

## **Un gis per la verifica dei campi elettromagnetici generati da stazioni radio base**

Lorenzo Leone (\*), Daniela Laudani Fichera (\*), Giuseppe Pulvirenti (\*), Patrizia Spicuzza (\*\*), Marco Leone (\*\*)

(\*) Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Catania, Viale Andrea Doria n°6 - 95100 Catania - (lleone, dlaudani)@dica.unict.it

(\*\*) Architetto Libero Professionista – Dott.ssa Master, Via Vittorio Veneto n°27 – 95018 Riposto - arch.spicuzza@gmail.com

(\*\*\*) Ingegnere libero professionista – Piazza Ludovico Ariosto n°29 - 95100 Catania - ing.leone@gmail.com

### **Riassunto**

La continua evoluzione tecnologica nel campo delle telecomunicazioni e la diffusione sempre crescente dell'uso di dispositivi mobili per la telefonia e per l'acquisizione e la gestione di informazioni digitali, comporta la continua installazione di nuovi sistemi di antenne radianti ad alta frequenza e/o l'aggiornamento di quelle già esistenti. Tale condizione genera un inquinamento da campi elettromagnetici, sia nel caso delle alte frequenze che in quello delle basse frequenze, che rappresenta una delle principali criticità ambientali avvertite dalla collettività, per gli effetti temuti sulla salute e sull'ambiente. Nel presente studio viene analizzato l'inquinamento derivato da campi elettromagnetici generati dalle stazioni radio-base di telefonia mobile, con particolare riferimento alle fasi di verifica dell'intensità prevista del campo elettromagnetico prodotto. La metodologia suggerita si basa sull'utilizzo di un sistema GIS, appositamente strutturato e integrato con un programma di calcolo previsionale dell'intensità dei Campi Elettromagnetici (CEM), che consente di analizzare gli effetti prodotti dai CEM in qualsiasi punto spazialmente definito nell'area di ricerca, e di elaborare le relative mappe previsionali su sezioni definite.

Il sistema GIS assume come riferimento il DSM dell'area in esame per tenere conto spazialmente degli elementi territoriali che vengono interessati dall'emissione dei CEM, con la possibilità di determinare le relative attenuazioni derivanti dalla permeabilità dei materiali. Il sistema permette di ottenere una "fotografia della diffusione dei campi elettromagnetici" a partire dalle sorgenti presenti nell'area oggetto di indagine o di previsione, evidenziando le condizioni globali di inquinamento lungo piani verticali e orizzontali predefiniti, per la verifica puntuale di eventuali criticità rispetto alla normativa vigente.

Il Gis così strutturato permetterà di realizzare un sistema aggiornato delle condizioni di inquinamento ambientali, da utilizzare come riferimento anche per l'attività di controllo degli Enti preposti o per la previsione degli effetti di nuovi impianti.

### **Abstract**

The continuous technological evolution in the field of telecommunications and the increasing spread of the use of mobile devices for telephony and for the acquisition and management of digital information, involves the continuous installation of new systems of antennas that radiate high frequency and / or upgrading of existing ones.

This condition generates a pollution by electromagnetic fields, both in the case of high frequencies than in the low frequencies, which represents one of the major environmental problems perceived by the community, for the feared effects on health and environment.

In the present study is analyzed pollution derived from electromagnetic fields generated by radio base stations of mobile telephony, with particular reference to the stages of verification of the

intensity of the electromagnetic field expected product. The suggested methodology is based on using a GIS system , specially structured and integrated program with a provisional calculation of the intensity of electromagnetic fields (CEM), which enables you to analyze the effects from exposure to EMF at any point in spatially defined area research, and to develop their predictive maps of defined sections. The GIS system takes as reference the DSM of the area in question to take account of the spatially territorial elements that are interested from the issue of the CEM , with the ability to determine the relative attenuations resulting from the permeability of the materials. The system allows to obtain a " snapshot of the distribution of electromagnetic fields " starting from the sources present in the area under investigation or forecast, highlighting the global conditions of pollution along vertical and horizontal planes defined for the accurate verification of any critical than with local regulations.

Gis structured as allow you to create an updated system of environmental pollution conditions , to be used as reference for the audit work of the Entities or to forecast the effects of new plants.

