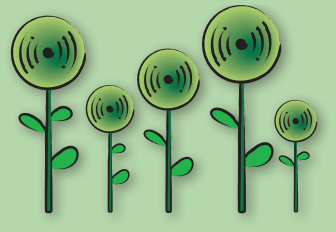
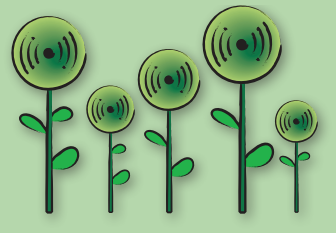
10 radiazioni non ionizzanti



	Indicatori (I) e Approfondimenti (A)	DPSIR	Valutazione dell'indicatore			Pag.
			Qualità dell'informazione	Giudizio di stato	Tendenza	
I	Densità degli impianti per teleradiocomunicazione e telefonia mobile sul territorio	D	☺	😐	⇆	270
I	Potenza degli impianti per teleradiocomunicazione e telefonia mobile sul territorio	P	☺	😐	⇆	272
I	Numero di impianti su cui è rilasciato un parere in osservanza della Legge Regionale 25/05 (ex L.R. 31/00)	R	☺	☺	⇆	274
I	Monitoraggio dei valori di riferimento normativi per l'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza e casi di superamento	I/R	☺	😐	⇆	276
A	*Rilievo del fondo elettromagnetico a radiofrequenza sul territorio del Comune di Aosta*					280
I	Sviluppo delle linee elettriche ad alta tensione in rapporto alla superficie territoriale e distribuzione delle cabine primarie	D	☺	☹	⇆	284
A	*Legge regionale 32 del 15 dicembre 2006 "Disposizioni in materia di elettrodotti"*					286
I	Corrente media annuale transitante negli elettrodotti ad alta tensione	P	☺	n.a.	⇆	288
I	Numeri di pareri rilasciati su nuovi impianti a bassa frequenza (50Hz – frequenza di rete elettrica)	R	☺	☺	⇆	290
I	Numeri di controlli sia con misure che con modelli numerici eseguiti su impianti a bassa frequenza (50Hz – frequenza di rete elettrica)	R	☺	☺	↑	292
A	*Misure e valutazione dell'esposizione ai campi elettrico e magnetico a 50Hz generati da elettrodotti nel comune di Aosta*					294
A	*L'inquinamento luminoso. Studio di alcuni esempi di impianti di illuminazione e misure della brillanza del cielo notturno*					299

10.1 Densità degli impianti per teleradiocomunicazione e telefonia mobile sul territorio



Quantifica la presenza sul territorio di queste infrastrutture e ha relazione con l'estensione di territorio oggetto di valutazione dei livelli di campo generati da impianti a radiofrequenza.
È anche collegato con l'impatto potenziale sul paesaggio.

classificazione

- **Area tematica SINAnet**
  Radiazioni non ionizzanti
- **Tema SINAnet**
  Campi elettromagnetici
- **DPSIR** D

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione

Giudizio stato*

Tendenza*

* La densità territoriale media degli impianti è confrontabile a quella delle altre regioni, con caratteristiche geografiche simili

riferimenti normativi

- **Normativa di riferimento**
  L. 36/01 art. 4 1c
  L.R. 25/05 art. 16
- **Relazione con la normativa**
  La quantificazione dell'indicatore deriva dall'istituzione dei catasti regionali degli impianti
- **Livelli normativi di riferimento**
  Non previsti

copertura temporale e spaziale

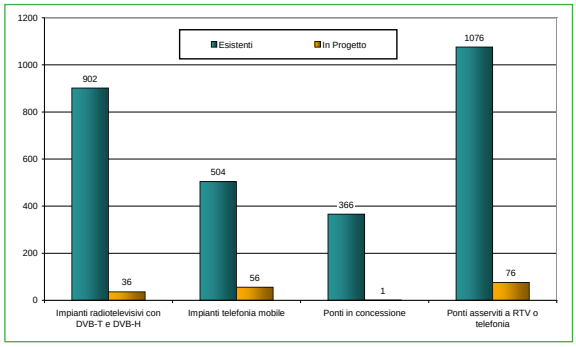
- **Aggiornamento**
  31/12/2007
- **Periodicità di aggiornamento**
  Aggiornamento continuo
- **Copertura territoriale**
  Intero territorio regionale

elaborazione e presentazione

IMPIANTI PER TELERADIOCOMUNICAZIONI E TELEFONIA MOBILE PRESENTI SUL TERRITORIO

N. siti con presenza di impianti radiotelevisivi	130
N. siti con presenza di Stazioni Radio Base	154

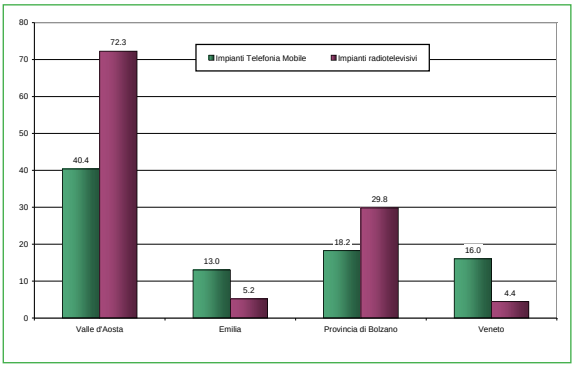
NUMERO IMPIANTI SUDDIVISI PER TIPO



Per quanto riguarda gli impianti radiotelevisivi il loro numero rapportato alla popolazione della regione è molto più elevato rispetto ad altre regioni (in particolare Emilia e Veneto): questo può essere dovuto alla morfologia della regione e alla esiguità della popolazione. La densità territoriale, invece, non è particolarmente elevata e, per gli impianti di telefonia cellulare, è inferiore a quelle di Emilia e Veneto. In Valle d'Aosta vi è un gran numero di impianti che diffondono il segnale in aree mediamente estese, ma poco popolate. Il dato della Provincia di Bolzano, a sua volta superiore rispetto alle regioni con ampie aree pianeggianti, pare confermare la motivazione proposta. Se si considerano i dati espressi dall'indicatore sulla potenza utilizzata dagli impianti (vedi par. 10.2 pag. 272), si nota che la potenza per abitante è in linea con quelle delle altre regioni: se ne conclude, quindi, che in Valle d'Aosta vi è un gran numero di impianti di potenza ridotta distribuiti sul territorio. Questo è probabilmente dovuto all'esigenza di garantire un buon servizio in aree in cui la popolazione residente è scarsa ma cresce notevolmente con l'afflusso di turisti.

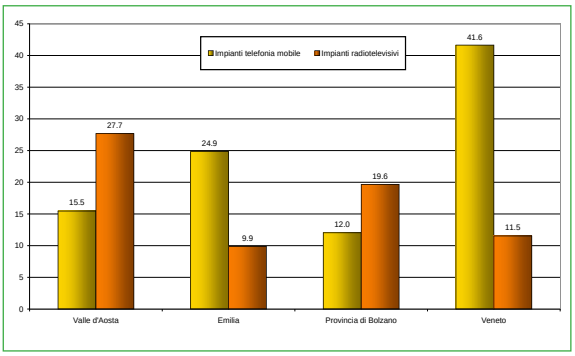
NUMERO IMPIANTI ESISTENTI/10000 ABITANTI

Confronto con altre regioni



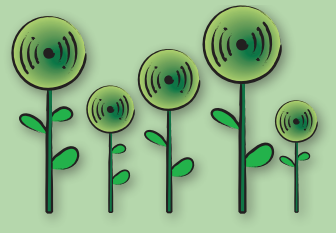
NUMERO IMPIANTI ESISTENTI /100 km²

Confronto con altre regioni



Fonti dei dati I dati relativi ad altre regioni e province autonome sono tratti dall'Osservatorio NIR sul sito www.apat.gov.it

10.2 Potenza degli impianti per teleradiocomunicazione e telefonia mobile sul territorio



Quantifica la potenza a radiofrequenza installata sul territorio connessa ad impianti per teleradiocomunicazione.

classificazione

- **Area tematica SINAnet**
  Radiazioni non ionizzanti
- **Tema SINAnet**
  Campi elettromagnetici
- **DPSIR** P

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione

Giudizio stato*

Tendenza*

* La potenza installata per abitante è in linea con altre regioni

riferimenti normativi

- **Normativa di riferimento**
  L. 36/01 art. 4 1c
  L.R. 25/05 art. 16
- **Relazione con la normativa**
  La quantificazione dell'indicatore deriva dai controlli e dalle azioni di monitoraggio richieste dalla normativa, nonché dall'istituzione dei catasti regionali degli impianti
- **Livelli normativi di riferimento**
  Non previsti

copertura temporale e spaziale

- **Aggiornamento**
  31/12/2007
- **Periodicità di aggiornamento**
  Aggiornamento continuo
- **Copertura territoriale**
  Intero territorio regionale

elaborazione e presentazione

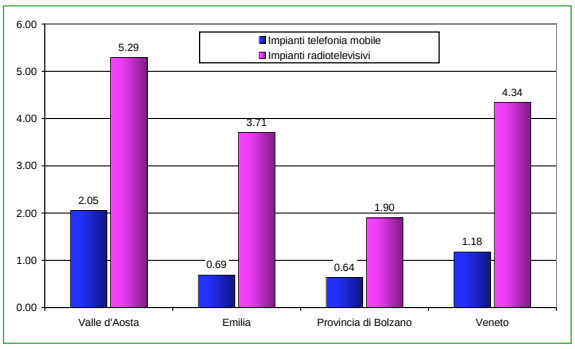
Potenza complessiva impianti radiotelevisivi esistenti	66.0 kW
Potenza complessiva impianti radiotelevisivi in progetto	0.9 kW
Potenza complessiva stazioni telefonia mobile esistenti	25.6 kW
Potenza complessiva stazioni telefonia mobile in progetto	4.5 kW

Il valore della potenza complessiva risulta significativamente più alto rispetto al dato pubblicato nelle III Relazione sullo Stato dell'Ambiente, non tanto per un suo effettivo aumento, ma perché sono rientrati nel conteggio impianti che in precedenza non erano stati inseriti.

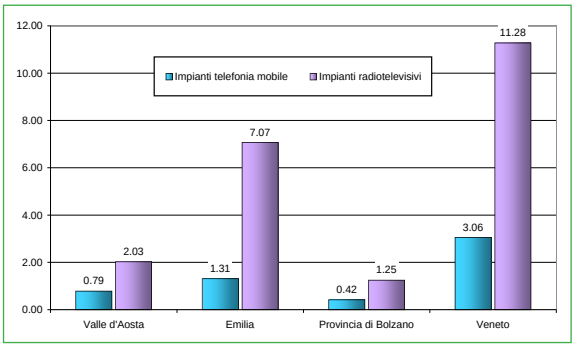
Per gli impianti radiotelevisivi, la potenza installata per abitante è in linea con quella delle altre regioni italiane, a differenza di quanto visto per il numero di impianti. Il territorio della Valle d'Aosta, per la sua articolata orografia, richiede molti impianti, di bassa potenza.

Per gli impianti di telefonia mobile, si nota un valore più alto in Valle d'Aosta rispetto alle altre regioni; come già detto a proposito del numero di impianti questo andamento può essere giustificato dalla necessità di coprire le aree frequentate dai turisti.

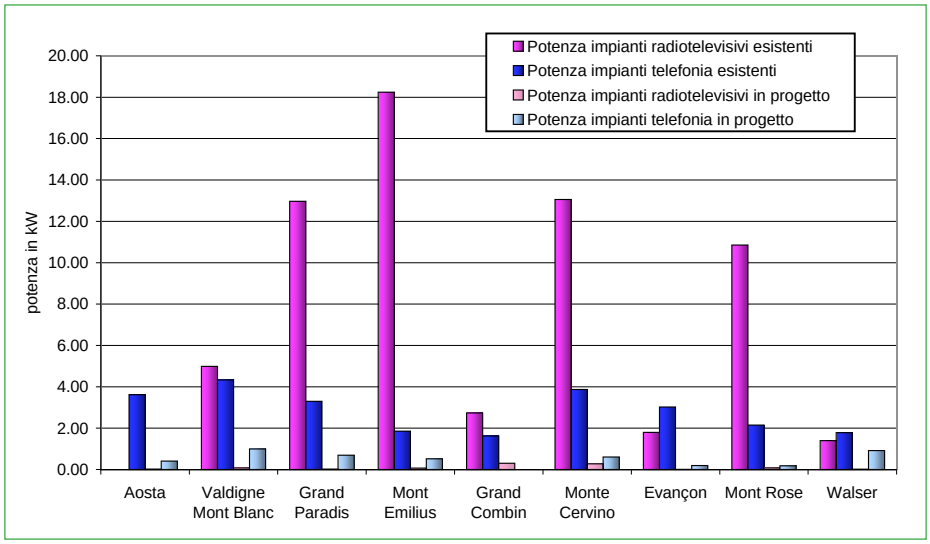
POTENZA INSTALLATA IN kW PER 10000 ABITANTI
Confronto con altre regioni



POTENZA INSTALLATA IN kW PER 100 km²
Confronto con altre regioni



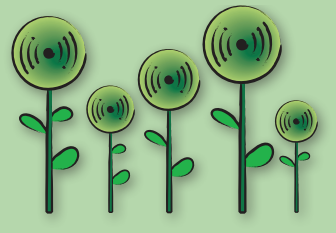
POTENZA INSTALLATA PER COMUNITÀ MONTANA ESPRESSA IN kW



I siti di Gerdaz nella Comunità Montana Mont Emilius, di Salirod nella Comunità Montana Monte Cervino e di Col Courtil nella Comunità Montana Mont Rose sono quelli in cui è concentrata la potenza maggiore. Il sito di Gerdaz ospita gli impianti che irradiano il segnale radiotelevisivo sulla città di Aosta. In Aosta, la potenza installata per gli impianti radiotelevisivi è nulla.

Fonti dei dati I dati relativi ad altre regioni e province autonome sono tratti dall'Osservatorio NIR sul sito www.apat.gov.it

10.3 Numeri di impianti su cui si è rilasciato un parere in osservanza alla Legge Regionale 25/05 (ex L.R. 31/00)



Indicatore di stato di avanzamento di uno degli adempimenti normativi basilari previsti dalla normativa regionale.
Viene riportata l'informazione sulla distribuzione territoriale degli impianti per Comunità Montana, enti ai quali fa capo il procedimento autorizzativo, e sull'andamento del numero di pareri negli anni.

classificazione

- **Area tematica SINAnet**
  Radiazioni non ionizzanti
- **Tema SINAnet**
  Campi elettromagnetici
- **DPSIR** R

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione ☺

Giudizio stato* ☺

Tendenza* ⇆

* ARPA VdA rilascia parere per tutti gli impianti di cui viene presentato il progetto ed esegue un'attività di controllo sugli impianti installati. L'attività di rilascio pareri si svolge con regolarità.

riferimenti normativi

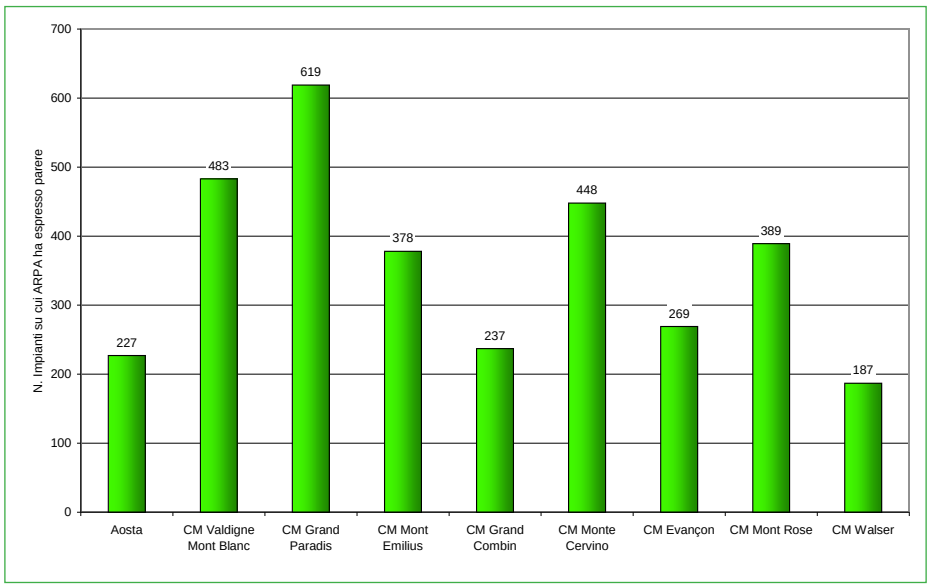
- **Normativa di riferimento**
  L. 36/01
  L.R. 25/05 art. 16
- **Relazione con la normativa**
  La quantificazione dell'indicatore deriva da richieste esplicite previste dalla normativa
- **Livelli normativi di riferimento**
  Non previsti

copertura temporale e spaziale

- **Aggiornamento**
  31/12/2007
- **Periodicità di aggiornamento**
  Aggiornamento continuo
- **Copertura territoriale**
  Intero territorio regionale

