

# Monitoraggio dell'Inquinamento Elettromagnetico nell'Abitato di Augusta

Salvatore MAGAZU' (\*), Adolfo PARMALIANA(\*\*)

(\*) Dipartimento di Fisica, Università di Messina, C.da Papardo S.ta Sperone 31, P.O. Box 55 S. Agata, 98166 Messina, Italy, tel. +39 0906765025, fax. +39 090395004

(\*\*) Dipartimento di Chimica Industriale e Ingegneria dei Materiali, Università di Messina, C.da Papardo S.ta Sperone 31, P.O. Box 55 S. Agata, 98166 Messina, Italy, tel. +39 0906765605, fax. +39 090395004

## Riassunto

L'incremento di sorgenti di campi elettromagnetici nell'abitato di Augusta costituisce un ulteriore fattore di preoccupazione per la salute pubblica che va ad sommarsi a quelli concernenti il preesistente stato di degrado ambientale generato dalla concentrazione di aziende chimiche e petrolifere ubicate nella più vasta area comunale. Alla luce di tali considerazioni si è rivelato opportuno il monitoraggio dei livelli di elettrosmog nell'area urbana al fine di valutare se sussistono condizioni di superamento dei livelli di guardia previsti dalla legge.

La campagna di rilevamenti dell'intensità dei campi elettrico e magnetico è stata realizzata seguendo diversificate procedure di monitoraggio e di analisi che si sono articolate nei seguenti punti:

- Determinazione dei siti di rilevamento mediante analisi planimetrica della città, procedure GIS di overlay e misure esplorative "in situ"; successivo assemblamento dei tematismi topografico-informativi e delle glosse complete ad essa connessi.
- Campionamento dei valori di campo su banda larga e banda stretta, bassa e alta frequenza, a tempo di integrazione costante e a numero di conteggi costante, nei siti in precedenza individuati.
- Analisi, trasposizione multimediale dei parametri georeferenziati e impiego di modelli previsionali per la creazione di mappe applicando metodi geostatistici di kriging per l'interpolazione (ArcGIS Geostatistical Analyst).

I risultati, ricavati ottemperando alle direttive stabilite dal C.E.I., indicano che in nessun caso sono stati superati i livelli di guardia previsti dalla legge, se non nel corso di campionamenti con tempo di integrazione inferiore a 1 secondo che non rappresentano motivo di preoccupazione in quanto riconducibili a sorgenti mobili. Si è altresì proceduto ad un'analisi complementare finalizzata ad ottenere risultati a statistica omogenea, con misure a numero di conteggi costante, che hanno definitivamente confermato la natura stocastica del superamento dei valori limite.

## Abstract

The source increment of electromagnetic fields in the town of Augusta constitutes an ulterior factor of worry for the public health that goes to add to those concerning degradation due to the concentration of oil and chemical product companies located in the communal area. In the light of such considerations the monitoring of the levels of electrosmog in the town area is necessary in order to verify if the conditions of overcoming of the previewed danger levels from the law exist. The monitoring of the magnetic and electric field strength has been realized following diversified procedures of analysis which have been articulated in the following points:

- Determination of the monitoring sites by means of planimetric analysis of the town, overlay GIS procedures and exploratory measurements "in situ" and successive assembling of the topographical-informed themes.
- Sampling of the values of field on wide band and tightened band, lowland and vhf, to time of constant integration and number of constant counts in the previously characterizes sites.
- Analysis, multimedial transposition of the georeferenced parameters and employment of models for the creation of maps applying geostatistici methods of kriging for the interpolation (ArcGIS Geostatistical Analyst).

The results, obtained following the directives established from the C.E.I., indicate that in no case the values exceed the danger levels previewed from the law, if not for samplings with time of inferior integration to 1 second that do not represent reason of worry because they are due to mobile sources. It is also proceeded to a complementary analysis finalized to obtain homogenous statistics results, with measurements with a constant number of counts, which have definitively confirmed the stochastic nature of the overcoming of the limit values.