### **L'inquinamento da campi elettromagnetici generato dalle Stazioni Radio Base**

In questo studio sono stati analizzati i campi elettromagnetici ad alta frequenza, compresi tra i 300 MHz ed i 300 GHz (radiofrequenza), generati dagli impianti di radio telecomunicazione per la telefonia mobile, denominati stazioni radio base (SRB).

Le SRB sono di norma costituite da un apparato ricevente, da un apparato trasmittente, e dal sistema trasduttore, composto dagli elementi radianti (antenne).

In particolare gli impianti sono costituiti da un minimo di uno ad un massimo di tre sistemi radianti (settori o macrocelle), orientati lungo direzioni differenti di 120 gradi, con raggi di copertura variabile tra 500 mt e 10 km. Ogni settore a sua volta è provvisto di uno o più servizi (GSM, DCS e/o UMTS).

Le antenne delle SRB sono generalmente montate su tralicci, pali o sostegni di altro tipo, installati sul terreno, oppure sul tetto di edifici. Le altezze di installazione risultano di norma comprese tra 15 e 50 metri. I livelli di emissione di una SRB non sono costanti, ma variano nel tempo in funzione della distanza dei terminali serviti e del numero di utenti collegati.

In generale le potenze impiegate da tali impianti variano da qualche milliwatt (nel caso delle micro e pico-celle) ad alcune decine di Watt, a secondo del numero e della tipologia di servizi previsti.

Tali antenne emettono onde elettromagnetiche che si propagano in un conoide di sezione ellittica, la cui ampiezza sul piano orizzontale è compresa tra 60-70 gradi e sul piano verticale tra i 7-8 gradi. L'asse del conoide può avere infine un angolo di inclinazione rispetto al piano orizzontale (tilt) compreso tra 0 - 8 gradi.

Le S.R.B. sono distribuite sul territorio in maniera capillare in funzione della densità di popolazione e pertanto sono concentrate prevalentemente nelle aree urbane densamente abitate. L'evoluzione tecnologica nel campo delle telecomunicazioni determina la continua installazione di nuovi sistemi radianti ad alta frequenza e/o l'aggiornamento di quelle già esistenti.

Tale condizione comporta l'esigenza di valutare e monitorare gli effetti sulla salute indotti dai campi elettromagnetici.

In tal senso differenti gruppi di studio sono stati costituiti da diversi governi nazionali e organizzazioni internazionali; tra queste ultime rivestono particolare importanza l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e la Commissione Internazionale per la Protezione delle Radiazioni Non Ionizzanti (ICNIRP).

In un quadro più ampio, al fine di valutare i rischi per l'uomo e per l'ambiente l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC), un'istituzione specialistica dell'OMS, ha valutato delle categorie di cancerogenicità, formulate in base al grado di evidenza, derivato da studi eseguiti sull'uomo e sugli animali, e rappresentato mediante quattro descrittori: evidenza sufficiente; evidenza limitata; evidenza inadeguata ed evidenza che suggerisce assenza di cancerogenicità.

Relativamente ai campi elettromagnetici a radiofrequenza, la IARC, il 31 maggio 2011, attraverso il comunicato stampa n. 208, li ha classificati "Possibile cancerogeno per l'uomo", inserendoli nel Gruppo 2B.

### La normativa vigente sull'inquinamento elettromagnetico

In Europa, la politica della Comunità in materia ambientale, pur tenendo conto della diverse situazioni e condizioni presenti nei vari Stati, mira ad un elevato livello di tutela. In generale essa è fondata sui principi della precauzione, dell'azione preventiva, della correzione alla fonte dei danni causati all'ambiente, nonché sul concetto fondamentale "chi inquina paga".

Riguardo al caso in esame, la Raccomandazione Europea 1999/512/CE, che trae spunto dalle linee guida della Commissione internazionale per la protezione dalle radiazioni non ionizzanti (ICNIRP), sottolinea "l'obbligo imperativo" di proteggere i singoli cittadini dagli effetti negativi e certi sulla salute, che possono derivare dall'esposizione ai campi elettromagnetici (CEM).

A tal fine, a livello nazionale, è stata emanata la Legge n°36 del 22 febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" che introduce e definisce i seguenti parametri di valutazione.