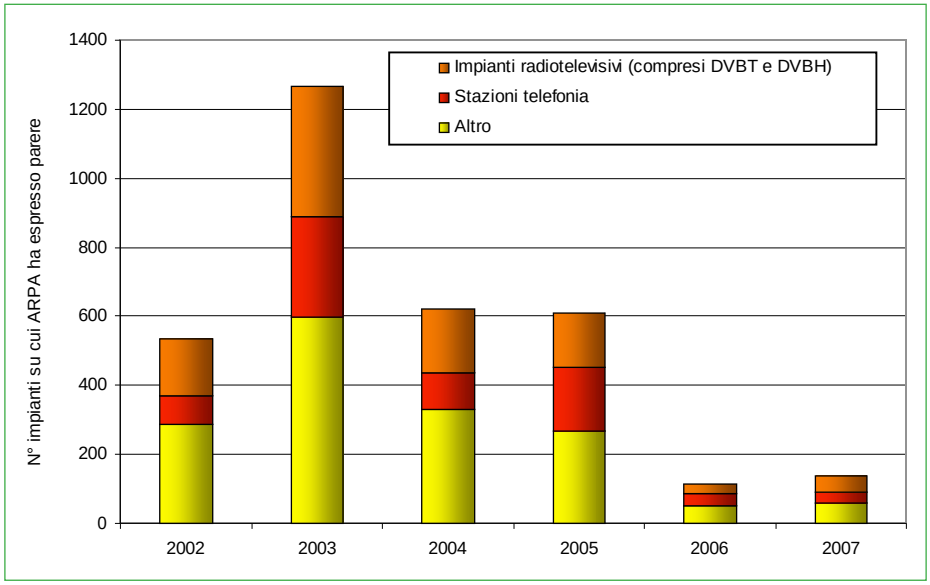
elaborazione e presentazione

NUMERO IMPIANTI SU CUI È STATO ESPRESSO PARERE AI SENSI DELLA L.R. 25/05 (E IN PRECEDENZA DELLA L.R. 31/00) SUDDIVISI PER COMUNITÀ MONTANA DAL 2002 AL 2007

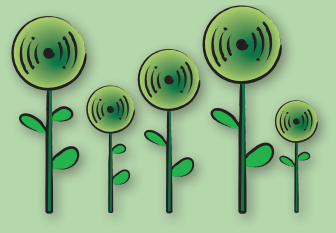


Numero totale di impianti su cui ARPA ha rilasciato parere dal 2002: 3286

NUMERO E TIPOLOGIA DI IMPIANTI SU CUI È STATO ESPRESSO PARERE AI SENSI DELLA L.R. 25/05 (E IN PRECEDENZA DELLA L.R. 31/00)



10.4 Monitoraggio dei valori di riferimento normativi per l'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza e casi di superamento



L'indicatore quantifica l'attività di monitoraggio svolta per verificare il rispetto dei valori di riferimento previsti dalla normativa italiana riguardo all'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici. Esso indica anche i casi di non conformità, e lo stato dei risanamenti, riportandone la distribuzione territoriale.

classificazione

- **Area tematica SINAnet**
  Radiazioni non ionizzanti
- **Tema SINAnet**
  Campi elettromagnetici
- **DPSIR** I R

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione

Giudizio stato

Tendenza

copertura temporale e spaziale

- **Aggiornamento**
  31/12/2007
- **Periodicità di aggiornamento**
  Aggiornamento continuo
- **Copertura territoriale**
  Intero territorio regionale

riferimenti normativi

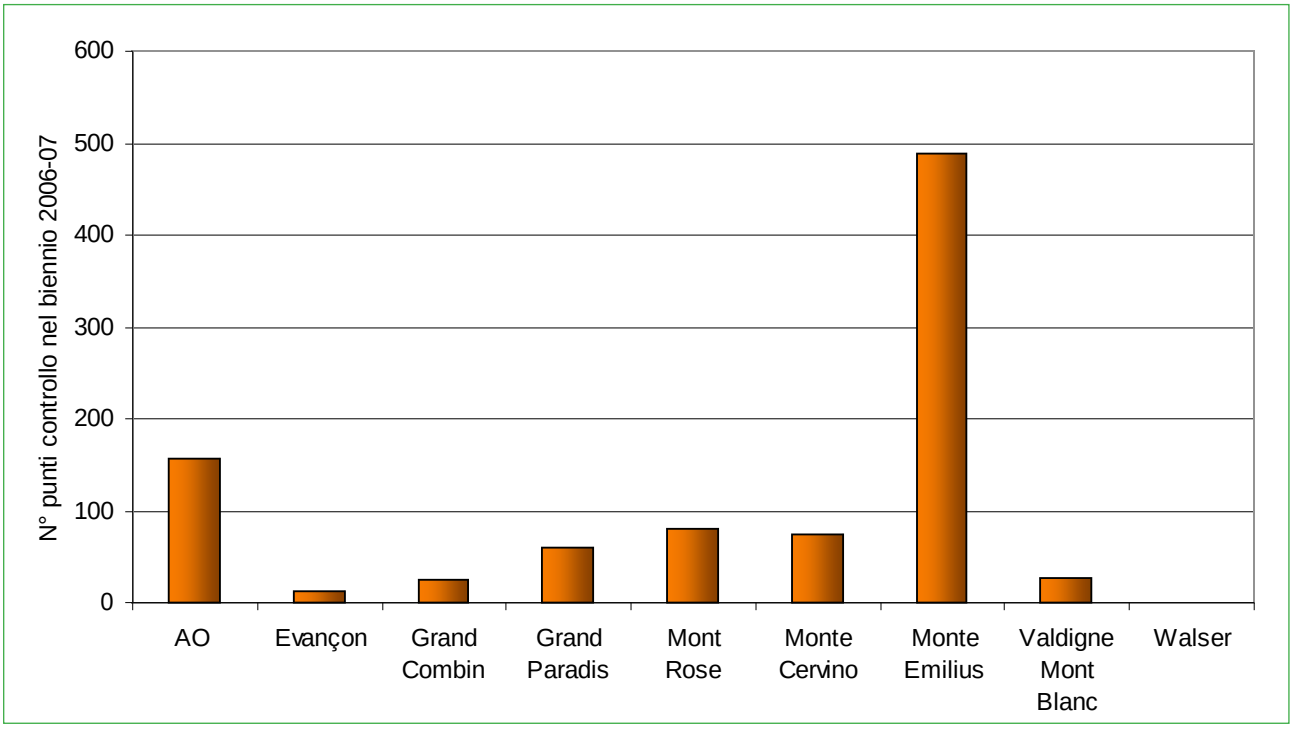
- **Normativa di riferimento**
  L. 36/01 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici" art. 14 (Controlli)
  DM 381 (Tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana"
  DPCM 8/7/2003 (attuativo art. 4.1 L. 36 e sostitutivo DM381)
  L.R. 25/05
- **Relazione con la normativa**
  La quantificazione dell'indicatore deriva da richieste esplicite previste dalla normativa
- **Livelli normativi di riferimento**
  Il DPCM del 8 luglio 2003 pubblicato sulla gazzetta ufficiale n° 199 del 28 agosto 2003 fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz.
  I valori indicati nel decreto sono i seguenti:
  - Limiti di esposizione:

Frequenza [MHz]	Valore efficace E [V/m]	Valore efficace H [A/m]	Densità potenza [W/m^2]
0.1-3	60	0.2	-
>3-3000	20	0.05	1
>3000 - 300000	40	0.1	4

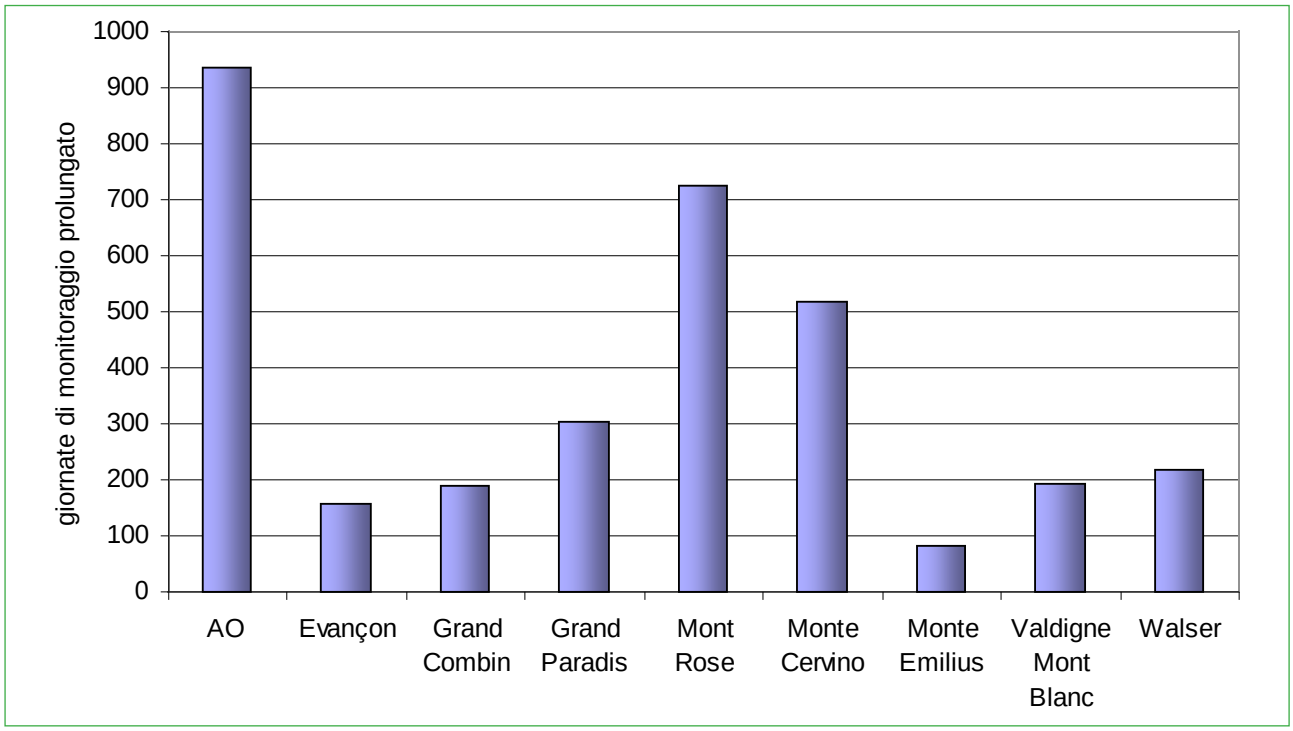
  - Valore di attenzione da non superare all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari: 6 V/m per il campo elettrico e 0.016 A/m per il campo magnetico sull'intera banda di frequenza da 0.1 MHz a 300 GHZ.
  - Obiettivo di qualità di 6 V/m nelle aree intensamente frequentate al fine di una progressiva minimizzazione dell'esposizione

elaborazione e presentazione

NUMERO DI PUNTI IN CUI SONO STATI ESEGUITI RILIEVI DI CAMPO ELETTRICO ISTANTANEI NEL COMUNE DI AOSTA E SUL TERRITORIO DELLE COMUNITÀ MONTANE NEL BIENNIO 2006-2007

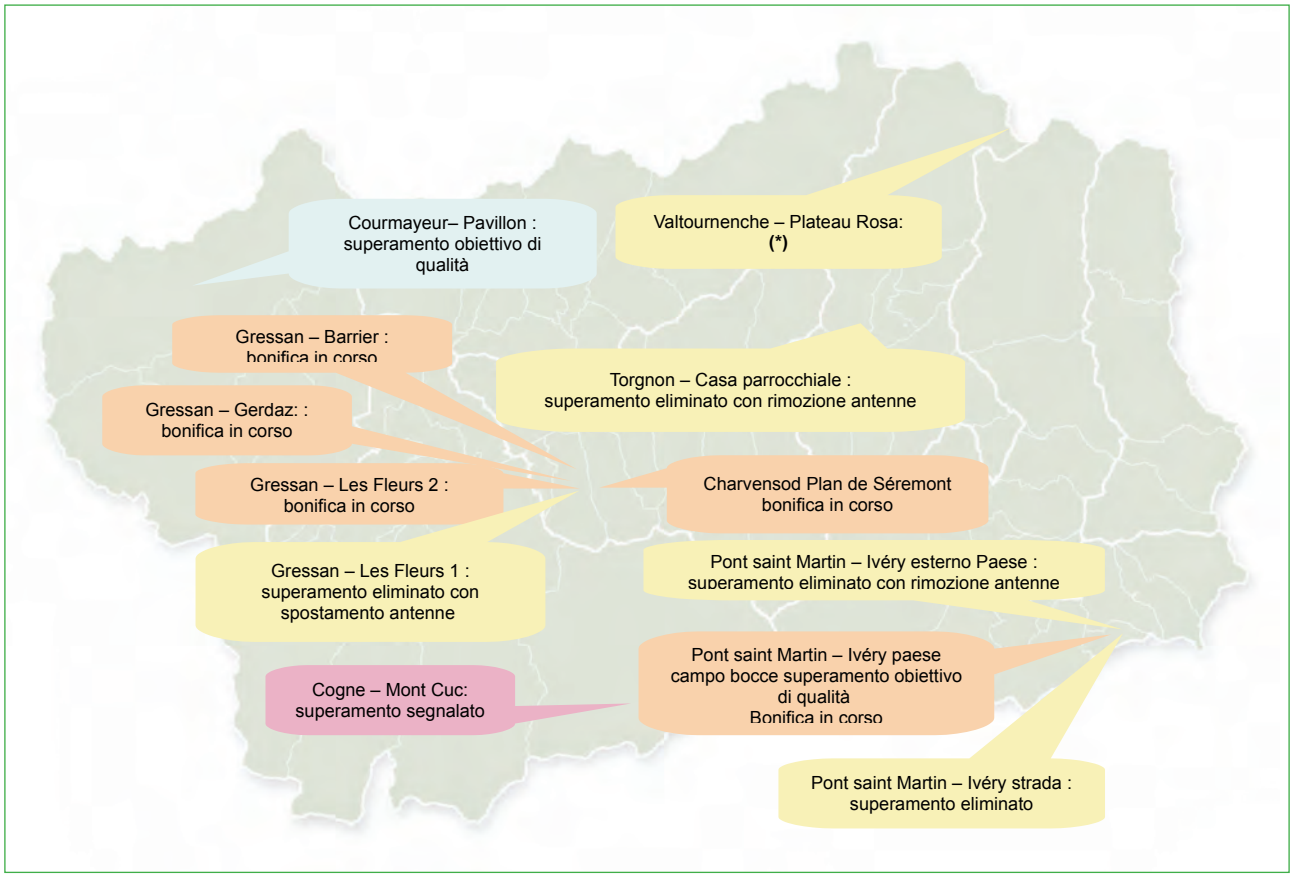


NUMERO DI GIORNI DI MONITORAGGIO IN CONTINUO DEI VALORI DI INTENSITÀ DEL CAMPO ELETTRICO DAL 01/01/2004 AL 31/12/2007, NEL COMUNE DI AOSTA E SUL TERRITORIO DELLE COMUNITÀ MONTANE.



10.4

SITI SUL TERRITORIO REGIONALE CON SUPERAMENTI RILEVATI DEI LIVELLI DI RIFERIMENTO PREVISTI DAL DPCM 8/07/03 E STATO DELLE AZIONI DI RISANAMENTO



(*): presso il terrazzo del Rifugio Guide del Cervino sono installati impianti di radiotrasmissione: un superamento del valore di attenzione già bonificato in passato si è ripresentato. È stato necessario sollecitare un nuovo intervento di bonifica che ha portato ad un rientro del valore di campo elettrico nei limiti di legge, come evidenziato da un monitoraggio prolungato dal 15/04/06 al 24/06/06.

La situazione di molteplici e ripetuti superamenti del valore di attenzione nell'area di Les Fleurs-Gerdaz nel comune di Gressan e in alcuni siti limitrofi (Barrier e Plan de Seremont), in concomitanza con l'esigenza di procedere ad una razionalizzazione della collocazione degli impianti di radiotrasmissione presenti nell'area, ha portato il Servizio Associato Alta Valle a procedere con la pianificazione territoriale dell'area di Gerdaz mediante l'individuazione di una specifica sottozona e della relativa normativa tecnica del piano regolatore indispensabile alla successiva realizzazione di un nuovo sito attrezzato in cui raggruppare buona parte degli impianti esistenti ed ospitare quelli di futura realizzazione.

Courmayeur - località Pavillon

Rilievo del fondo elettromagnetico a radiofrequenza sul territorio del comune di Aosta

Marco Cappio Borlino

Il territorio del Comune di Aosta è oggetto dal 2003 di un monitoraggio dell'intensità del campo elettrico generato da impianti di radiocomunicazione articolato in due fasi:

- tra il mese di febbraio 2003 e il dicembre 2004 in collaborazione con l'amministrazione comunale è stata condotta una campagna di rilievo del campo elettrico su tutto il territorio con approfondimenti specifici in prossimità di impianti di radiotrasmissione
- dal 2004 in poi vengono acquisiti annualmente i valori di campo elettrico in 78 punti distribuiti sul territorio al fine di monitorarne le evoluzioni.

Le sorgenti

La città di Aosta è collocata in una conca circondata da alti rilievi: questa particolare posizione rende possibile collocare tutte le antenne per la diffusione del segnale radio televisivo al di fuori del territorio comunale, in postazioni a quote elevate dalle quali il segnale può essere diffuso agevolmente sulla città ma anche su tutti i comuni limitrofi: le maggiori stazioni di radio televisione sono collocate nell'area di Les Fleurs e nel sito di Barrier, entrambi nel comune di Gressan, a Pleod (Sarre), a Martinet (Doues) e a Blavy (Roisan).