### **Selezione dei Siti di Rilevamento**

La prima fase del monitoraggio, finalizzata alla selezione dei siti di rilevamento, ha previsto l'analisi planimetrica della città, congiuntamente all'analisi altimetrica degli edifici e delle sorgenti inquinanti. La città si configura dislocata su due aree, una peninsulare e l'altra insulare collegate fra loro da ponti, che presentano una pianta urbana piuttosto regolare delineata da una trama di strade ortogonali. Tale conformazione planimetrica ha consentito, mediante procedure di overlay a maglia regolare su mappa topografica e di simulazione realizzate con l'impiego di Sistemi Informativi Geografici (GIS), l'individuazione della dislocazione dei siti per i rilevamenti fisici cosicchè da ottenere un'ottimizzazione della copertura spaziale contemplante l'ubicazione delle sorgenti fisse (i.e. linee di alimentazione elettrica, impianti fissi per la telefonia mobile e per la trasmissione dei segnali radio e televisivi, gli impianti di comunicazione satellitare, gli impianti fissi di radiodiffusione amatoriali) e delle aree particolarmente sensibili (i.e. zone in prossimità di scuole e asili, punti di attesa dei mezzi pubblici, ecc...). Le stazioni di rilevamento sono state determinate con misure preliminari eseguite "in situ" nei punti già individuati con le tecniche simulative GIS, in modo da procedere con le misurazioni dei campi elettromagnetici. Si è dunque proseguito alla trasposizione multimediale dei parametri relativi alle stazioni di misurazione.

### **Impiego dei GIS**

I GIS, abbinati alle tecnologie per l'acquisizione dei dati, si sono rivelati un efficace strumento per l'elaborazione, l'analisi e la trasposizione multimediale di parametri relativi all'inquinamento di elettrosmog. Con l'impiego dei GIS è stato possibile attivare elaborazioni statistiche delle informazioni rilevate che hanno consentito la valutazione delle proprietà statistiche dei campionamenti ottenuti (media, varianza, deviazione standard, etc.). Tali elaborazioni sono state estese alla correlazione di campioni presi in più punti mediante tecniche quali la cross-correlation, l'analisi multivariata, l'analisi fattoriale, l'analisi di cluster, etc... in modo da ottenere il maggior numero di informazioni dal quadro analitico disponibile.

La tecnologia GIS (Worboys, 2001) integra alle operazioni standard effettuate sui database più comuni, quali ricerche ed analisi statistiche, le funzionalità proprie dei GIS quali, la memorizzazione e l'immagazzinamento dei dati, la manipolazione e l'analisi degli stessi, la creazione di rappresentazioni e copie di output (carte e tabelle), con i vantaggi specifici della visualizzazione e della analisi geografica forniti dalle mappe. Tali capacità distinguono i GIS da altri sistemi informativi e ne fanno uno strumento di grande valore rivolto ad un'ampia gamma di utenti pubblici e privati che hanno la necessità di visualizzare e analizzare informazioni, per spiegare eventi, prevedere esiti e risultati, pianificare strategie.

ArcGIS e un famiglia di prodotti GIS estremamente ricca di funzionalità ed altamente scalabile per la gestione, la creazione, l'integrazione, l'analisi e la distribuzione di tutti i tipi di dati, composta da tre parti fondamentali: ArcGIS Desktop, un insieme integrato di applicazioni GIS (ArcView, ArcEditor, ArcInfo); ArcSDE TM, *gateway* per la gestione di dati geografici all'interno di database

relazionali (DBMS); ArcIMS TM, per la distribuzione di dati e servizi su Internet. All'interno di ArcGIS sono presenti tre applicativi: ArcMap (Minami, 2000), ArcCatalog (Vienneau, 2001) ed ArcToolbox (Tucker, 2000). Sia ArcMap che ArcCatalog sono costruiti sulla stessa tecnologia OLE/COM e sono quindi integrabili tra loro, offrendo soluzioni scalabili in funzione delle specifiche necessità dell'utente.

Con ArcGIS Geostatistical Analyst si sono create iso-superfici continue da misurazioni discontinue prese nelle stazioni di rilevamento (Fig. 1).

#### Stazioni di rilevamento



Figura 1 – Stazioni di rilevamento

ArcGIS Geostatistical Analyst ha così permesso di prevedere i valori relativi a superfici attraverso vari metodi di interpolazione, e specificamente metodi deterministici, che creano le superfici di previsione usando semplici formule matematiche, e metodi geostatistici di kriging che creano delle superfici inglobando le proprietà statistiche dei dati misurati. Questi ultimi [basati sulla relazione funzionale  $Z(s)=\mu(s)+\epsilon(s)$ , dove  $Z(s)$  è la variabile di interesse,  $\mu(s)$  il contributo deterministico e  $\epsilon(s)$  il contributo stocastico connesso all'errore] permettono di creare superfici di previsione, e

quindi di quantificare la struttura spaziale dei dati, e di creare mappe di probabilità, e quindi di formulare previsioni.

