuole e urbanizzazione del territorio

Si è indagato se vi fosse un legame tra i livelli di campo a 50 Hz all'interno degli edifici scolastici e il grado di urbanizzazione del territorio di appartenenza, considerando quest'ultimo potenzialmente associato a una maggiore densità abitativa, ad una maggiore infrastrutturazione e dunque ad una maggiore richiesta locale di energia elettrica. A questo fine si sono suddivise le scuole in due gruppi: quelle appartenenti a comuni con più di 2500 abitanti e quelle appartenenti a comuni di popolazione inferiore.

I comuni con più di 2500 abitanti sono evidenziati in rosso nella cartina di figura 19. Si osserva che essi sono tutti situati lungo l'asse della valle centrale.

Figura 19. Comuni della Valle d'Aosta



Si è calcolata la distribuzione percentuale degli alunni nelle varie classi di esposizione per i comuni con più di 2500 abitanti e nei rimanenti. Non sono state prese in considerazione le tre scuole in prossimità di elettrodotti ad alta tensione perchè soggette ad una sorgente di campo non legata alla richiesta energetica del territorio circostante.

Il risultato di tale indagine è riportato nei grafici 8 e 9:

Grafico 8: Percentuale di alunni per classe di esposizione. Scuole dei comuni con più di 2500 abitanti:

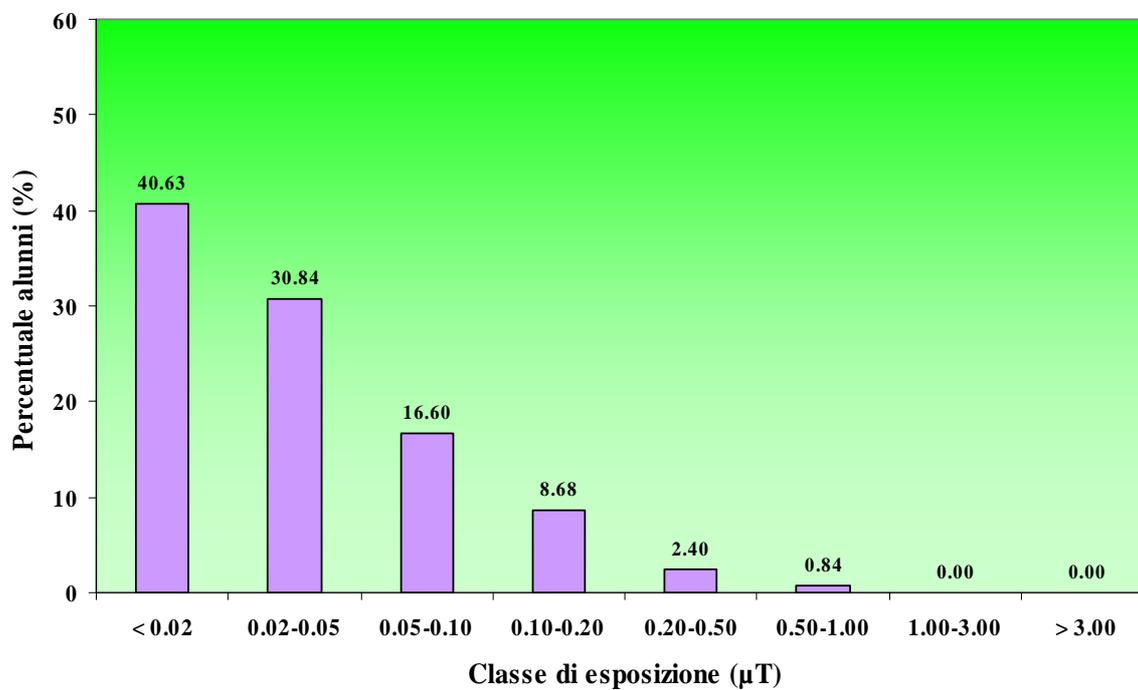
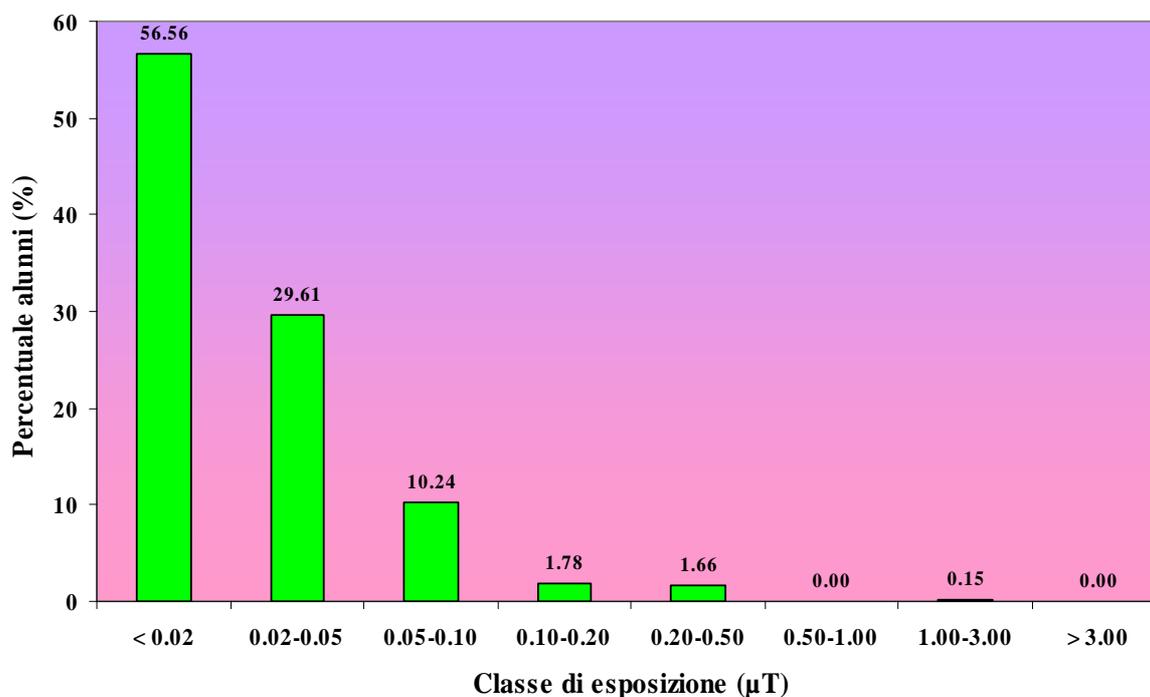