Sul territorio del comune si trovano antenne per ponti radio e stazioni per telefonia cellulare. I ponti radio, destinati a collegare gli studi televisivi con gli impianti di diffusione del segnale o a permettere la trasmissione di dati tra centri di telecomunicazioni utilizzano, in genere, antenne a parabola che non diffondono il segnale sul territorio ma lo irradiano con fasci stretti verso le antenne riceventi. La famiglia di impianti radio più diffusa sul territorio del comune di Aosta è costituita dalle stazioni radio base (SRB) per la telefonia mobile: esse sono collocate in 15 siti. Alle antenne di queste stazioni è da attribuire, come illustrato nel seguito, la quota maggiore del campo elettrico a radiofrequenza rilevabile sul territorio cittadino.

Il fondo elettromagnetico ad Aosta: i metodi di misura

L'attività di rilevo si è articolata in tre fasi condotte in parallelo (Fig. 1):

- misure su un fitto reticolo di punti al livello stradale sull'intero comune
- acquisizioni prolungate nel tempo in alcuni punti presso sorgenti
- misure con analisi in frequenza in prossimità di sorgenti a più livelli dal suolo

Misure sul territorio

Al fine di avere un quadro dettagliato dell'intensità del campo elettrico presente al livello stradale su tutto il territorio del comune, sia, in aree più vicine a sorgenti sia in aree più remote e poco antropizzate, sono stati eseguiti rilievi del campo elettrico con sensori a banda larga in 606 punti disposti su un reticolo che seguiva l'urbanistica della città (Fig. 2). È stato eseguito un campionamento più fitto nelle aree pedonali e del centro storico (all'incirca il quadrilatero romano esteso fino all'Arco di Augusto a Est e a C.so XXVI febbraio a Nord) e meno fitto nelle altre aree. Sono state, poi, eseguite altre due sessioni di misura nell'arco di un anno in 78 punti scelti a campione tra i precedenti, allo scopo di valutare l'evoluzione temporale su un lungo periodo e al variare delle stagioni.

a b c

Figura 1 Esempi di rilievi di campo elettrico: a) misure sul reticolo stradale; b) misure prolungate con centraline automatiche; c) analisi in frequenza

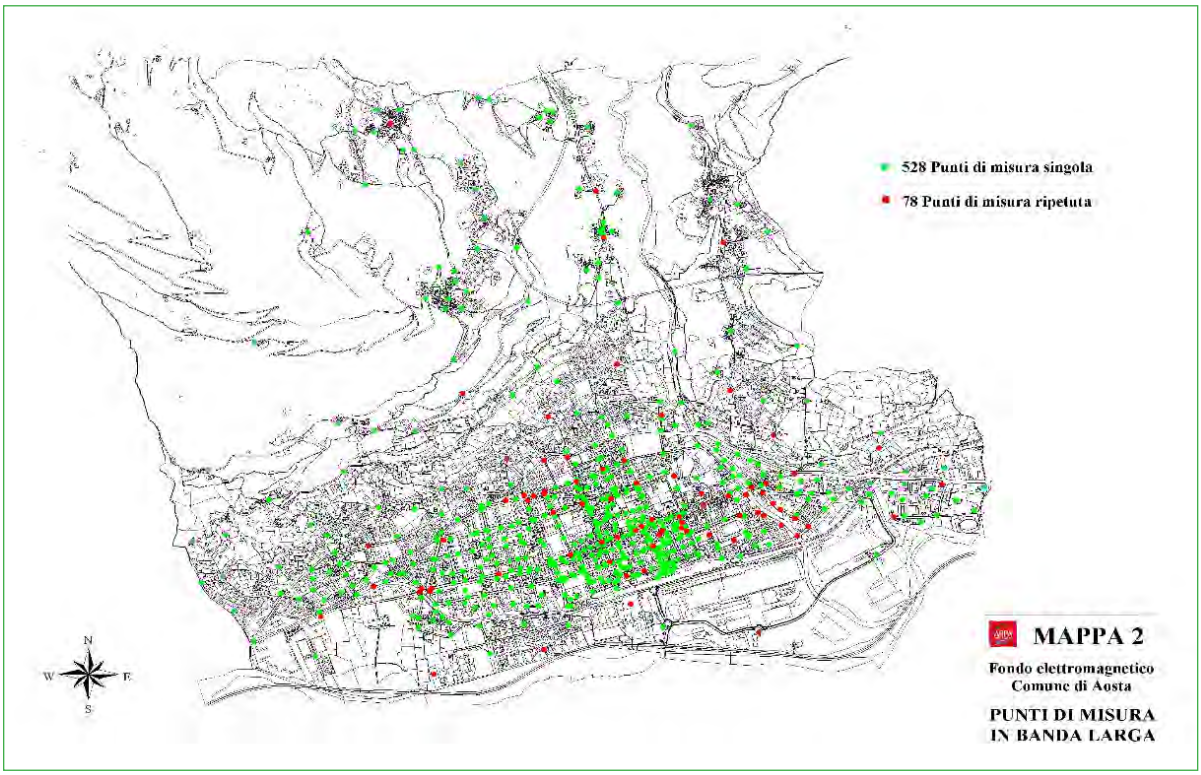


Figura 2 Punti di rilievo sul territorio comunale

Misure prolungate nel tempo

Mediante centraline automatiche per l'acquisizione dei valori di campo elettrico sono stati eseguiti monitoraggi prolungati per alcune settimane con l'obiettivo principale di registrare l'andamento del livello del campo elettrico nelle 24 ore e nell'arco della settimana: i punti di monitoraggio sono stati scelti tra quelli, in prossimità di SRB, che sulla base delle simulazioni di diffusione del campo elettrico risultavano maggiormente esposti o tra i siti che per loro natura sono percepiti dalla popolazione come sensibili, cioè scuole e ospedali.

Misure con analisi in frequenza

Mediante misure con analisi dei singoli segnali irradiati a diverse frequenze, richiedendo gli opportuni dati tecnici ai gestori dei servizi di telefonia mobile, è stato possibile calcolare l'esposizione in condizioni di massima potenza irradiata, cioè di massimo traffico telefonico. I punti in cui eseguire le misure sono stati scelti in base alle simulazioni numeriche delle emissioni delle sorgenti. In questi edifici, quando possibile, è stata eseguita una caratterizzazione completa del campo elettrico all'ultimo piano, ad un piano intermedio e al livello stradale: è così disponibile l'informazione sulla variazione dei livelli di campo in funzione della quota dal suolo.

Risultati dei rilievi

Misure sul reticolo cittadino

Per avere un'indicazione d'insieme dei livelli misurati, essi sono stati raggruppati in classi rappresentate nell'istogramma di Fig. 3.
Come si vede il 65 % dei livelli misurati al suolo è inferiore a 0,2 V/m, poco più dello 1 % è tra 0,8 e 1 V/m e lo 0,2 % (pari a 1 campione) è tra 1 e 1,5 V/m.
Il valore massimo misurato è stato di 1,1 V/m all'incrocio tra Via Festaz e viale dei Partigiani: da quest'area, infatt,i si ha piena visibilità della SRB presente in Via Chambéry, di parte degli impianti collocati sul Palazzo Fiat e delle antenne di diffusione del segnale radiotelevisivo dell'area di Barrier – Gerdaz.

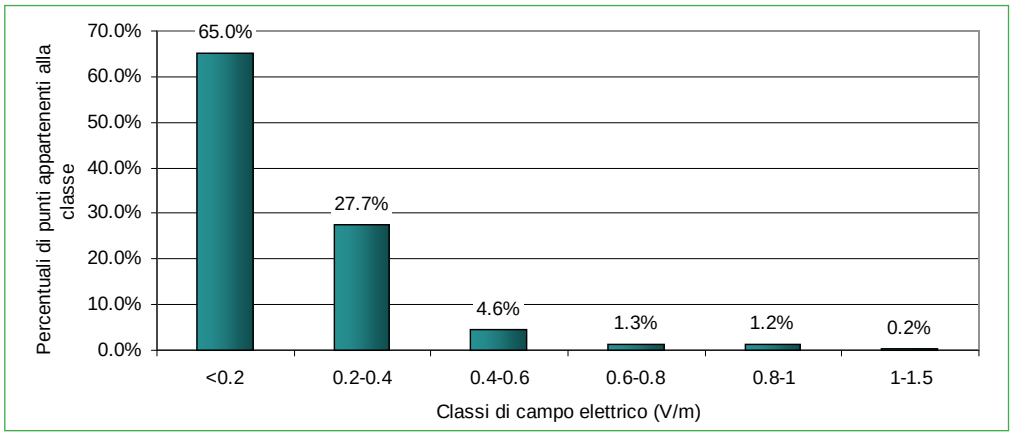


Figura 3 Distribuzione dei livelli di campo acquisiti nei 606 punti di misura lungo il reticolo stradale

Figura 4 Livelli di campo elettrico al suolo nel Centro Storico di Aosta

Per l'area del Centro Storico, in cui sono state eseguite misure più fitte, è stato possibile eseguire una interpolazione dei valori per ottenere una rappresentazione grafica continua dei livelli di campo, riportata in Fig. 4. Nella lettura della mappa occorre tenere conto che i livelli di campo si riferiscono allo spazio esterno degli edifici, mentre non vengono fornite informazioni sui livelli interni ai medesimi, schermati variamente dalle pareti. Occorre anche tenere presente che le interpolazioni sugli spazi esterni sono effettuate con algoritmi di calcolo che non tengono conto dell'effetto di schermatura/riflessione degli edifici. Peraltro, le misure sperimentali su cui è basata l'interpolazione rilevano valori sul campo che sono il risultato di tutti questi effetti.

Misure prolungate nel tempo

In Fig. 5 sono riportati i valori medi e massimi delle letture effettuate dalle centraline di monitoraggio prolungato in tutte le postazioni in cui sono state collocate.

Misure in banda stretta

Nella Fig. 6 sono riportati i valori massimi di campo elettrico che si avrebbero in condizioni di massimo traffico telefonico ricavati dalle analisi in frequenza. Come atteso, l'intensità del campo elettrico aumenta ai piani alti perché i segnali irradiati dalle antenne che sono generalmente montate sui tetti degli edifici vengono ricevuti direttamente, senza interferenze e riflessione come avviene per i piani bassi. I valori massimi registrati evidenziano che, anche nelle condizioni di massimo traffico telefonico, il valore di attenzione di 6 V/m è ovunque rispettato.

Evoluzione temporale

Come detto, in circa 80 punti sul territorio comunale i rilievi vengono ripetuti annualmente; nel 2003, sono state svolte due sessioni di misure, una nel periodo estivo e una in quello invernale. Al momento si dispone, quindi, di 6 serie di misure. In Fig. 7 sono riportate, punto per punto, le variazioni percentuali della media delle misure rispetto al primo valore di campo registrato nel 2003: considerato che le sorgenti sono prevalentemente stazioni radio base per telefonia è normale ottenere variazioni significative tra misure successive. Le due linee rosse riportate sul grafico delimitano crescite o diminuzioni del 40%: si nota che, mentre non sono presenti diminuzioni del campo al di sotto del 40% del valore iniziale, vi sono crescite ben al di sopra di tale percentuale. I punti in cui si sono registrati gli aumenti significativi si trovano in prossimità di stazioni di nuova installazione come quella di C.so Saint Martin de Corléans presso l'incrocio con Via Adamello o soggette a potenziamento come quelle di Via Piccolo San Bernardo o Piazza Narbonne.
I livelli si mantengono, in ogni caso molto inferiori ai limiti normativi.

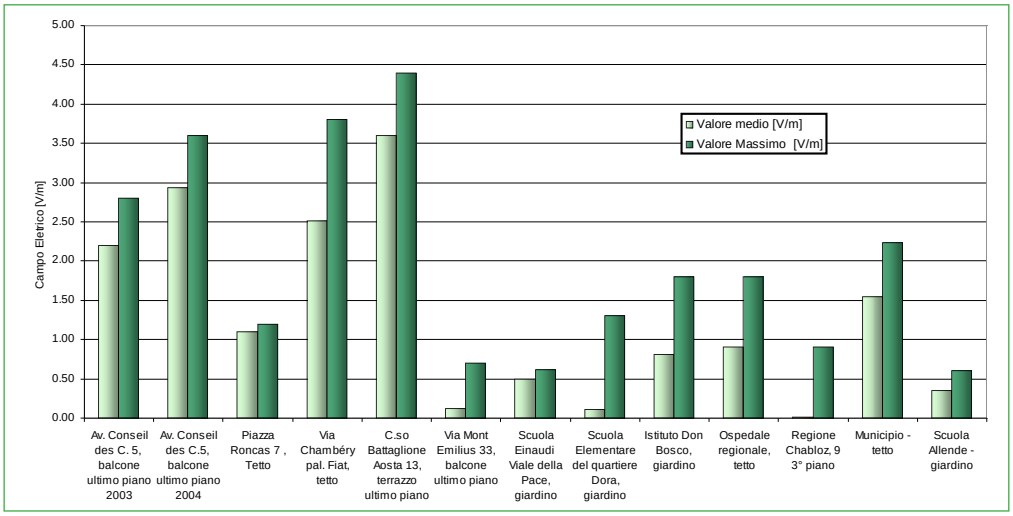


Figura 5 Valori medi e massimi del campo elettrico rilevato dalle centraline per il monitoraggio continuo nelle 12 postazioni

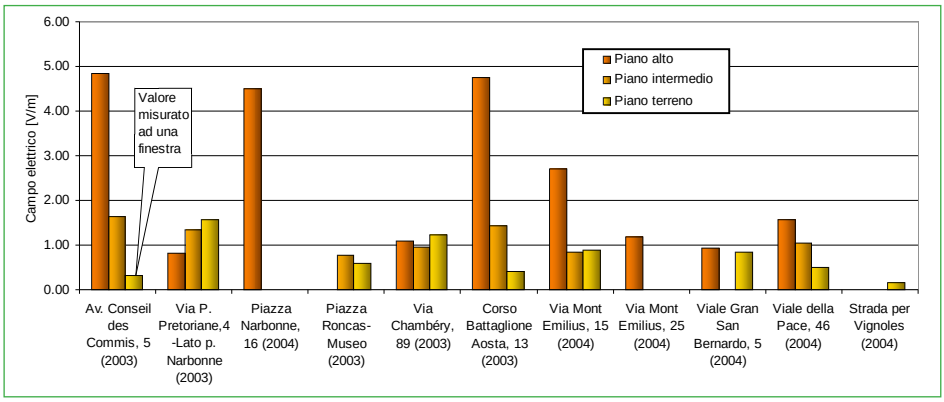


Figura 6 Andamento del campo elettrico totale in condizioni di traffico telefonico massimo

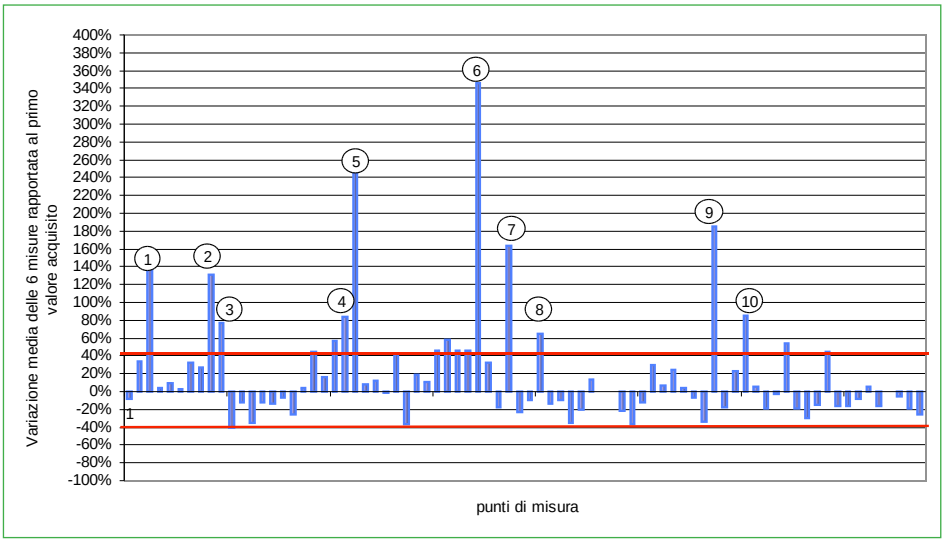


Figura 7 Variazioni percentuali della media delle misure del campo elettrico nei 78 punti in cui si ripete annualmente il rilievo

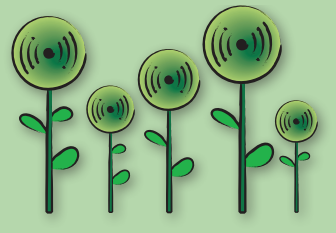
Riferimento	Indirizzo	Campo elettrico massimo in V/m
1	Angolo sud-ovest di Piazza Chanoux	0.46
2	Angolo sud-est di Piazza Plouves	0.40
3	Centro Piazza Plouves	0.96
4	Incrocio C.so Saint Martin - Via Mt. Solarolo (Nord)	0.20
5	Incrocio C.so Saint Martin - Via Mt. Solarolo (Sud)	0.48
6	Incrocio C.so Saint Martin - Via Mt. Vodice	0.63
7	Rotonda C.so Battaglione - Via Chambery	0.55
8	Viale Europa	0.54
9	Sagrato Chiesa Sant Anselmo	0.65
10	Incrocio Via Mont Emilius - Via Brocherel	0.50

Note conclusive

Dal rilievo del fondo elettromagnetico sul territorio del comune di Aosta emerge una situazione in cui a livello stradale i valori di campo elettrico si mantengono ben al di sotto dell'obiettivo di qualità di 6 V/m previsto dal DPCM del 8 luglio 2003 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 199 del 28 agosto 2003. Il valore massimo misurato è di 1,1 V/m e in buona parte del territorio il campo non supera la soglia di rilevabilità del sensore (0,2 V/m). In base a questo dato si può concludere che, globalmente, nelle aree aperte del territorio comunale la pressione ambientale dovuta alle sorgenti a radiofrequenza non è rilevante se riportata ai valori di riferimento previsti dalla normativa.