In tabella 1 sono riportati i valori del campo elettrico e nella Fig. 2 la loro trasposizione mediante GIS relativamente alle varie stazioni di rilevamento.

*Tabella 1 - Valori misurati del campo elettrico nel range di frequenza 100 kHz ÷ 3 GHz*

Sito	C.E. max (V/m)	C.E. min (V/m)	C.E. medio (V/m)
1	1.69	0.33	0.53
2	0.63	0.39	0.46
3	0.71	0.33	0.39
4	0.41	0.31	0.37
5	0.46	0.33	0.36
6	0.41	0.34	0.27
7	0.64	0.00	0.29
8	0.64	0.00	0.29
9	0.63	0.00	0.30
10	0.59	0.00	0.28
11	0.31	0.00	0.25
12	1.50	0.00	0.32
13	0.35	0.25	0.31
14	0.32	0.29	0.31
15	0.36	0.29	0.31
16	0.32	0.28	0.30
17	1.50	0.29	0.33
18	0.32	0.29	0.30
19	0.42	0.27	0.31
20	1.41	0.00	0.38
21	1.59	0.00	0.38
22	0.44	0.00	0.32
23	2.56	0.00	0.39
24	0.37	0.00	0.29
25	0.31	0.00	0.30
26	1.80	0.00	0.31
27	0.30	0.00	0.27
28	0.39	0.00	0.28
29	0.29	0.00	0.25
30	0.31	0.00	0.25
31	0.88	0.00	0.31
32	0.45	0.00	0.23
33	0.29	0.00	0.26
34	0.61	0.00	0.25
35	0.61	0.00	0.23
36	0.90	0.00	0.23
37	0.76	0.00	0.31
38	0.76	0.00	0.27
39	0.66	0.00	0.24
40	1.27	0.00	0.24
41	1.08	0.00	0.28
42	1.38	0.00	0.27
43	1.38	0.00	0.27
44	1.38	0.00	0.27
45	0.86	0.00	0.21
46	0.43	0.00	0.20

47	0.43	0.00	0.20
48	0.51	0.00	0.23
49	0.00	0.00	0.00
50	0.45	0.00	0.23
51	0.34	0.00	0.22
52	0.29	0.00	0.22
53	5.23	0.00	0.40
54	0.41	0.00	0.24
55	0.38	0.00	0.23
56	0.38	0.00	0.23
57	0.38	0.00	0.23
58	0.26	0.00	0.20
59	0.52	0.00	0.15
60	1.22	0.00	0.21
61	0.69	0.00	0.23
62	0.77	0.00	0.34
63	0.26	0.00	0.21
64	0.33	0.00	0.21
65	0.30	0.00	0.16
66	0.34	0.00	0.18
67	0.32	0.00	0.21
68	0.28	0.00	0.20
69	0.38	0.00	0.22
70	0.41	0.00	0.20
71	0.41	0.00	0.21
72	0.41	0.00	0.21
73	0.26	0.00	0.19
74	0.26	0.00	0.22
75	0.44	0.00	0.22
76	0.44	0.00	0.23
77	0.41	0.00	0.23
78	0.50	0.00	0.19
79	0.31	0.00	0.19
80	0.61	0.00	0.20
81	0.00	0.00	0.00