Grafico 9: Percentuale di alunni per classe di esposizione. Scuole dei comuni meno popolati:



Il confronto fra i grafici 8 e 9 mostra un andamento simile delle distribuzioni nei due casi, ma con un maggiore addensamento nelle classi si minore esposizione per la popolazione scolastica dei comuni minori (grafico 9). Questa differenza è evidenziata dal confronto tra le percentuali cumulative riportate nella seguente tabella:

	< 0.05 μT	< 0.10 μT	< 0.20 μT
Scuole nei comuni con più di 2500 abitanti	71.47 %	88.07 %	96.75 %
Scuole nei comuni con meno di 2500 abitanti	86.17 %	96.41 %	98.19 %
Differenza	14.70 %	8.34 %	1.44 %

Si vede che la differenza tra le percentuali di popolamento è di quasi il 15 % per le classi di valori di campo magnetico molto basso, inferiori a 0.05 μT . Considerando l'insieme dei valori di esposizione inferiori a 0.10 μT la differenza scende al 8.34 %, e tende a scomparire (1.44 %) già considerando l'insieme dei valori di esposizione inferiori a 0.20 μT .

Il valor medio di esposizione passa da 0.06 μT nei comuni con più di 2500 abitanti a 0.04 μT nei comuni con meno di 2500 abitanti. Si ricorda che il valor medio complessivo di esposizione, con esclusione delle scuole in prossimità di elettrodotti ad alta tensione, è di 0.05 μT .

Considerazioni conclusive

L'indagine descritta nel presente rapporto ha permesso di:

- 1) Conoscere i livelli di campo magnetico a 50 Hz in tutte le aule e i locali di tutte le scuole della Valle d'Aosta, per fascia di età fino a 14 anni.
- 2) Indicare interventi di riduzione o eliminazione di situazioni di esposizione potenziale indebita a campo magnetico a 50 Hz.
- 3) Valutare l'esposizione a campo magnetico a 50 Hz della popolazione infantile della Valle d'Aosta in ambiente scolastico, dove i bambini permangono per molte ore al giorno.

Per quanto riguarda il punto 1 si evidenzia che il fatto di aver eseguito i rilievi in tutti gli edifici scolastici è stato fondamentale per ottenere una conoscenza precisa della situazione e non soltanto una stima basata su misure a campione, considerate le incertezze dovute alla distribuzione dei livelli di campo magnetico in ambiente scolastico, strettamente legate al tipo delle sorgenti localmente presenti.

Le informazioni di dettaglio sono contenute in Schede Tecniche redatte per ogni scuola. Esse fanno riferimento a un data base informatico costituito per la gestione delle informazioni e l'elaborazione dei dati. Le Schede Tecniche sono allegate alla presente relazione (allegato 1).

Per quanto riguarda il punto 2, situazioni puntuali di esposizione superiore al resto dell'edificio scolastico sono state segnalate e in alcuni casi già risolte al momento dei rilievi. Nei casi più complessi si è approfondita la situazione relativa al rilevamento di valori anomali di campo magnetico all'interno degli edifici scolastici. Questo ha richiesto l'effettuazioni di rilievi specifici, talvolta prolungati nel tempo. I risultati e le analisi dei casi specifici sono contenute in Note Tecniche inviate durante la campagna a ASL, Direzione scolastica e Comune. Sono state redatte 18 note tecniche, di cui 14 relative a scuole, su 218 visitate, due relative a locali mensa e due di carattere generale relativamente alla presenza e utilizzo di termoventilatori e radioregistratori. Tutte le Note Tecniche sono riportate in allegato (allegato 2).

Il punto 3, infine, è oggetto della presente Relazione di sintesi. Si evidenzia, dall'analisi del grafico 2 di pagina 25, che per il 94.5 % dei bambini il livello medio di campo magnetico a 50 Hz in ambiente scolastico è inferiore a 0.20 μ T, per il 99.4 % è inferiore a 0.50 μ T e che in nessuna scuola della Valle d'Aosta esso raggiunge 3 μ T.

Dott.ssa Bottura Valeria
Sezione Radiazioni e Rumore

Tecnico Ambientale Claudio Operti
Sezione Radiazioni e Rumore

Dott. Giovanni Agnesod
Responsabile Sezione Radiazioni e Rumore

Hanno collaborato alla realizzazione della Campagna di Misure, alla stesura della Relazione di Sintesi e alla predisposizione delle Schede Tecniche: Marco Cappio Borlino, Leo Cerise, Erik Imperial.