Diversa appare la situazione considerando i rilievi eseguiti sempre all'aperto, su balconi o terrazzi, ai piani alti degli edifici in prossimità di stazioni per telefonia cellulare. Se è pur vero che in nessuno dei punti in cui sono stati eseguiti rilievi si è registrato un superamento del valore di attenzione di 6 V/m previsto dal decreto citato per gli edifici in cui è prevista permanenza per più di 4 ore giornaliere, si osserva che i livelli rilevati non sono molto distanti da tale valore.

10.5 Sviluppo delle linee elettriche ad alta tensione in rapporto alla superficie territoriale e distribuzione delle cabine primarie



L'indicatore quantifica la presenza sul territorio di queste infrastrutture per il trasporto dell'energia, e l'estensione dello spazio interessato. È anche collegato con l'impatto potenziale sul paesaggio.

classificazione

- **Area tematica SINAnet**
  Radiazioni non ionizzanti
- **Tema SINAnet**
  Campi elettromagnetici
- **DPSIR** D

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione

Giudizio stato*

Tendenza

* Le caratteristiche del territorio regionale portano ad una concentrazione delle infrastrutture, tra cui gli elettrodotti ad altra tensione, nelle aree di fondo valle dove è maggiore la densità di popolazione, generando situazioni di forte prossimità tra elettrodotti ed edifici.

riferimenti normativi

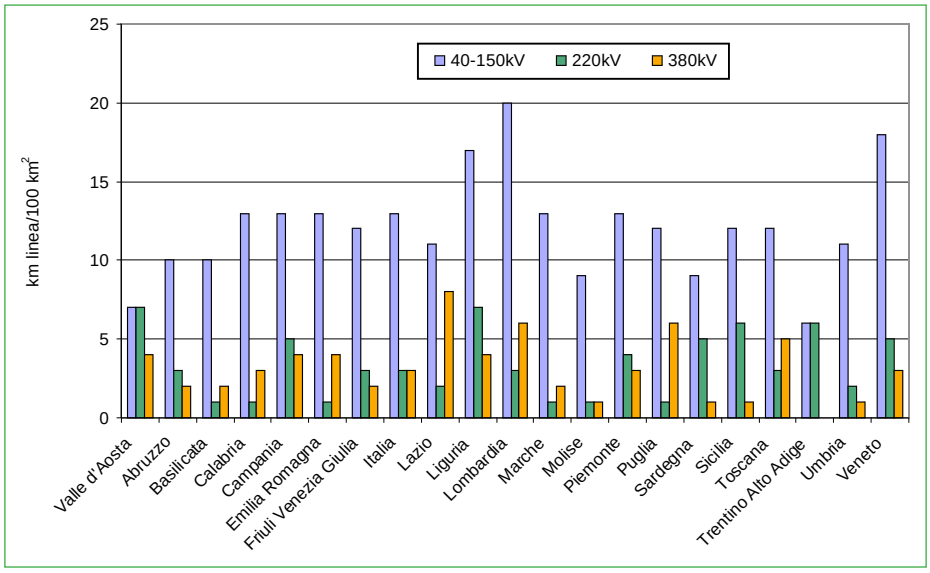
- **Normativa di riferimento**
  L. 36/01 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici", art. 7 "Catasto Nazionale"; art. 8d (catasti regionali)
  L.R. 32/06 "Disposizioni in materia di elettrodotti".
- **Relazione con la normativa**
  La quantificazione dell'indicatore deriva dall'istituzione dei catasti regionali degli impianti, disposta dagli articoli citati.
- **Livelli normativi di riferimento**
  Non applicabile

copertura temporale e spaziale

- **Aggiornamento**
  31/12/2007
- **Periodicità di aggiornamento**
  Aggiornamento continuo
- **Copertura territoriale**
  Intero territorio regionale

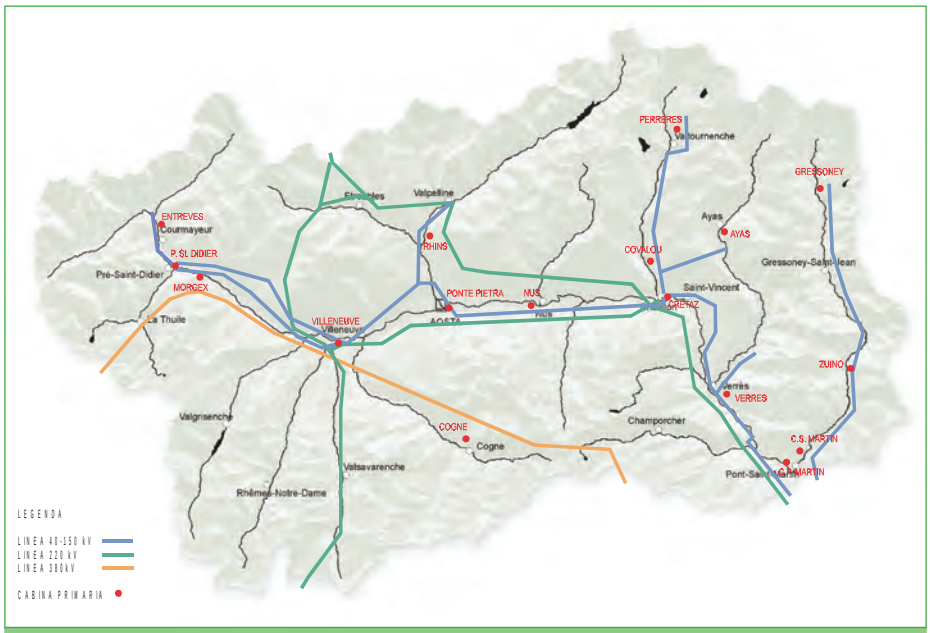
elaborazione e presentazione

LUNGHEZZA DELLE LINEE ELETTRICHE AD ALTA TENSIONE NORMALIZZATA ALLA SUPERFICIE REGIONALE



Nella colonna "Italia" viene indicata la media nazionale. La Valle d'Aosta è tra le regioni italiane con maggiore sviluppo delle linee elettriche a 220 kV rispetto alla superficie regionale.

SVILUPPO IN km DELLE LINEE ELETTRICHE AD ALTA TENSIONE, SUDDIVISE PER TENSIONE, E CONFIGURAZIONE TERRITORIALE DELLE LINEE



TENSIONE	SVILUPPO
380 kV	65 km (130 km considerando separatamente le 2 terne dell'elettrodotto)
220 kV	240 km
40-150 kV	250 km

Fonti dei dati Dati forniti dai gestori degli elettrodotti Terna e Deval

Legge regionale 32 del 15 dicembre 2006 "Disposizioni in materia di elettrodotti"

Valeria Bottura

La Legge Regionale 32 del 15 dicembre 2006 "Disposizioni in materia di elettrodotti" disciplina l'esercizio delle funzioni amministrative in materia di linee elettriche, sottostazioni e cabine di trasformazione per il trasporto, la trasformazione e la distribuzione di energia elettrica (di seguito denominate elettrodotti) ed in particolare delle funzioni concernenti l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio di elettrodotti con tensione nominale non superiore a 150 kV. La legge recepisce i principi della L. 36/01 (Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici), nel rispetto di quanto stabilito dal DPCM 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).
Gli scopi della legge sono:

- la tutela sanitaria della popolazione, la prevenzione e la salvaguardia dell'ambiente dall'inquinamento generato da elettrodotti,
- l'ordinato sviluppo, la compatibilità paesaggistica e la corretta localizzazione degli elettrodotti, in conformità alla pianificazione territoriale ed urbanistica,
- la tutela dell'ambiente e del paesaggio, anche mediante l'individuazione di strumenti ed azioni per il perseguimento di obiettivi di qualità, in conformità alla normativa statale vigente in materia,
- la tempestiva e completa informazione ai cittadini.

La parte centrale della legge riguarda le disposizioni per l'autorizzazione alla costruzione e all'esercizio di elettrodotti. I soggetti interessati alla costruzione di nuovi elettrodotti, con tensione nominale non superiore a 150 kV e non inferiore a 1000 V, presentano istanza presso la struttura regionale competente e viene avviata un'istruttoria. La novità introdotta dalla legge è che nella prima fase dell'istruttoria viene indetta una Riunione Valutativa Preliminare in cui tutti i soggetti interessati (enti, gestori, strutture, ecc.) si confrontano sul progetto presentato. In assenza di osservazioni di rilievo, si passa all'acquisizione dei pareri necessari e si indice la Conferenza dei Servizi. Nel caso qualche ente faccia richiesta di modifiche sostanziali per le quali si renda necessaria la presentazione di nuova documentazione, i termini vengono sospesi fino a quando tale documentazione non viene fornita dal proprietario dell'elettrodotto. Solo successivamente si indice la Conferenza dei Servizi. Grazie alla Riunione Valutativa Preliminare si abbreviano i tempi dell'istruttoria e si migliorano le informazioni sul progetto in modo che in sede di conferenza dei servizi si giunga con tutti i pareri positivi acquisiti.
ARPA esprime il parere sulla completezza della documentazione presentata e sulla congruità delle fasce di rispetto calcolate. Non essendo ancora stata approvata a livello nazionale una metodologia definitiva per il calcolo delle fasce di rispetto[1], nell'attuale fase transitoria è ARPA a calcolarne l'estensione, ove non vi abbia provveduto il proprietario degli impianti, che in ogni modo deve fornire tutti i dati necessari per il calcolo stesso.
Oltre alla fase autorizzativa i punti della legge in cui ARPA è chiamata in causa sono:

- art. 2, comma 1, lettera c) verifica dei limiti di esposizione, delle misure di cautela dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità fissati dalla normativa statale.
- art. 17 comma 2, 4 e 5) supporto tecnico agli organi competenti nei procedimenti dei piani di risanamento, sia per l'espressione di parere tecnico per l'approvazione di progetti di modifica di stati esistenti, sia per un parere sulla priorità degli interventi, sia sulla misurazione e valutazione del rispetto dei limiti dopo il risanamento.
- art. 20 comma 3) accertamento del rispetto dei limiti normativi al fine delle sanzioni di legge per i trasgressori.

1 Mentre la presente Relazione sullo Stato dell'Ambiente è in stampa, tali norme sono state emanate (D.M. 29/05/08 pubblicato nella G.U. n. 156 del 05/07/08).

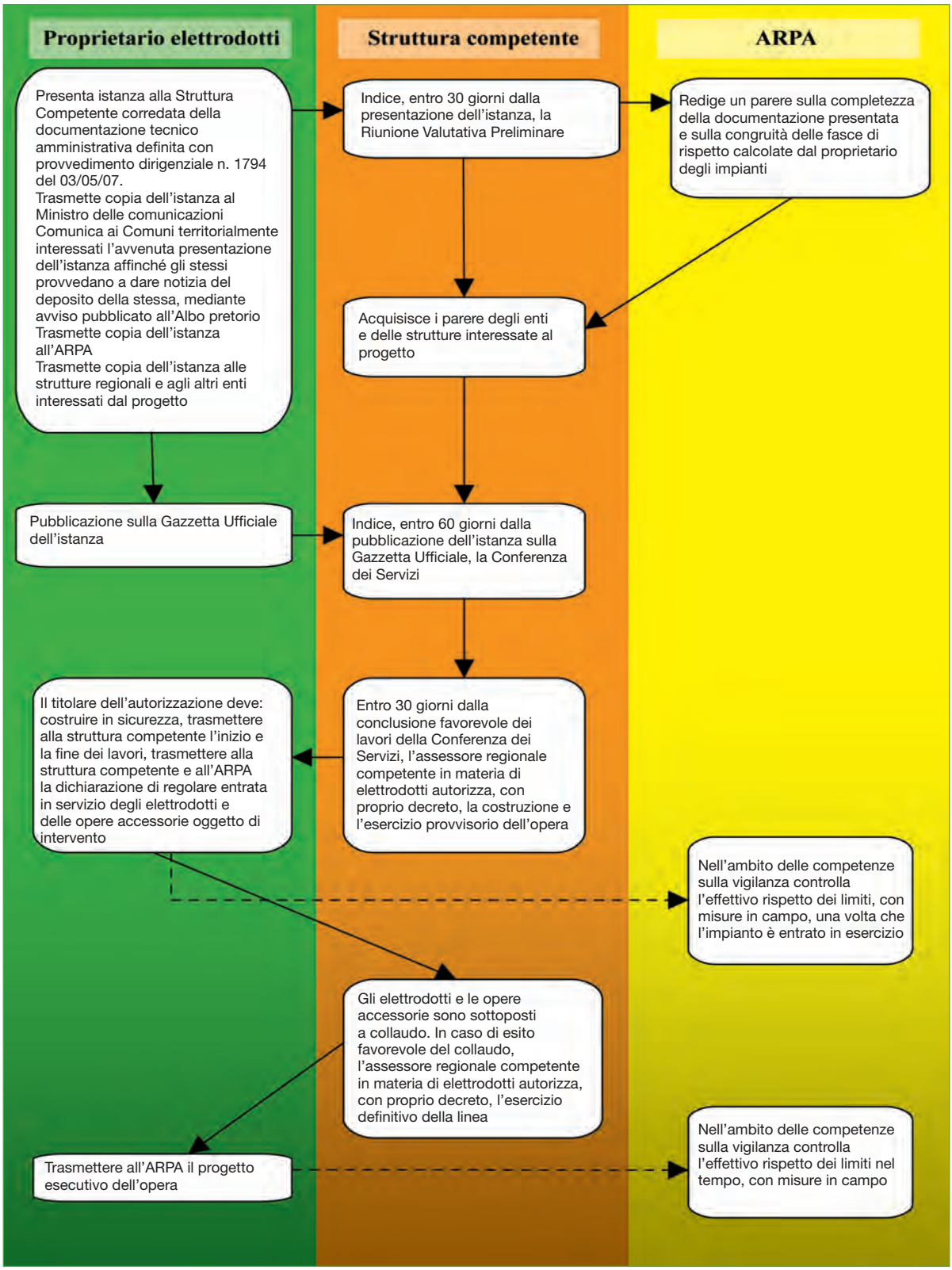
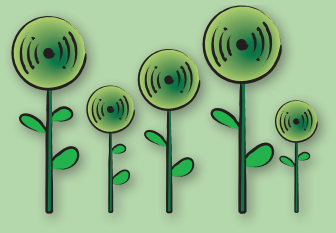


Tabella 1 schema del processo autorizzativo della L.R. 32/06

10.6 Corrente media annuale transitante negli elettrodotti ad alta tensione



Quantifica la corrente media annuale transitante negli elettrodotti ad alta tensione.

classificazione

- **Area tematica SINAnet**
  Radiazioni non ionizzanti
- **Tema SINAnet**
  (Campi elettromagnetici)
- **DPSIR** P

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione ☺

Giudizio stato n.a.

Tendenza ⇆

* Negli ultimi tre anni la corrente media annuale transitante negli elettrodotti ad alta tensione è rimasta pressoché costante

riferimenti normativi

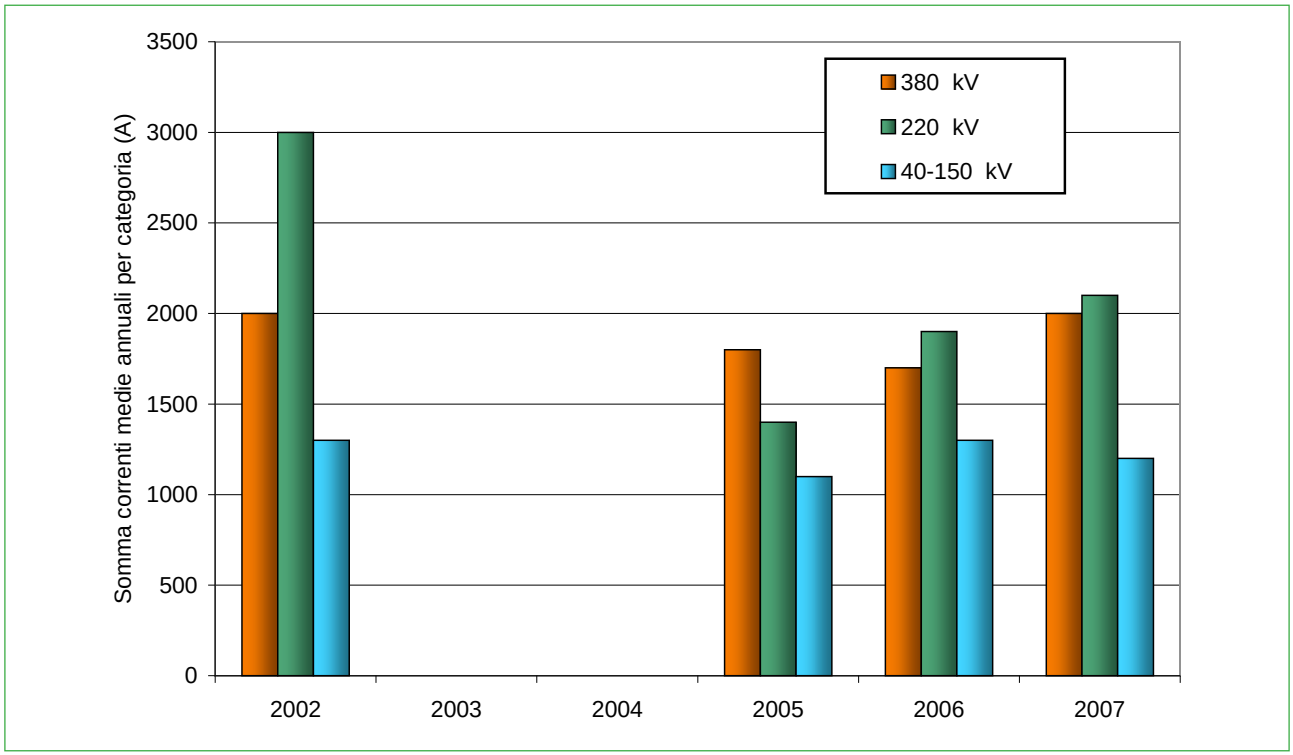
- **Normativa di riferimento**
  L. 36/01 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici", art. 7 "Catasto Nazionale" ; art. 8d (catasti regionali)
  LR 32/06 "Disposizioni in materia di elettrodotti".
- **Relazione con la normativa**
  La quantificazione dell'indicatore deriva dall'istituzione dei catasti regionali degli impianti, disposta dagli articoli citati e dall'indicazione dei limiti
- **Livelli normativi di riferimento**
  La normativa fissa limiti di esposizione per il campo magnetico che è generato dalla corrente che fluisce negli elettrodotti: indirettamente, quindi, per ogni singola campata di elettrodotto presso la quale sorge un edificio si può definire la corrente massima che può scorrere in quella campata senza che si verifichi un superamento dei limiti di esposizione o del valore di attenzione.

copertura temporale e spaziale

- **Aggiornamento**
  31/12/2007
- **Periodicità di aggiornamento**
  Aggiornamento continuo
- **Copertura territoriale**
  Intero territorio regionale

elaborazione e presentazione

SOMMA DELLE CORRENTI MEDIE ANNUALI TRANSITATE NEGLI ELETTRODOTTI AD ALTA TENSIONE SUDDIVISE PER TIPOLOGIA DI LINEA

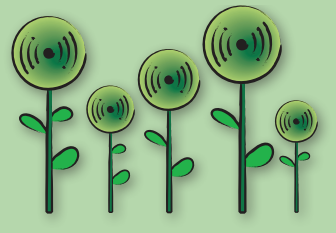


Fonti dei dati Dati forniti dai gestori degli elettrodotti Terna e Deval

Si tratta della somma delle correnti medie annuali transitate negli elettrodotti ad alta tensione che insistono sulla Valle d'Aosta. Il dato rappresenta il 75% circa degli elettrodotti.