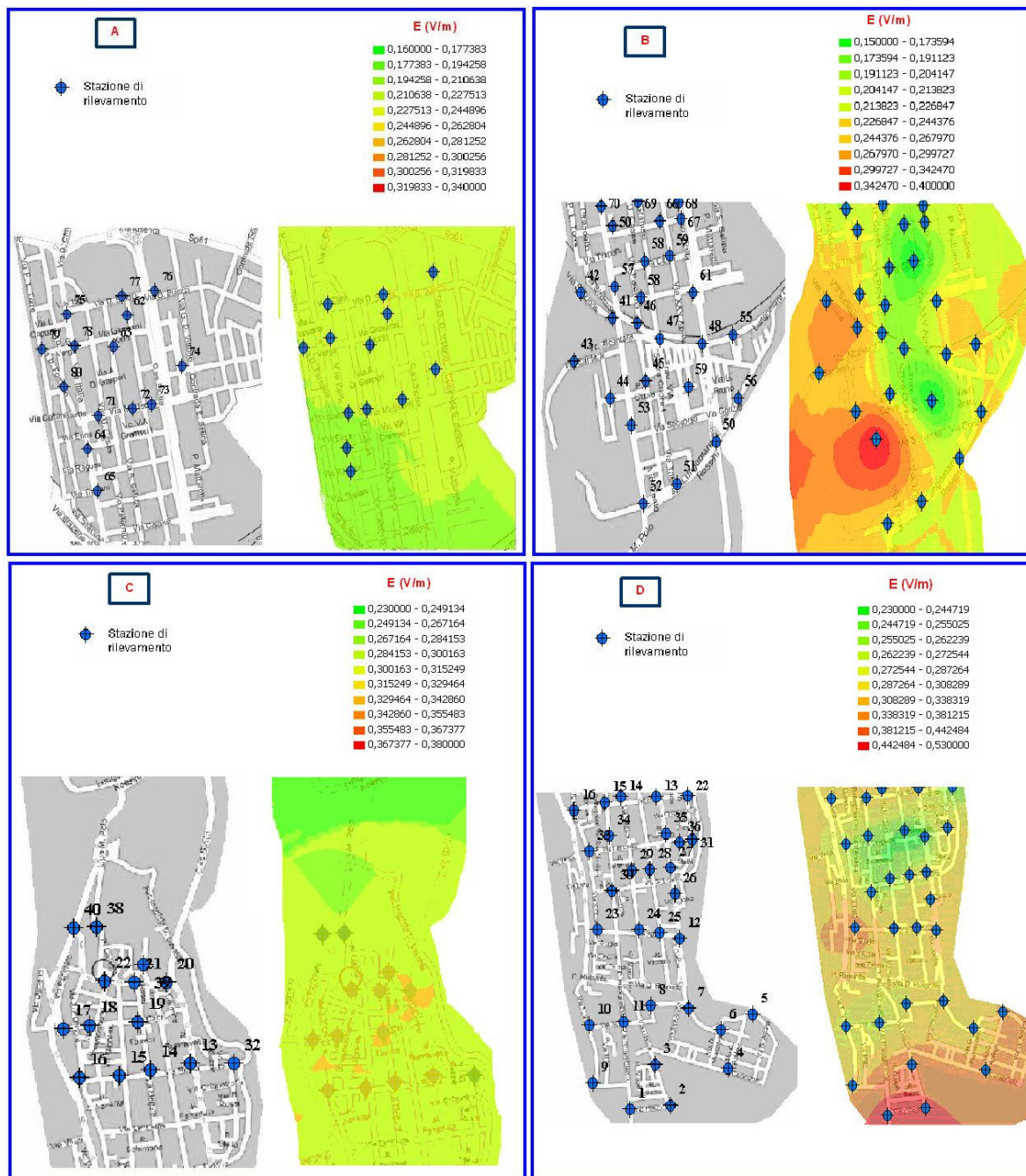


Figura 2 - Trasposizione dei valori misurati mediante GIS relativamente alle varie stazioni di rilevamento

Come è evidente i valori del campo non superano i livelli di guardia previsti dalla legge (Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* n. 55 del 7 marzo 2001; DM 10 settembre 1998, n. 381 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana" pubblicato sulla *G.U.* n. 257 del 03 novembre 1998). Non sono stati raggiunti neanche i valori limite di riferimento, fissati nell'art. 4 - *Misure di cautela ed obiettivi di qualità* del DM 10 settembre 1998, n. 381 "in corrispondenza di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore" indipendentemente dalla frequenza, di 6 V/m per

il campo elettrico e 0.016 A/m per il campo magnetico, intesi come valori efficaci. I valori registrati, ancorché superiori al livello naturale di fondo per il campo elettromagnetico, risultano confrontabili con quelli relativi ad altre simili aree urbane.

### **Bibliografia**

Minami M. (2000), *Using ArcMap – GIS*, ESRI.

Tucker C. (2000), *Using ArcToolBox – GIS*, ESRI.

Vienneau A. (2001), *Using ArcCatalog – GIS*, ESRI.

Worboys M. F. (2001), *GIS: A computing perspective*, Taylor & Francis.