- Limite di esposizione (effetti acuti): è il valore di CEM che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori.
- Valore di attenzione (effetti a lungo termine): è il valore di CEM che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine.
- Obiettivi di qualità: è il valore di CEM da conseguire nel breve medio lungo periodo attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibile ed è finalizzato a consentire la minimizzazione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche dalla protezione da possibili effetti di lungo periodo.

Al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale per l'attuazione della presente legge, le Amministrazioni Provinciali e Comunali, utilizzano le strutture delle Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente (ARPA), di cui al decreto-legge 4 dicembre 1993, n. 496, convertito, con modificazioni, dalla legge 21 gennaio 1994, n. 61.

In attuazione della Legge quadro soprarichiamata, è stato emanato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 (*GU n. 199 del 28-8-2003*)- *alte frequenze*, che 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. In particolare:

- i limiti di esposizione (effetti a breve termine) => non devono superare i limiti di cui alla tabella 1 dell'allegato B, intesi come valori efficaci.
- i valori di attenzione (effetti a lungo termine) => non devono superare i valori riportati nella tabella 2 dell'allegato B (in corrispondenza di edifici adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giorno).
- gli obiettivi di qualità => non devono superare i valori riportati nella tabella 3 dell'allegato B (in corrispondenza di aree all'aperto edificate ed attrezzate adibite a permanenze prolungate)

I valori di cui alle tabelle 1 e 2 devono essere mediati su un'area equivalente alla sezione verticale del corpo umano e su qualsiasi intervallo di sei minuti.

ALLEGATO B

Tabella 1	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo Magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m <sup>2</sup> )
Limiti di esposizione			
0,1 < f ≤ 3 MHz	60	0,2	-
3 < f ≤ 3000 MHz	20	0,05	1
3 < f ≤ 300 GHz	40	0,01	4

Tabella 2	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m <sup>2</sup> )
Valori di attenzione			
0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

Tabella 3	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Densità di Potenza D (W/m <sup>2</sup> )
Obiettivi di qualità			
0,1 MHz < f ≤ 300 GHz	6	0,016	0,10 (3 MHz-300 GHz)

Figura 1.All. B del DPCM 8luglio2003.

Da recente con l'entrata in vigore del Decreto-legge n°179 del 18 ottobre 2012, n. 179, pubblicato nel supplemento ordinario n. 194/L alla Gazzetta Ufficiale 19 ottobre 2012, n. 245 e coordinato con la legge di conversione 17 dicembre 2012, n. 221 recante "Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese", il legislatore è intervenuto in maniera rilevante sulle modalità di determinazione delle grandezze sopra definite e sull'impostazione dei calcoli previsionali.

In particolare l'art. 14 comma 8 prevede che:

- I livelli di campo da confrontare con i limiti di esposizione devono essere rilevati alla sola altezza di 1,50 m sul piano di calpestio e mediati su qualsiasi intervallo di 6 minuti
- I livelli di campo da confrontare con i valori di attenzione devono essere rilevati alla sola altezza di 1,50 m sul piano di calpestio e sono da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore
- Introduzione di coefficienti di riduzione della potenza massima al connettore d'antenna con appositi fattori che tengono conto della variabilità temporale dell'emissione degli impianti nell'arco delle 24 ore
- Laddove siano assenti pertinenze esterne degli edifici (balconi, terrazzi, ecc.), i calcoli previsionali dovranno tenere conto dei valori di assorbimento da parte delle strutture degli edifici stessi.

I fattori di riduzione della potenza e i valori di attenuazione devono ancora essere definiti, in quanto non sono state ancora emanate le nuove Linee Guida ISPRA – ARPA/APPA, che saranno successivamente approvate dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare con apposito decreto dirigenziale.

### Strutturazione del Gis

Nella verifica dell'inquinamento elettromagnetico generato dalle Stazioni Radio Base (SRB), è necessario poter valutare il livello del campo elettrico in qualsiasi punto dello spazio interessato dal conoide di emissione direzionale di ogni singola antenna.

Tale possibilità consente di verificare per tutti gli elementi territoriali esistenti, nelle condizioni indicate dalla Norma ( $h=1,50m$  rispetto al calpestio, ecc.), il rispetto dei limiti imposti, considerando l'effetto globale di tutte le sorgenti attive d'influenza che interagiscono localmente.