Negli anni 2003 e 2004 non si è proceduto alla raccolta sistematica dei dati, ma si è in possesso solo di alcune informazioni limitate.
Da fonte Terna risulta che il calo di corrente transitante tra il 2002 e il 2005 è legato principalmente alla costruzione di una nuova dorsale proveniente dalla Svizzera e transitante sul territorio della regione Lombardia, per cui, nonostante un aumento di importazione di energia elettrica da Francia e Svizzera, questa è stata ridistribuita sulla rete, diminuendo così la quantità di corrente transitante negli elettrodotti a 220 kV della Valle d'Aosta.
Nel documento di Valutazione Ambientale del Piano di Sviluppo di Terna sono previsti sul territorio valdostano alcuni importanti interventi di ampliamento e adeguamento della rete nazionale. In particolare si fa riferimento al potenziamento del tratto di linee a 220 kV da Avise a Châtillon per far fronte all'aumento di importazione di energia elettrica dalla Svizzera e all'aumento di produzione locale di energia elettrica attraverso la realizzazione di nuove centrali idroelettriche. È già in rifacimento il primo tratto di tale intervento (elettrodotto T219 a 220 kV Avise – Villeneuve).

10.7 Numero di pareri rilasciati su nuovi impianti a bassa frequenza (50Hz – frequenza di rete elettrica)



L'indicatore quantifica l'attività svolta, anno per anno, dall'ARPA nel rilascio di pareri preventivi per la costruzione di nuovi edifici in prossimità di elettrodotti o per la realizzazione di nuovi impianti.

classificazione

- **Area tematica SINAnet**
  Radiazioni non ionizzanti
- **Tema SINAnet**
  Campi elettromagnetici
- **DPSIR** R

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione

Giudizio stato*

Tendenza

* L'entrata in vigore della legge regionale ha definito le procedure di formulazione dei pareri

riferimenti normativi

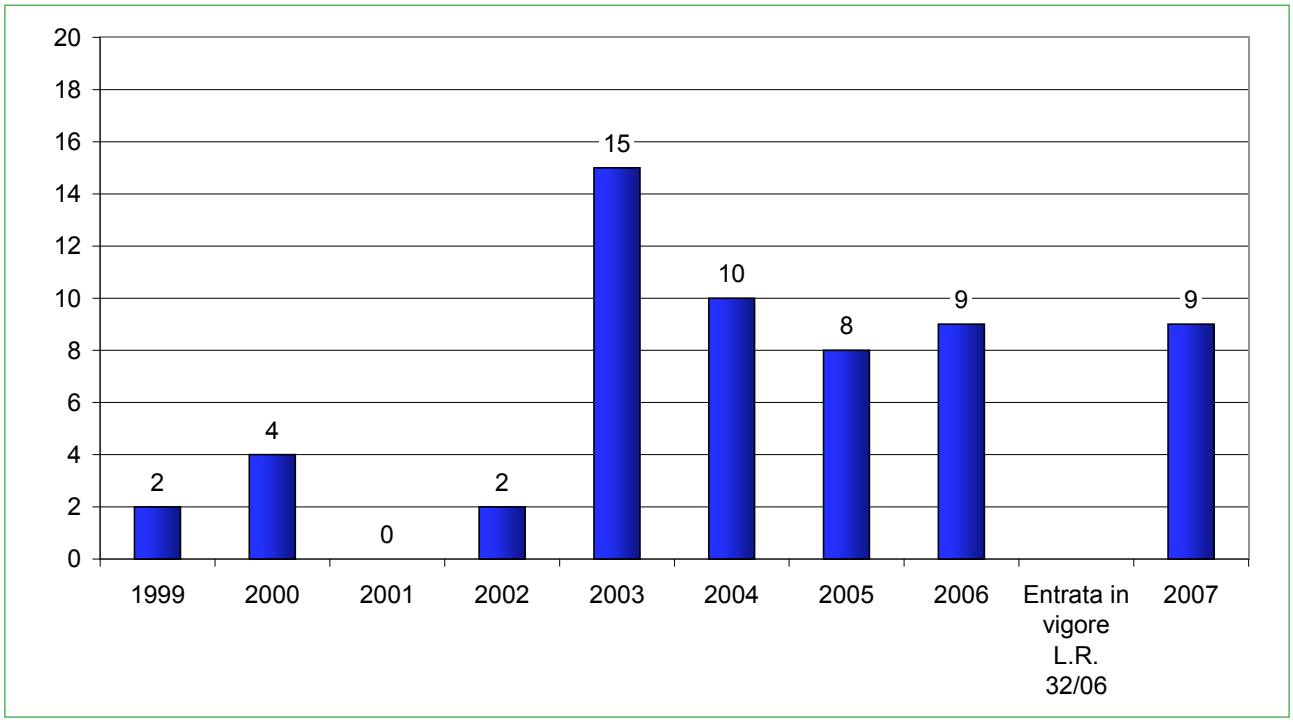
- **Normativa di riferimento**
  L. 36/01, art.8
  DPCM 8/07/03
  L.R. 32/06, art. 6
- **Relazione con la normativa**
  La quantificazione dell'indicatore discende dai controlli richiesti dalla normativa
- **Livelli normativi di riferimento**
  I pareri sono rilasciati con riferimento ai livelli fissati dalla normativa
  - 100 µT valore limite per la prevenzione di effetti acuti;
  - 10 µT valore di cautela per la prevenzione di possibili effetti a lungo termine sulla popolazione, da applicare in aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore;
  - 3 µT obiettivo di qualità per le nuove installazioni (nuovi elettrodotti, nuovi insediamenti in prossimità di elettrodotti esistenti)

copertura temporale e spaziale

- **Aggiornamento**
  31/12/2007
- **Periodicità di aggiornamento**
  Aggiornamento continuo
- **Copertura territoriale**
  Intero territorio regionale

elaborazione e presentazione

PARERI RILASCIATI IN RIFERIMENTO A SORGENTI DI CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO A BASSA FREQUENZA (50 HZ)



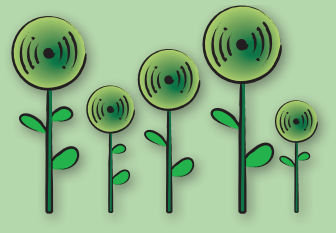
Numero totale di pareri: 59

Prima dell'entrata in vigore della L.R. 32/06 i pareri erano espressi a privati per la realizzazione di nuovi edifici in prossimità di elettrodotti e su richiesta dell'Amministrazione Regionale per i nuovi impianti, in base a quanto definito dalla normativa nazionale.

PREVISIONI DI SVILUPPO DELLA RETE ELETTRICA

Nel documento di Valutazione Ambientale del Piano di Sviluppo di TERNA sono previsti sul territorio valdostano alcuni importanti interventi di ampliamento e adeguamento della rete nazionale. In particolare si fa riferimento al potenziamento del tratto di linee a 220 kV da Avise a Châtillon per far fronte all'aumento di importazione di energia elettrica dalla Svizzera e all'aumento di produzione locale di energia elettrica attraverso la realizzazione di nuove centrali idroelettriche. Conteggiato nell'indicatore, nell'anno 2007, vi è il parere di VIA nazionale per il rifacimento del primo tratto di tale intervento (elettrodotto T219 a 220 kV Avise – Villeneuve).
Un altro intervento riguarda la parte di interconnessione della rete tra Piemonte e Valle d'Aosta nella zona tra Pont Saint Martin e Quincinetto, ove si prevedono interventi di razionalizzazione di alcune linee a 132 kV.
Infine, anche se non sono stati definiti i tempi, si fa riferimento anche alla necessità di adeguamento delle linee delle valli di Gressoney e Valtournenche.

10.8 Numero di controlli sia con misure che con modelli numerici eseguiti su impianti a bassa frequenza (50Hz – frequenza di rete elettrica)



L'indicatore quantifica l'attività svolta dall'ARPA nell'effettuazione di controlli sia con misure che, nel caso di elettrodotti, con modelli numerici.

classificazione

- **Area tematica SINAnet**
  Radiazioni non ionizzanti
- **Tema SINAnet**
  Campi elettromagnetici
- **DPSIR** R

DETERMINANTI – PRESSIONI – STATO – IMPATTO – RISPOSTE

Qualità dell'informazione

Giudizio stato

Tendenza*

* L'entrata in vigore della legge regionale ha comportato, dal 2007, un aumento dei pareri rilasciati

riferimenti normativi

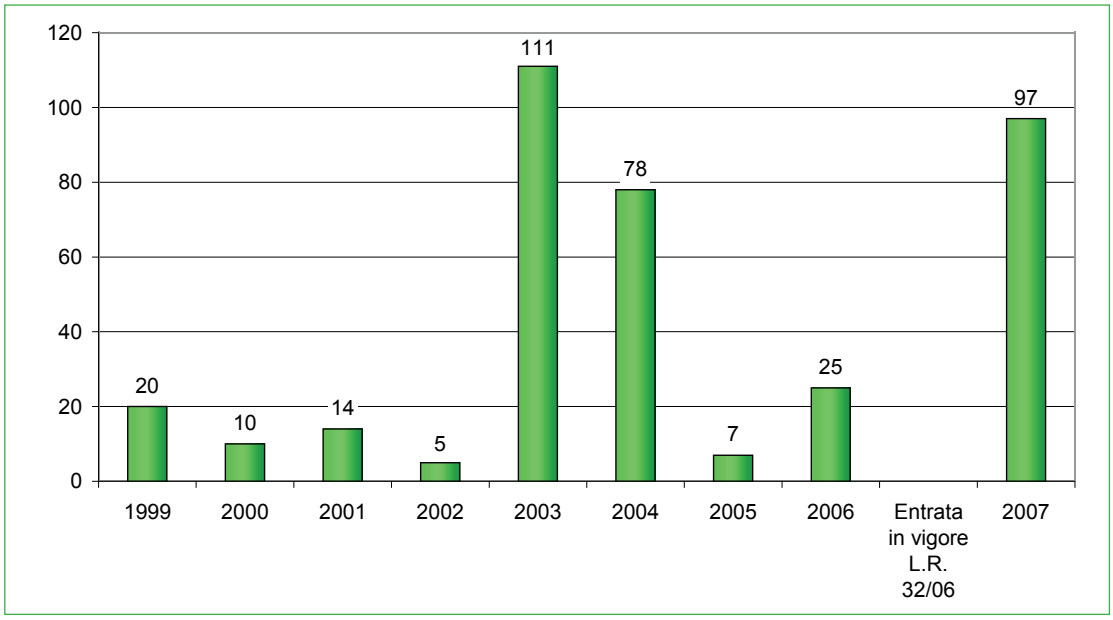
- **Normativa di riferimento**
  L. 36/01, art. 8
  DPCM 8/07/03
  L.R. 32/06, art. 2
- **Relazione con la normativa**
  La quantificazione dell'indicatore discende dai controlli richiesti dalla normativa
- **Livelli normativi di riferimento**
  Non applicabile

copertura temporale e spaziale

- **Aggiornamento**
  31/12/2007
- **Periodicità di aggiornamento**
  Aggiornamento continuo
- **Copertura territoriale**
  Intero territorio regionale

elaborazione e presentazione

NUMERO DI CONTROLLI EFFETTUATI CON INTERVENTI DI MISURA SU CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A 50HZ

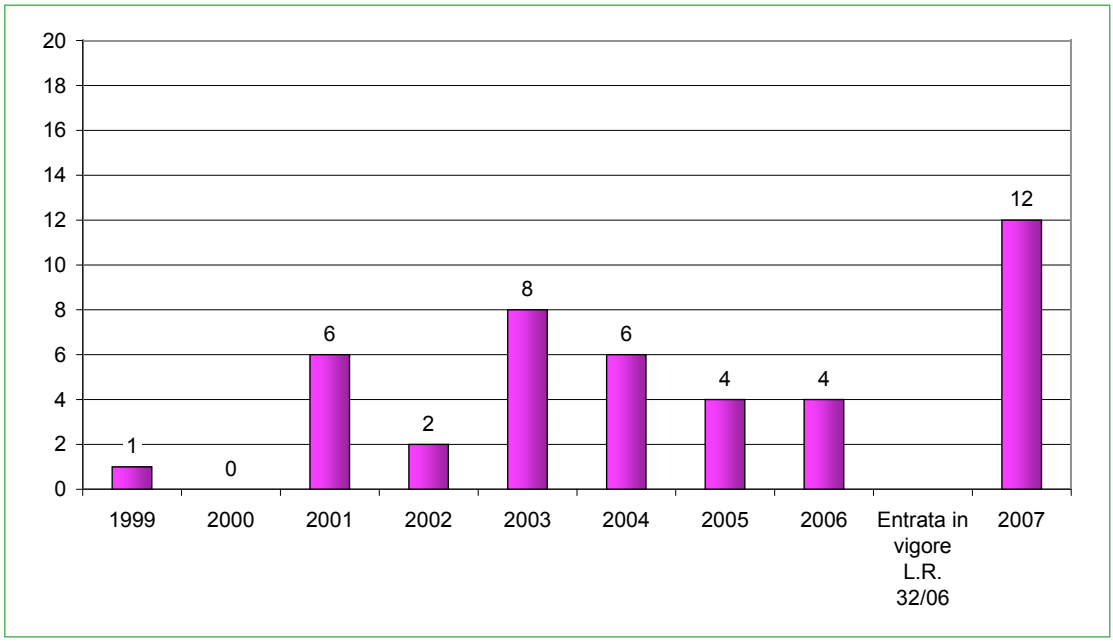


Numero totale di controlli tramite interventi di misura: 367

L'elevato numero di controlli con misure negli anni 2003 e 2004 è legato alla campagna di misura del campo elettrico e magnetico a 50Hz in tutte le scuole della regione.

L'elevato numero di controlli con misure nell'anno 2007 è legato al progetto "Aosta: città sicura anche nei 50Hz" commissionato dall'Amministrazione Comunale di Aosta per la misura del campo elettrico e magnetico generato da elettrodotti su tutto il territorio comunale (vedi approfondimento a pag. 294).

NUMERO DI CONTROLLI EFFETTUATI CON MODELLI NUMERICI SU CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A 50HZ (ELETTRODOTTI)



Numero totale di controlli con modelli numerici: 43

Misure e valutazione dell'esposizione ai campi elettrico e magnetico a 50 hz generati da elettrodotti nel comune di Aosta

Valeria Bottura

L'amministrazione comunale di Aosta ha dato incarico all'ARPA di condurre una campagna di misure, su tutto il territorio della città, dei livelli di campo elettrico e magnetico generati alla frequenza di rete di 50 Hz.
Oltre alla rete di trasporto e distribuzione dell'energia elettrica, anche gli impianti domestici, e in generale tutte le apparecchiature funzionanti con l'energia elettrica, generano i campi elettrico e magnetico. I campi generati dagli elettrodomestici, che sono sorgenti di dimensioni limitate nello spazio, possono essere molto intensi a ridosso delle apparecchiature, ma si attenuano rapidamente allontanandosi dalla sorgente: già a distanze di 50 cm o 1 m i valori diventano di intensità trascurabile.
ARPA ha articolato l'indagine in attività di misura diverse tra loro, legate dall'intento di descrivere in modo completo i valori di campo magnetico presenti sul territorio comunale e nel contempo approfondire le situazioni in cui risaltasse la possibilità di una esposizione anomala rispetto ai valori di esposizione media che si riscontrano normalmente in ambiente di vita.
Le attività svolte sono le seguenti:

1. Misure lungo il reticolo cittadino (Fig.1).
2. Misure presso cabine di trasformazione secondarie MT/BT.
3. Misure interne ad edifici nei pressi di elettrodotti a media e bassa tensione.
4. Misure presso edifici rientranti nelle fasce di rispetto degli elettrodotti ad alta tensione

Tutte le misure effettuate nelle attività sopra descritte sono state eseguite secondo quanto suggerito dalla norma CEI 211-6, data di pubblicazione 2001-01.
Il lavoro presentato aveva l'obiettivo di valutare l'esposizione complessiva al campo magnetico generato dalla rete elettrica e non la semplice verifica del rispetto dei limiti previsti dalla normativa vigente, qui riportati:

100 µT	limite di esposizione
10 µT	valore di attenzione
3 µT	obiettivo di qualità

1.1 Misure lungo il reticolo cittadino

Sono state eseguite misure di campo magnetico lungo tutti i marciapiedi e le aree pedonali del territorio comunale al fine di ricavare l'esposizione nelle vie della città ed individuare possibili situazioni da approfondire. Si ricorda che la maggiore parte degli elettrodotti asserviti alla distribuzione in media e bassa tensione viene interrata.
Tale attività è stata eseguita in due stagioni differenti, autunno/inverno e primavera/estate in modo da tener conto di eventuali variazioni di carico delle linee dovute al periodo stagionale. Inoltre tutte le misure sono state effettuate nella fascia oraria dal-

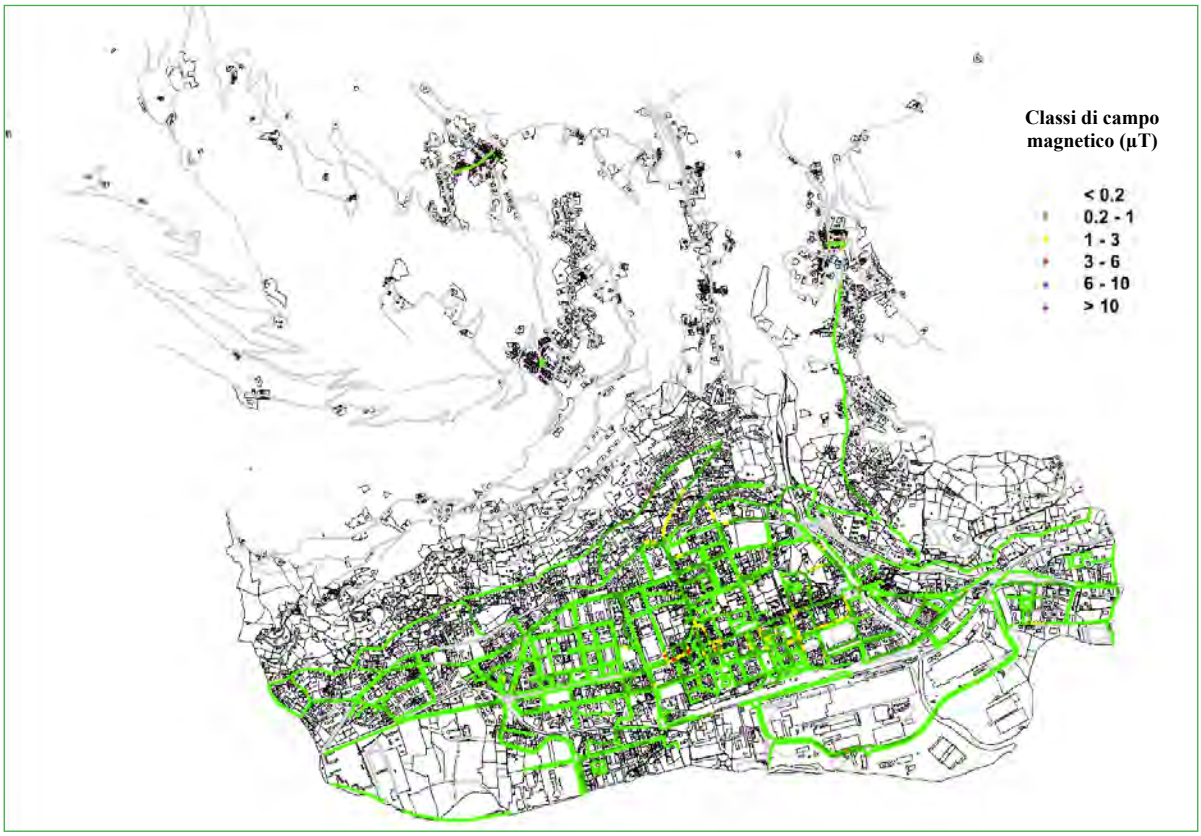


Figura 1 Misure di campo magnetico lungo reticolo cittadino: periodo autunno/inverno 2006/2007, valori espressi in µT.

le 10 alle 13 perchè generalmente è considerata di alto carico.
I risultati ottenuti si riportano in planimetria suddivisi in classi di valori di campo magnetico associate a colori differenti, classi individuate in modo da descrivere in maniera chiara le variazioni dell'andamento del campo magnetico misurato.
Nel periodo autunno inverno sono state eseguite 66438 misure, mentre la seconda sessione di misure, nel periodo primavera/estate 2007, è stata effettuata in un numero minore di percorsi escludendo alcune zone di scarso passaggio i cui valori rilevati nella prima sessione ricadevano nella classe inferiore di valori di campo magnetico; inoltre sono state escluse alcune vie secondarie in cui non erano stati rilevati valori significativi nella prima misura. Il numero di punti rilevati nel periodo primavera/estate risulta circa il 55 % rispetto al numero di punti rilevati nella sessione di misure autunno/inverno.
Non sono state riscontrate significative differenze tra i livelli acquisiti nel periodo invernale e quelli nel periodo estivo.

1.2 Misure prolungate nel tempo presso cabine di trasformazione MT/BT

Sono state eseguite misure prolungate nel tempo in vicinanza di cabine elettriche di trasformazione secondarie, cioè da media a bassa tensione, per verificare gli andamenti temporali giornalieri o settimanali della distribuzione dell'energia elettrica.
Le cabine di trasformazione MT/BT sono impianti complessi della rete di distribuzione e difficilmente modellizzabili con simulazioni numeriche. D'altro canto, localmente, esse possono generare forti campi magnetici disuniformi. Risulta quindi fondamentale l'esecuzione di misure, puntuali e prolungate nel tempo, per acquisire tutte le informazioni necessarie alla valutazione dell'impatto elettromagnetico da esse generato.
La variabilità della corrente transitante negli elettrodotti di media e bassa tensione è molto pronunciata perchè è legata alla richiesta di energia elettrica delle utenze. Di conseguenza anche l'andamento del campo magnetico da essi generato varia fortemente. Durante la giornata o la settimana, però, gli andamenti della corrente presentano una certa ripetibilità. A seconda che la zona di interesse sia una via commerciale, un quartiere residenziale o una zona industriale, sono chiaramente visibili momenti della giornata o giorni della settimana con una maggior richiesta di energia rispetto ad altri. Tutto ciò si rispecchia nell'andamento del campo magnetico.
Il monitoraggio è stato eseguito per alcune cabine nei due diversi periodi stagionali, per altre a diversa distanza dalla cabina stessa per valutare la variabilità spaziale del campo magnetico generato. Anche per le cabine, come per le linee lungo il reticolo cittadino, non si riscontra una sensibile differenza tra i rilievi del periodo invernale e quelli estivi. In Fig. 2 si riportano i valori medi di tutte le misure e le medie delle misure notturne per le cabine in cui il monitoraggio è stato effettuato in due periodi stagionali differenti. In Fig. 3 si riportano i valori medi di tutte le misure e le medie delle misure notturne per le cabine in cui il monitoraggio è stato effettuato a diverse distanza dalla parete della cabina.
Le misure presso le cabine hanno evidenziato come tali impianti possano essere sorgenti localizzate di forti campi magnetici: ad esempio nella cabina in via Seigneurs de Quart i valori medi si attestavano intorno a 40 µT e si sono raggiunte mediane nelle 24 ore di 44 µT, abbondantemente superiori al valore di attenzione di 10 µT. Inoltre sono stati misurati valori istantanei di campo magnetico di circa 80 µT. Tali valori si avvicinano al limite di esposizione (100 µT) che rappresenta un limite da non superare in alcun caso.
Pur senza raggiungere valori così alti anche nelle cabine di via 1° Maggio e al Dipartimento dell'Industria le mediane si avvicinavano al valore di attenzione di 10 µT.
Si fa notare il rapido e deciso calo di valori di campo magnetico con la distanza, tipico andamento dovuto a sorgenti disuniformi.

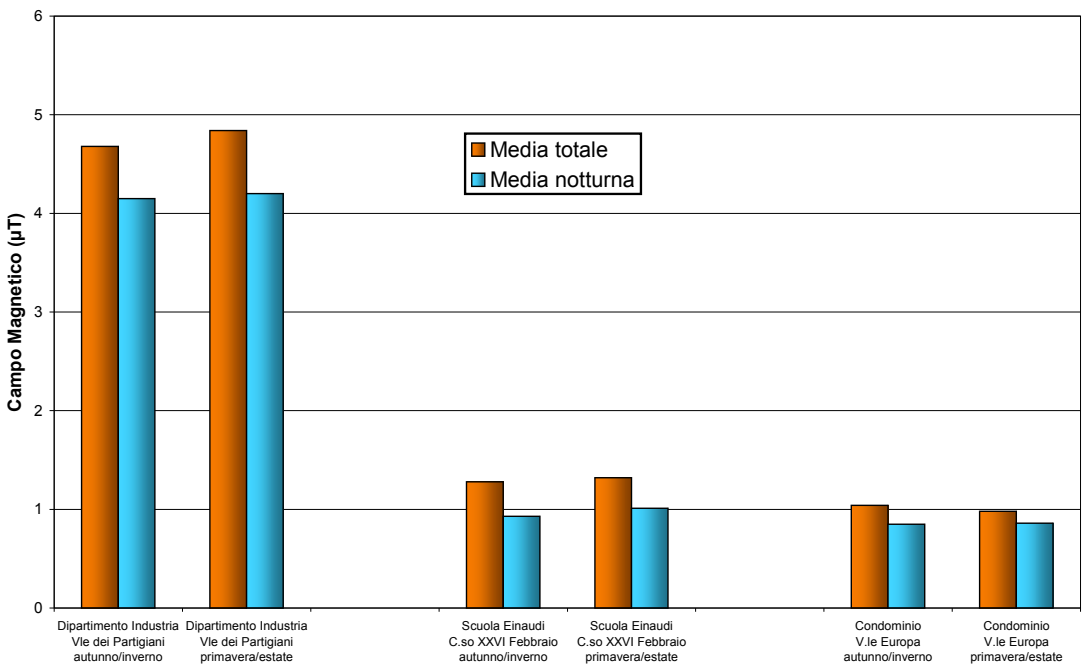


Figura 2 Cabine di trasformazione MT/BT: valori medi totali e notturni in stagioni differenti.

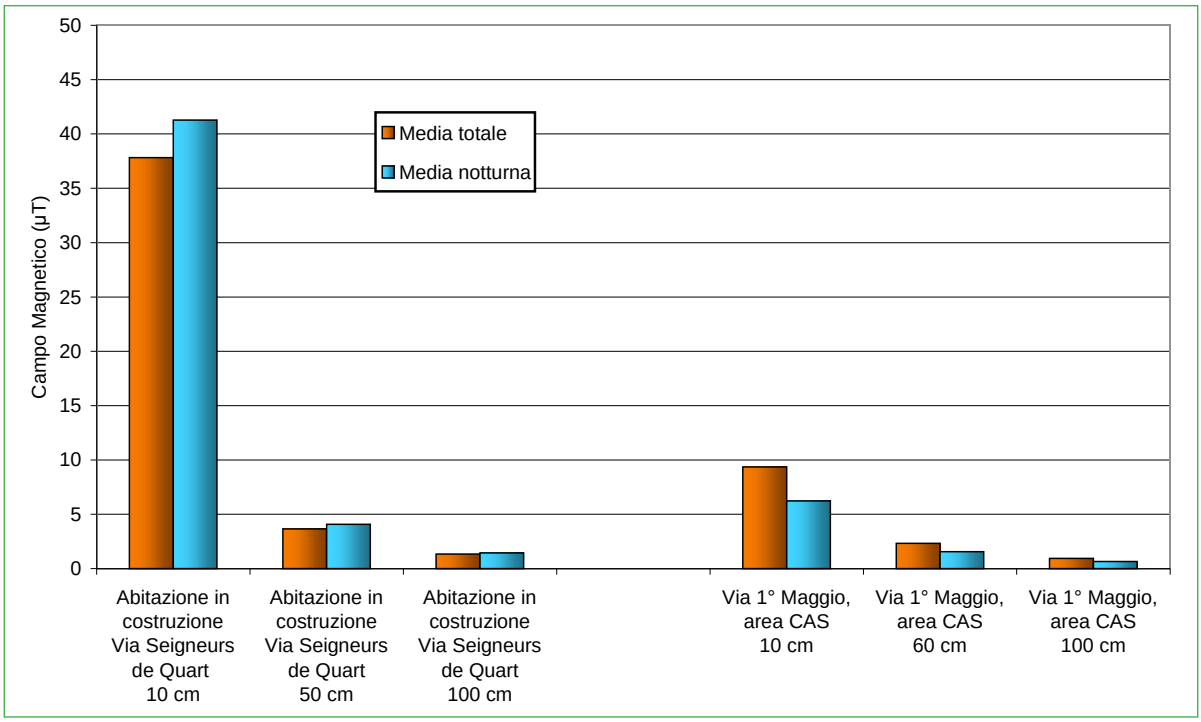


Figura 3 Cabine di trasformazione MT/BT: valori medi totali e notturni, misure a distanza diversa dalla parete della cabina.

Misure interne ad edifici nei pressi di elettrodotti a media e bassa tensione

A seguito delle misure effettuate lungo il reticolo cittadino e di sopralluoghi sul territorio comunale, sono stati individuati alcuni edifici in prossimità di linee a media e bassa tensione all'interno dei quali si è ritenuto di dover eseguire misure, sia puntuali che prolungate nel tempo, per approfondire la valutazione dell'esposizione dei residenti. Le misure puntuali sono state eseguite in numero variabile a seconda della posizione della linea rispetto all'edificio (linea che si sviluppa lungo tutto il perimetro del fabbricato, oppure solo su di un lato, linea aerea, ecc.). Le misure continuative nel tempo sono state effettuate nel punto in cui è stato rilevato il valore massimo riscontrato con le misure precedenti.

Non sono state trovate situazioni da approfondire per quanto riguarda l'eventuale esposizione dovuta a linee aeree a media tensione; ciò può essere spiegato dal fatto che la corrente circolante in tali linee è relativamente bassa e che questa tipologia di elettrodotti si estende, per quanto riguarda il territorio di Aosta, soprattutto in zone scarsamente edificate.

In Fig. 4 sono riassunti i valori delle medie totali e notturne.

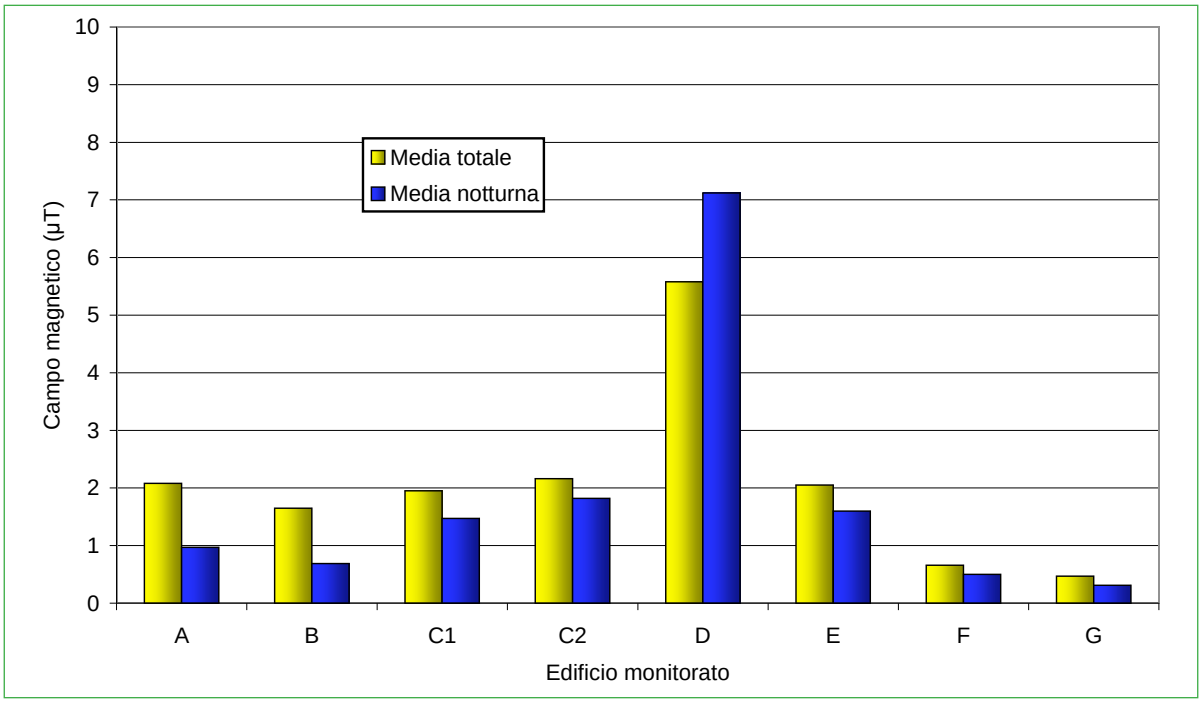


Figura 4 Valori medi totali e notturni dei monitoraggi prolungati all'interno di edifici, valori espressi in µT

I dati riportati in Fig. 4 mostrano che nella maggior parte degli edifici monitorati i valori medi di campo magnetico risultano inferiori a 2 μT e calano nelle ore notturne, solo in un edificio si misurano valori medi molto più alti e con valori notturni, maggiori di 7 μT, più alti di quelli diurni (< 6 μT). Si ipotizza che ciò sia dovuto alla presenza sulla facciata dell'edificio dei cavi di illuminazione pubblica.