Per rispondere a tali esigenze è stato strutturato un sistema GIS, già proposto dagli stessi autori nel 58° Convegno Nazionale SIFET. Tale GIS, integrato con un software previsionale di simulazione della propagazione dei campi elettrici da SRB, è stato sviluppato con lo scopo di risolvere le problematiche connesse alle procedure autorizzative per l'installazione o l'aggiornamento delle Stazioni Radio Base.

Nel presente lavoro, è stato approfondito l'aspetto dell'analisi previsionale, mediante tools per l'elaborazione in ambiente GIS di specifiche mappe per la visualizzazione degli effetti dell'inquinamento da C.E.M, negli elementi esposti presenti nel territorio.

Nel Gis, realizzato in ambiente ESRI, la fonte di riferimento per la formazione dello strato informativo principale usato come base cartografica è la CTRN 1:2000 dei centri urbani siciliani disponibile nel SITR della Regione Sicilia - Assessorato Regionale Territorio e Ambiente.

Relativamente al modello digitale della superficie, necessario ai fini del calcolo previsionale del campo

elettrico, è stato realizzato in ambiente Saga-Gis un DSM GRID con passo 2mt x 2mt, utilizzando gli strati informativi dell'edificato della CTR ed il modello digitale del terreno DTM ATA 07/08 disponibili presso il Geoportale della Regione Siciliana.

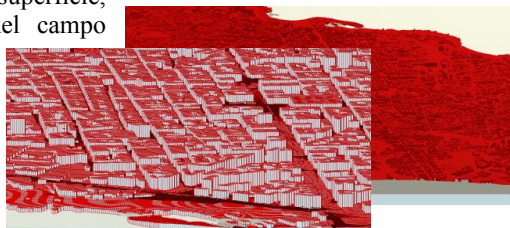


Figura 2. DSM di Catania 2x2 SAGA.

E' stato predisposto nel sistema GIS il DB comprendente i dati necessari alla localizzazione delle SRB e le relative proprietà radioelettriche per la simulazione del campo elettrico, nonché le informazioni territoriali ed i vincoli presenti nei piani di pianificazione territoriale (PRG, PLCIM, etc..) per la verifica di compatibilità urbanistica delle eventuali nuove installazioni.

Limitatamente al calcolo previsionale si riportano le tabelle per la localizzazione delle S.R.B. (tab.1) e delle caratteristiche tecniche delle sorgenti radianti (tab.2).

Strato informativo	Descrizione	Tipologia	Carattere
Coordinate geografiche ( $\phi \lambda$ )	Localizzazione planimetrica del sito della S.R.B.	Attributo	Numerico
Installazione S.R.B.	Specifica se la stazione è installata sul terreno oppure sul tetto di un edificio: Tipo 1: installazione a terra Tipo 2: installazione sul tetto	Attributo	Alfanumerico
Quota H della S.R.B.	Quota ortometrica del piano di installazione della S.R.B.: Tipo 1: quota terra Tipo 2: quota gronda	Attributo	Numerico
Toponomastica	Per installazioni di tipo 2 indicazione della via e del numero di civico dell'edificio.	Attributo	Alfanumerico

Tabella 1. Georeferenziazione dei siti di installazione delle S.R.B.

Strato informativo	Descrizione	Tipologia	Carattere
Offset coordinata X	Scostamento lungo la X posizione centro elettrico antenna	Attributo	Numerico
Offset coordinata Y	Scostamento lungo la Y posizione centro elettrico antenna	Attributo	Numerico
Gestore	Ente proprietario S.R.B.	Attributo	Alfanumerico
Altezza centro elettrico	Altezza del punto di emissione	Attributo	Numerico
Direzione di Irradiazione	Direzione azimutale	Attributo	Alfanumerico
Tilt	Inclinazione verso il basso dell'antenna rispetto all'orizzontale: Tipologia A): Tilt meccanico Tipologia B): Tilt elettrico	Attributo	Numerico
Numero trasmettitori	Numero dei trasmettitori	Attributo	Numerico
Potenza trasmettitori	Potenza equivalente del trasmettitore all'uscita dell' antenna.	Attributo	Numerico
Gain	Capacità dell'antenna di concentrare il campo elettromagnetico in una certa direzione	Attributo	Alfanumerico
Modello Antenna	Tipologia di antenna	Attributo	Alfanumerico
Attenuazione Orizzontale antenna	Distribuzione sul Piano orizzontale diagramma tipo antenna	Attributo	Numerico
Attenuazione Verticale antenna	Distribuzione sul Piano verticale diagramma tipo antenna	Attributo	Numerico

Tabella 2. Caratteristiche radioelettriche degli apparati S.R.B.