1.4 Elettrodotti ad Alta Tensione sul territorio comunale di Aosta

Sul territorio del comune di Aosta transitano quattro elettrodotti ad alta tensione, tre aventi tensione pari a 132 kV e uno con tensione 220 kV.

1. T504 Villeneuve – Signayes, 132 kV
2. T507 Signayes – Aosta, 132 kV
3. T508 Aosta – Châtillon, 132 kV
4. T209 Villeneuve – Châtillon, Der. Cogne, 220 kV

In Fig. 5 si evidenziano i percorsi di tali elettrodotti con indicati i sostegni dei conduttori nei tratti aerei. Il criterio utilizzato per selezionare le abitazioni in cui effettuare le misure è stato quello di scegliere tutte le abitazioni rientranti nelle fasce di rispetto, sia come edifici sia come pertinenze esterne, degli elettrodotti. Si riporta di seguito in Fig. 6 un esempio tridimensionale del calcolo del volume delimitato dall'isosuperficie di 3 μT in relazione ad una linea elettrica esterna e della relativa fascia di rispetto determinata secondo la procedura descritta.

Il numero totale di residenti nelle 13 abitazioni oggetto di misure è di 50 unità. Questo numero è troppo esiguo per essere confrontato con il totale della popolazione residente nel comune di Aosta, quindi si è ricavata la percentuale degli esposti riferita al solo numero dei residenti delle abitazioni oggetto di indagine.
Si riporta di seguito in Fig. 7 il grafico relativo ai risultati ottenuti per i valori medi annuali, nel quale i numeri scritti nel riquadro interno alle colonne rappresentano il numero assoluto degli esposti, mentre i numeri sopra alle colonne rappresentano la percentuale rispetto al totale dei residenti nelle fasce di rispetto.

I risultati delle elaborazioni dei dati ricavati dalle misure eseguite in ogni abitazione e dai dati di corrente transitante nelle linee, sia al momento delle misure stesse che durante gli anni precedenti, 2005 e 2006, evidenziano che i residenti vicino a tali linee sono esposti a valori di campo magnetico medio inferiori a 1 μT: il 44% è stato esposto a meno di 0.2 μT negli anni presi in considerazione.

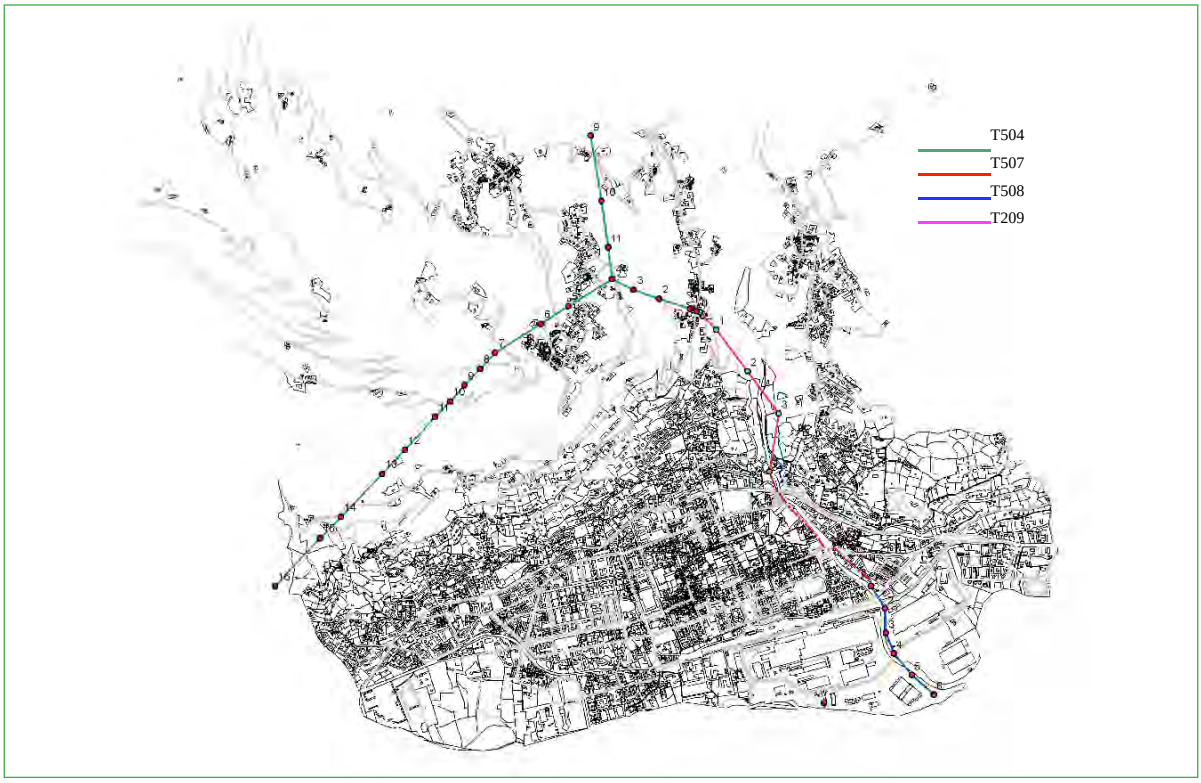


Figura 5 Elettrodotti ad Alta Tensione sul territorio comunale di Aosta

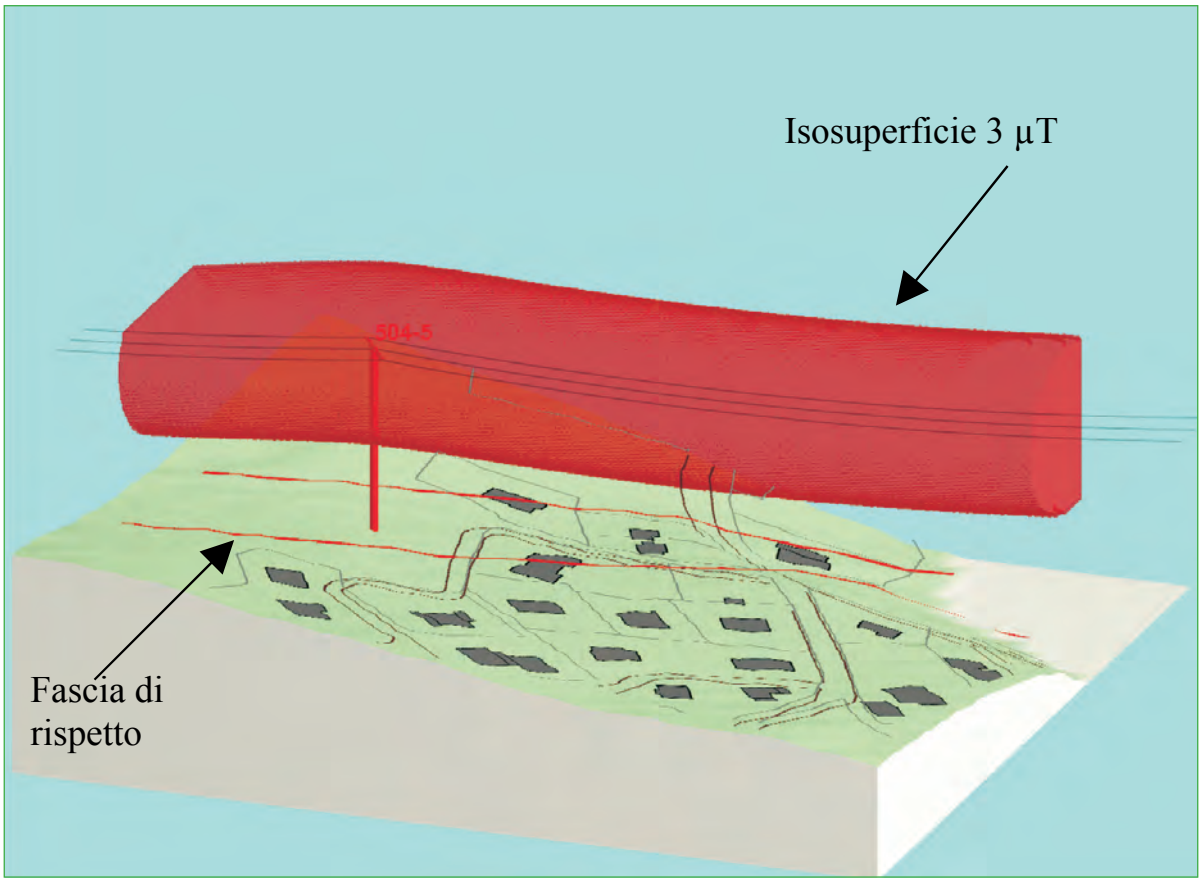


Figura 6 Analisi tridimensionale dei livelli di campo magnetico e della fascia di rispetto nella zona di Entrebin vicino al traliccio n° 5 dell'elettrodotto T504

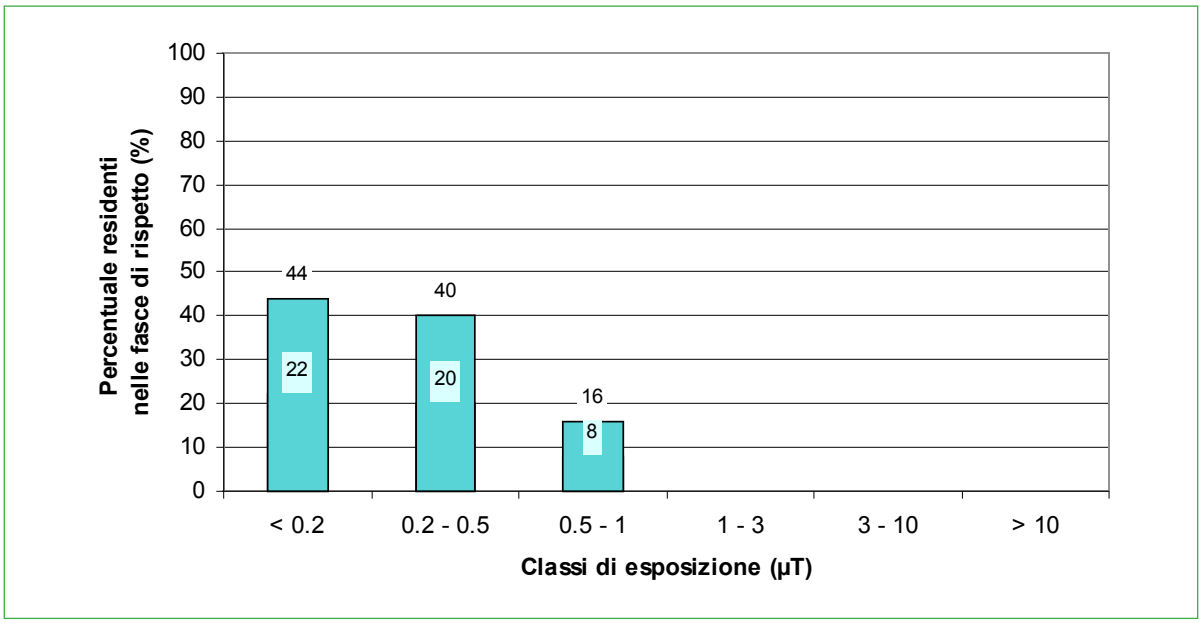


Figura 7 Esposizione percentuale media annuale, anni 2005 e 2006, della popolazione di Aosta residente in prossimità di elettrodotti ad alta tensione

L'inquinamento luminoso. Studio di alcuni esempi di impianti di illuminazione e misure della brillanza del cielo notturno

Marco Cappio Borlino, Daniela Berger

L'inquinamento luminoso e l'inquinamento ottico

Per inquinamento luminoso si intendono gli effetti dell'immissione nel cielo notturno di luce prodotta da sorgenti artificiali, in genere impianti di illuminazione esterna.
La L.R. 17/98 lo definisce come: "ogni forma di irradiazione di luce artificiale al di fuori delle aree a cui essa è funzionalmente dedicata ed in particolare verso la volta celeste". In maniera ancora più completa, l'inquinamento luminoso può essere definito come:
[…] qualunque alterazione della quantità naturale di luce presente di notte nell'ambiente esterno, al di fuori dagli spazi che è necessario illuminare, e dovuta all'immissione di luce nell'ambiente di cui l'uomo abbia responsabilità.[1]
Questa definizione vuole comprendere tre fenomeni diversi:

- l'inquinamento luminoso diretto, dovuto all'emissione di luce direttamente verso l'alto;
- l'inquinamento luminoso indiretto, dovuto alla radiazione luminosa che viene riflessa o diffusa verso l'alto dalle superfici illuminate;
- l'inquinamento ottico, o luce intrusiva, provocato dalla luce, proveniente da una sorgente artificiale, che illumina direttamente un'area alla quale l'impianto non è funzionalmente dedicato, o comunque un'area che non necessita di illuminazione. Questo fenomeno non va confuso con quello dell'abbagliamento, che è, invece, un disturbo legato al rapporto tra l'intensità della luce che arriva direttamente all'utente dell'impianto dalla sorgente e quella che gli arriva dalla superficie illuminata dall'impianto.

La brillanza zenitale e la sua misura

L'indicatore di stato comunemente più usato per quantificare il fenomeno dell'inquinamento luminoso è la brillanza totale del cielo allo zenit, oppure la brillanza artificiale del cielo allo zenit, ovvero la brillanza totale, a cui è stata sottratta la luminosità naturale.
Con il termine brillanza (o luminanza) del cielo allo zenit si intende l'energia luminosa proveniente, nell'unità di tempo, da un'area unitaria di cielo posta a 90° di altitudine. Solitamente viene espressa in magnitudini per secondo d'arco quadrato. Misurare una brillanza pari a 20 *mag/arcsec*^{2} significa trovarsi di fronte ad un cielo la cui luminosità è la stessa che avrebbe una stella di magnitudine 20 se occupasse un'area di un secondo d'arco quadrato.
La misura della brillanza del cielo notturno da terra è un'operazione delicata, che necessita di un sistema adatto alla fotometria di oggetti astronomici. Tali sistemi sono costituiti da un sistema ottico, in genere un telescopio, e da un sistema di rivelazione che abbia una risposta lineare al variare del tempo di posa, solitamente una camera CCD (Charge Coupled Device).

[1] P. Cinzano, *Inquinamento luminoso e protezione del cielo notturno*.

Nel corso del 2007, Daniela Berger, studentessa dell'Università di Parma, ha svolto presso l'ARPA Valle d'Aosta una tesi di laurea sull'inquinamento luminoso: il lavoro è stato discusso nel mese di settembre durante la sessione di laurea in Scienze Ambientali presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali.
Nella tesi si sono analizzati due metodi per la misura dell'entità dell'inquinamento luminoso in termini astronomici e le tecniche di valutazione dell'efficacia dei sistemi di illuminazione pubblica.

Per la prima parte del lavoro sono state eseguite misure della brillanza totale del cielo notturno presso l'Osservatorio Astronomico della Regione Autonoma Valle d'Aosta. Le misure sono state condotte con la strumentazione dell'Osservatorio (telescopio e camera CCD dotata di filtri) e con uno strumento (Sky Quality Meter) di recente acquisizione dell'ARPA. In questa fase del lavoro di tesi si è voluto non solo caratterizzare il cielo dal sito dell'Osservatorio, ma anche analizzare la risposta del fotometro portatile Sky Quality Meter, strumento di livello amatoriale e non calibrato, di cui l'ARPA, alla ricerca di uno strumento portatile, di semplice utilizzo e costi ridotti, voleva valutare le prestazioni nell'ottica di intraprendere una prima campagna di monitoraggio in vari siti del territorio regionale.

La seconda parte del lavoro di tesi è stata dedicata all'analisi delle fonti dell'inquinamento luminoso. Si sono individuati tre esempi di impianti di illuminazione e si sono svolte indagini di tipo illuminotecnico per verificare il contributo di ciascun impianto al fenomeno dell'inquinamento luminoso. Con riferimento alla normativa tecnica di settore, sono state fatte misure in campo per verificare i livelli di illuminamento delle superfici, ed i risultati sono stati successivamente verificati con diversi software di analisi e progettazione illuminotecnica. L'analisi dei dati fotometrici ha permesso di valutare l'inquinamento luminoso diretto prodotto dagli impianti. Le misure in campo e le simulazioni hanno, invece, consentito una stima dell'inquinamento luminoso indiretto e dell'inquinamento ottico prodotti.

Il metodo di misura della brillanza con il sistema telescopio-camera CCD è accurato, ma richiede tempi lunghi e, visti l'ingombro e la delicatezza della strumentazione, è più facilmente conducibile da un osservatorio fisso. Per campagne di monitoraggio in punti sparsi sul territorio, si possono invece utilizzare dei fotometri portatili: uno degli obiettivi della tesi era proprio il confronto in termini di valori misurati e di operatività tra un sistema complesso e fisso e un misuratore di brillanza semplice e portatile.

Misure di brillanza con il sistema telescopio-camera CCD

Le misure di brillanza del cielo notturno sono state svolte in collaborazione con l'Osservatorio Astronomico della Valle d'Aosta (OAVdA) di Saint Barthélemy: l'osservatorio ha messo a disposizione gli strumenti adatti all'analisi fotometrica: un telescopio dotato di sistema automatico di inseguimento e di puntamento (Fig. 1) ed una camera CCD dotata di appositi filtri (Fig. 2. In Fig. 3 è riportato lo schema del sistema di misura).

Figura 1 Telescopio utilizzato presso l'Osservatorio Astronomico VdA

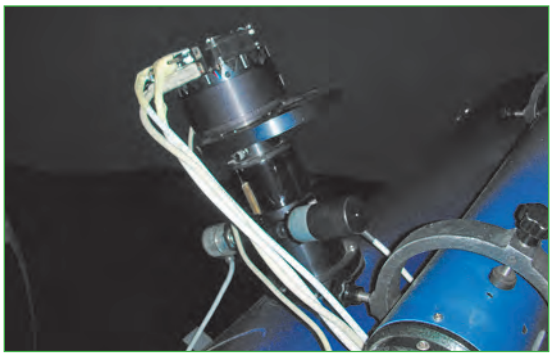


Figura 2 Camera CCD

L'esecuzione di misure mediante CCD prevede una lunga e delicata sequenza di operazioni da eseguire, alcune periodicamente (una volta al mese), altre ad ogni sessione di acquisizione di dati, finalizzate ad ottenere delle maschere di correzione che permettano di minimizzare l'effetto delle impurità deposte sugli elementi della catena ottica e di equalizzare la curva stimolo/risposta su tutti i pixel che costituiscono l'immagine. In particolare, preliminarmente all'acquisizione dei dati di luminosità del cielo, devono essere registrate immagini di 'nero' o di 'bianco' in condizioni opportune dalle quali ottenere, pixel per pixel, fattori correttivi per le immagini acquisite durante la fase di lavoro successiva.

Presso l'Osservatorio è stata messa a punto la corretta procedura di acquisizione, risolvendo anche problemi legati all'apparecchiatura del tutto irrilevanti quando essa viene utilizzata per fotoastronomia, ma importanti quando su immagini di cielo buio si va ad eseguire la somma dei conteggi dei pixel.

La brillanza non deve necessariamente essere misurata nel corso di notti cosiddette "fotometriche", cioè con cielo veramente limpido, infatti, le misure possono essere effettuate anche con diverse condizioni di trasparenza. È, invece, fondamentale che le condizioni si mantengano costanti durante le misure e che non ci siano nubi, veli o foschie. Ovviamente, si devono eseguire le misure in notti preferibilmente di luna nuova, o comunque quando la luna sia almeno 10° sotto l'orizzonte.

Il metodo utilizzato si basa sul confronto del flusso luminoso proveniente dal cielo con quello proveniente da stelle di magnitudine nota, dette stelle standard fotometriche. L'utilizzo di stelle standard come riferimento consente valutare le condizioni di trasparenza del cielo ed introdurre un opportuno fattore di correzione, detto coefficiente di estinzione: esso è un parametro che indica quanta della luce emessa dalla stella va persa per assorbimento nel passaggio attraverso l'atmosfera terrestre.

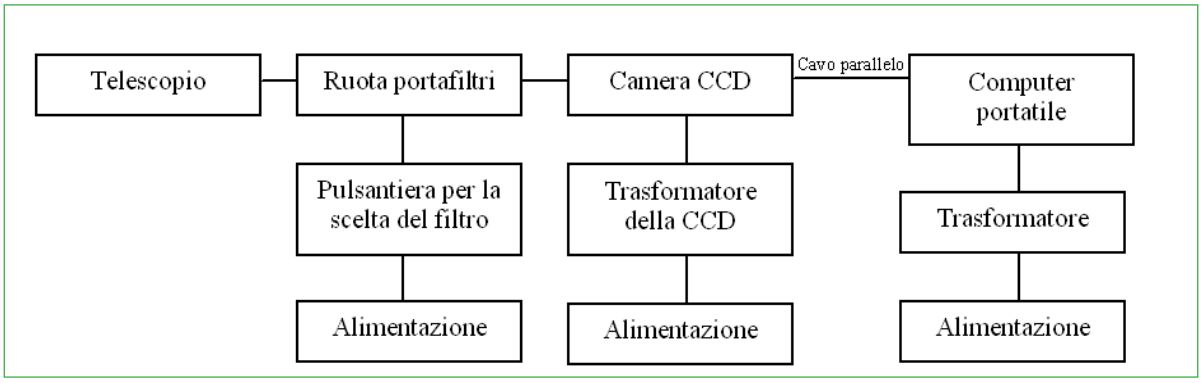


Figura 3 Schema della strumentazione utilizzata e dei collegamenti.

Misure di brillanza con fotometro portatile

Il fotometro portatile utilizzato, Sky Quality Meter[2] (SQM) (distribuito da Unihedron), è di uso semplicissimo. Premuto il pulsante di acquisizione, il tempo necessario per la rilevazione è di alcuni secondi, scanditi da un segnale acustico, e il risultato viene espresso in magnitudini per secondo d'arco quadrato. Sono state eseguite serie di misure ripetute consecutive per valutare l'incertezza attribuibile allo strumento e confrontarla con quella dichiarata dal costruttore: il confronto ha avuto esito positivo.

Figura 4 Fotometro portatile Sky Quality Meter

Fonte sito Unihedron.

Confronto dei due metodi

Sviluppata la tecnica di misura sono state eseguite 5 sessioni di rilievi utilizzando la catena telescopio-CCD e contemporaneamente eseguendo letture dirette della brillanza tramite lo SQM.

Per confrontare i risultati ottenuti con i differenti metodi è necessario fare due precisazioni. Innanzitutto l'apertura dei due strumenti è diversa: mentre lo SQM inquadra una porzione di cielo ampia almeno 80°, la camera CCD ha un campo molto ristretto di circa 10×10 primi d'arco. Inoltre, la risposta spettrale dei due strumenti è diversa: la camera CCD ha un filtro *V* con una banda passante molto stretta centrata su una lunghezza d'onda di circa 530 nm, invece il filtro dello SQM ha una banda passante molto più ampia, che include tutta la banda ottica.

La differenza tra le due misure dovrebbe essere intorno a 0,3 mag/arcsec^2 in siti mediamente inquinati, e molto minore in siti estremamente bui. Questa differenza varia, però, in maniera non prevedibile in base alle condizioni meteorologiche non solo del sito di misura, ma anche sui vicini centri abitati. Dall'Osservatorio Astronomico, in notti di cielo completamente sereno, l'alone di luce della città di Torino è ben visibile basso sull'orizzonte verso sud, e certamente rientra in parte anche nell'ampio campo di apertura dello SQM, facendo aumentare la differenza tra le due misure. In notti di cielo sereno sulla Valle d'Aosta, ma coperto da nubi basse o foschia in Piemonte, la luce di Torino risulta, invece, debole e influisce meno sulla lettura dello SQM che risulterà più prossima alla misura eseguita con il telescopio.

Si riporta di seguito un confronto tra i valori di brillanza misurati con i due metodi.

Tuttavia, la differenza tra le due misure, compresa tra alcuni centesimi di magnitudine e 0,2 magni-

Data	Brillanza misurata con CCD (mag/arcsec^2)	Brillanza misurata con SQM (mag/arcsec^2)
09/05/2007	21,24	21,04
10/05/2007	21,61	21,44
11/07/2007	21,30	21,33
12/07/2007	21,34	21,32
13/07/2007	21,12	21,16

Tabella 1 Misure di brillanza: confronto tra risultati ottenuti con il metodo telescopio- camera CCD e con lo Sky Quality Meter

Figura 5 Osservatorio Astronomico della Regione Autonoma Valle d'Aosta, cortesia Paolo Calcidese

[2] Cinzano Pierantonio (2005), "Night sky photometry with Sky Quality Meter", Thiene, Italia: istil.

tudini per secondo d'arco quadrato, è quella attesa, e questa è una conferma a posteriori della veridicità delle letture fornite dallo SQM. Esso si rivelerebbe, dunque, un comodo strumento portatile per la misura della brillanza del cielo notturno, particolarmente utile, date le dimensioni e la rapidità di misura, per campagne di monitoraggio in più punti del territorio. Ovviamente, l'impossibilità di calibrare periodicamente lo strumento costituisce comunque un limite e rende lo strumento adatto più a misure "amatoriali" che professionali. Inoltre, misure accurate della brillanza del cielo dovrebbero sempre comprendere una contestuale valutazione del coefficiente di estinzione nel sito di misura, operazione ovviamente impossibile con lo SQM.

Misure su impianti di illuminazione pubblica

Sono stati studiati tre esempi di impianti di illuminazione pubblica differenti di recente realizzazione: sono state eseguite misure secondo le metodologie indicate dalle nome tecniche e, quando i dati tecnici erano disponibili, sono stati anche eseguiti studi modellistici.

Il primo caso di studio: un impianto di illuminazione stradale

È stata analizzata l'illuminazione di una strada con traffico motorizzato, di recente installazione, del quale è stato possibile reperire il progetto esecutivo. La foto in figura mostra il sito: si tratta di una strada costituita da un'unica carreggiata a due sensi di marcia, senza marciapiedi, che si snoda con una leggera pendenza attraverso una zona residenziale.

L'impianto realizzato non è fonte di inquinamento luminoso diretto, dal momento che vi sono installate armature di tipo full cut-off, con il vetro piano in posizione orizzontale

Si ha, però, attualmente una notevole sovrailluminazione: senza intervenire sui sostegni si potrebbe ridurre del 33% la potenza delle lampade e si avrebbe ancora un'illuminazione superiore al minimo richiesto per questo tipo di strade. Una riduzione ulteriore della potenza utilizzata e anche una riduzione del flusso disperso su superfici estranee alla strada (inquinamento ottico) si potrebbe ottenere ma solo abbassando i sostegni e riducendone l'interdistanza in modo da garantire comunque l'uniformità di illuminazione su tutto il manto stradale.

Il secondo caso di studio: l'impianto di illuminazione di un parcheggio

L'area analizzata è costituita da una zona di posteggio. Anche in questo caso, l'impianto realizzato non è fonte di inquinamento luminoso diretto, dal momento che vi sono installate armature di tipo full cut-off, con il vetro piano in posizione orizzontale.

Sono state utilizzate, però, lampade caratterizzate da un'ottima resa cromatica, ma dall'efficienza luminosa minore rispetto ad altri tipi di tecnologie.

Aspetti normativi

In assenza di una legge nazionale, molte regioni italiane hanno legiferato in materia di inquinamento luminoso. La legge della Regione Valle d'Aosta è stata una delle prime e risale al 1998: essa fa riferimento alle norme tecniche UNI e CEI che definiscono i requisiti di qualità dell'illuminazione stradale e delle aree esterne in generale.

La norma UNI 10819/1999: "Impianti di illuminazione esterna – requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso".

Tale norma definisce il rapporto medio di emissione superiore Rn come il rapporto percentuale tra il flusso emesso dall'impianto nell'emisfero superiore ed il flusso totale emesso. Essa classifica inoltre il territorio in tre zone a seconda della presenza o vicinanza di osservatori astronomici di rilevanza nazionale o internazionale ed assegna ad ogni zona valori limite per Rn.

La Valle d'Aosta è sede dell'Osservatorio Astronomico di Saint Barthélemy , che è inserito nei programmi di ricerca astronomica di livello nazionale ed internazionale, e svolge attività didattica e di divulgazione. Si può quindi considerare la città di Aosta, distante circa 13 km in linea d'aria, come rientrante nella zona 2, con limite massimo di Rn pari al 3% in ambito stradale e al 9% in ambito non stradale.

La norma UNI 10439/2001: "Requisiti illuminotecnici delle strade con traffico motorizzato".

Tale norma assegna a ciascun tipo di strada ed ambito territoriale un indice di categoria illuminotecnica in base al quale sono fissati i valori minimi di luminanza media mantenuta, di uniformità generale e longitudinale, e il valore massimo dell'indice di abbagliamento debilitante.

Va sottolineato che questa norma non si occupa di inquinamento luminoso, infatti non pone limiti massimi alla luminanza del manto stradale. Le più recenti leggi regionali in materia, invece, fanno esplicito riferimento all'obbligo di non sovrailluminare, per minimizzare l'inquinamento luminoso indiretto e per ridurre i consumi energetici.

La norma UNI EN 13201/2004: "Illuminazione stradale".

Questa norma introduce importanti novità nella progettazione degli impianti per l'illuminazione di strade in contesti sia urbani che extra-urbani, intendendo per strada qualsiasi area pubblica che necessiti di illuminazione. Essa ribadisce per le strade con traffico motorizzato i parametri di luminanza fissati dalla norma UNI 10439, associandoli inoltre a parametri di illuminamento.

Manca anche in questa norma qualsiasi riferimento alla problematica dell'inquinamento luminoso della volta celeste.

Considerato che il sito è un parcheggio si potrebbero utilizzare lampade con efficienza maggiore a scapito della resa cromatica. Inoltre si potrebbe inserire un regolatore di tensione che moduli l'intensità di illuminazione a seconda degli orari e delle esigenze. Le più recenti leggi regionali in materia di inquinamento luminoso, soprattutto ai fini del con-

tenimento dei consumi energetici, pongono particolare accento sulla possibilità di regolazione del flusso luminoso emesso.

Il terzo caso di studio: una torre faro

L'impianto è sito in un'ampia area di parcheggio. Si tratta di una torre faro alta 20 *m*, con sistema di illuminazione a luce indiretta. Vi sono installati cinque proiettori simmetrici rivolti verso l'alto (tre da un lato e due dall'altro), la cui luce viene riflessa verso il basso dalle due vele composte da specchi. Dall'analisi effettuata sono d'obbligo alcune considerazioni riguardo all'efficienza di sistemi di illuminazione a luce riflessa di questo tipo e al flusso luminoso disperso direttamente verso il cielo.
Infatti, parte del flusso luminoso sfugge oltre i margini delle vele, o, se sono presenti schermi come quelli nell'impianto analizzato, viene assorbito dallo schermo. Infine, gli specchi ovviamente non riflettono il 100% della radiazione incidente e la loro l'efficienza diminuisce ulteriormente a mano a mano che essi si sporcano. Analogamente si sporcano i vetri piani di protezione dei proiettori installati dal basso verso l'alto riducendo la percentuale di flusso che, uscito dalle lampade, raggiunge gli specchi.

Per soddisfare i requisiti delle norme tecniche citate, utilizzando un impianto tradizionale con più sistemi illuminanti distribuiti sul piazzale si sarebbe potuta utilizzare una potenza pari al 25% di quella utilizzata per l'impianto realizzato È proprio in seguito a queste considerazione che molte leggi regionali in materia di inquinamento luminoso, compresa quella della Valle d'Aosta, vietano qualsiasi installazione in cui i fasci luminosi siano orientati dal basso verso l'alto.

Conclusioni

Dal confronto basato sull'analisi dei risultati e sull'operatività del sistema di misura della brillanza del cielo notturno con la catena telescopio-CCD e con un fotometro portatile è emerso che il primo metodo è preciso ma può essere condotto solo da una postazione fissa, mentre il secondo, molto comodo perché sfrutta strumentazione portatile, non tiene conto del coefficiente di estinzione, pertanto è vincolato all'utilizzo in nottate con cielo estremamente limpido. Ai fini di una mappatura della brillanza del cielo su scala regionale sarebbe auspicabile mettere a punto un sistema intermedio tra i due analizzati.
Le misure effettuate a Saint Barthélemy, oltre ad essere state utilizzate per il confronto tra i metodi, danno un'informazione sulle conseguenze dell'inquinamento luminoso sull'operatività dell'osservatorio stesso. La brillanza puntuale allo zenit è compresa mediamente tra 21,20 e 21,30 *mag/arcsec*^{2}, valori che sono tipici di zone con cielo molto buio. Nel corso di questo lavoro di tesi non sono state effettuate misure di brillanza a basse altitudini, perché esulavano dagli obiettivi prefissati. Nonostante ciò, nelle numerose serate trascorse presso l'Osservatorio, non si è potuto fare a meno di notare che l'osservazione visuale del cielo alle basse altitudini è spesso fortemente limitata dall'inquinamento luminoso. Non solo verso sud-est è visibile la luce proveniente dalla città di Aosta, distante 13 chilometri, ma sono anche ben visibili le luci di Torino verso sud e di Milano verso est.
Nella prospettiva di analizzare alcune delle tipologie di potenziali sorgenti di inquinamento luminoso, sono stati esaminati alcuni casi di impianti di illuminazione pubblica. Ne è emerso che risultati più che soddisfacenti dal punto di vista dell'illuminamento potevano essere ottenuti utilizzando impianti meno potenti: questo avrebbe portato ad una diminuzione della luce dispersa (inquinamento luminoso ed ottico) e ad una riduzione dei costi. Ovviamente, l'illuminotecnica è materia da specialisti dell'illuminazione, e in generale illuminare bene non significa solo garantire i livelli minimi di illuminazione previsti dalla normativa tecnica, ma anche valorizzare le aree. È importante, però, sottolineare la necessità di illuminare solo dove serve e quanto serve, non solo per minimizzare gli effetti negativi prodotti sull'ambiente dall'illuminazione artificiale, ma anche per limitare i consumi energetici.