Per tale aspetto è stata anche analizzato l'eventuale riferimento al "Catalogo dei Dati Territoriali", allegato al Decreto del 10/11/2011 "Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici".

I dati territoriali descritti nel Catalogo, come riportato anche nel Decreto sopra citato, costituiscono solamente un primo nucleo informativo, da integrare con altri DB tematici.

Per il caso specifico è necessario quindi, includere nel Catalogo nuovi campi per definire la localizzazione dei siti di installazione delle S.R.B. (tabella 1), nonché le caratteristiche radioelettriche degli apparati (tabella 2).

Le entità e gli attributi, non presenti nel Catalogo, saranno introdotti negli strati esistenti, secondo la codifica standardizzata, ed in particolare:

- all'interno dello strato 2 "Immobili ed antropizzazioni" e del tema "Manufatti" 0202, in particolare nelle classi denominate "Sostegno a traliccio", "Palo" e "Localizzazione di manufatto di rete tecnologica".
- all'interno dello strato 7 "Reti di sottoservizi" e del tema "reti di telecomunicazioni e cablaggi" 0707, in particolare nelle classi denominate "Tratto di linea della rete di telecomunicazione e cablaggi", "Nodo della rete di telecomunicazione e cablaggi" e "Rete di telecomunicazioni e cablaggi".

Non è necessario creare, quindi, nuove classi, mentre è possibile creare ulteriori tabelle, quali "estensione" degli attributi, così come già proposto dagli stessi autori in altro studio.

### Analisi previsionale e considerazioni conclusive

Nel presente studio, all'interno del sistema GIS, sono state utilizzate le librerie del modulo Vicrem presenti nel software WinEDT della "Vector s.r.l.", distribuito oggi dalla Sedicom, per la simulazione numerica della propagazione del campo elettrico generato da stazioni radio base.

Il programma a partire dalla sorgente, calcola i livelli di campo, i flussi di esposizione, l'energia trasferita e quella assorbita presente nell'area interessata nell'intorno della sorgente, permettendo di rappresentare la distribuzione dell'energia nello spazio circostante.

La procedura generale utilizzata prevede sinteticamente che, individuata un'area di ricerca, vengano visualizzate le RSB attive esistenti in quell'area, e tutte le zone di vincolo di non localizzazione di impianti, derivanti dalla presenza di siti considerati sensibili, con le relative fasce di rispetto o di specifiche previsioni urbanistiche (PRG, PLCTM, ecc.).

Successivamente, attraverso una maschera (fig.3) vengono caratterizzati tutti gli impianti SRB esistenti individuati nell'area di ricerca, con le caratteristiche tecniche presenti nel D.B., nonché gli eventuali impianti in previsione, con le relative caratteristiche progettuali, che nella localizzazione terranno conto dei vincoli di zona.

Eseguita la procedura di calcolo previsionale, sono stati presi in considerazione, tra gli elaborati gestiti dal programma, le sezioni di analisi del campo elettromagnetico, sia su piani orizzontali che verticali lungo predefinite direzioni.

In particolare, sono stati eseguiti i seguenti tipi di elaborati:

- Calcolo sezione orizzontale ad una quota definita

È possibile eseguire valutazioni della distribuzione del campo elettrico su un piano orizzontale, ottenendo quindi una cosiddetta "sezione orizzontale"

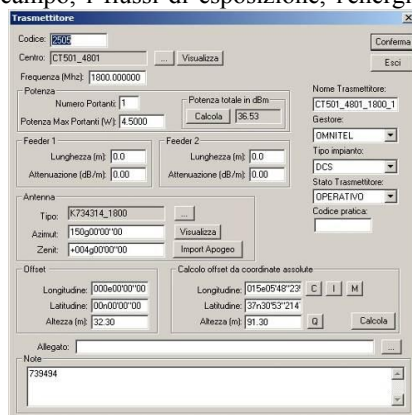


Figura 3. Maschera dati trasmettitore.

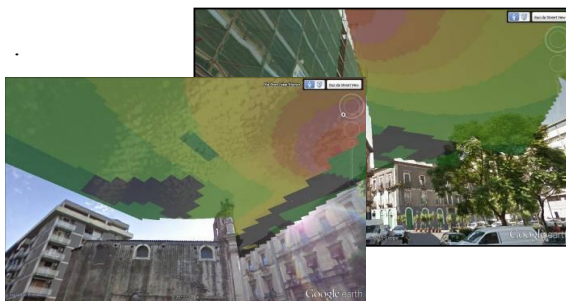
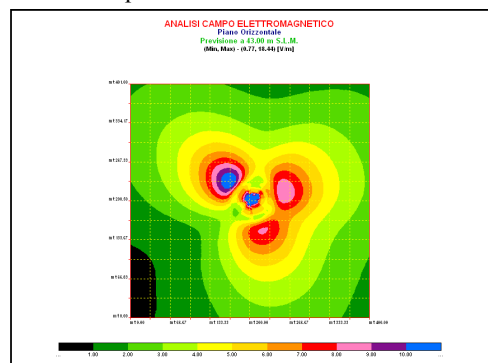


Figura 4. Analisi CEM su sezioni orizzontali a quota definita.

- Calcolo sezione verticale

E' possibile eseguire valutazioni della distribuzione del campo elettrico per sezioni verticali.

In questa modalit  il sistema provvede automaticamente ad elaborare una sezione lungo un piano verticale contenente la SRB ed una direzione predefinita.

In particolare vengono di norma eseguite le sezioni corrispondenti alle direzioni lungo i tre "lobi" di massimo irraggiamento, oltre a quelle riferite ad eventuali specifici edifici da esaminare (congiungente antenna/baricentro edificio).

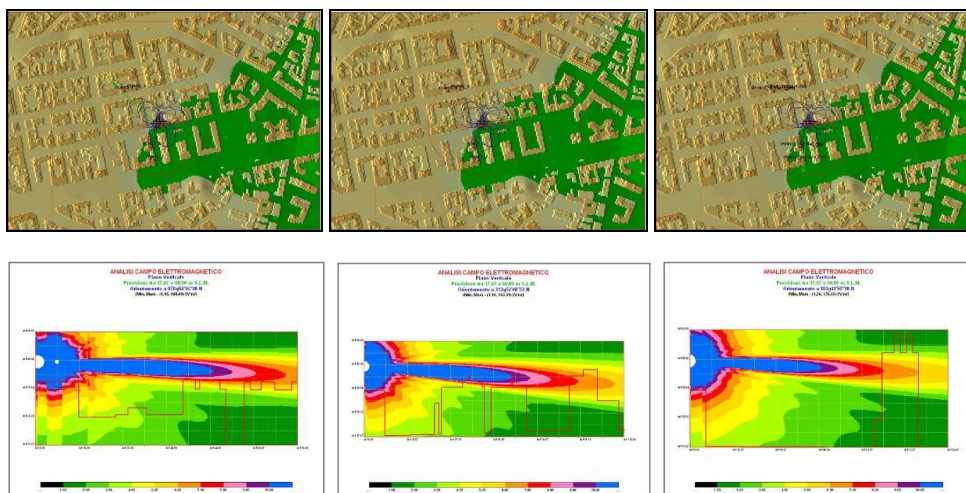


Figura 5. Analisi CEM su sezioni verticali in direzione dei tre lobi principali.

- Calcolo per spazio

E' possibile ottenere una visione definita "spaziale" per una valutazione globale sui volumi edificati dell'intensit  di campo nell'area di ricerca

Dall'esame congiunto delle sezioni orizzontali e verticali   possibile individuare i manufatti esposti e il range di quota sugli stessi di maggiore inquinamento.

Successivamente, mediante la modalit  di calcolo puntuale, potr  essere analizzato il livello globale di campo elettrico nei punti critici, ottenendo anche l'indicazione dei contributi dei singoli trasmettitori presenti nell'area di ricerca (fig.6).

Tale indicazione riveste particolare rilevanza, in quanto pu  incidere sulle scelte progettuali delle nuove possibili installazioni.

L'analisi strumentale diretta consentir , infine, di validare il calcolo previsionale nelle condizioni di stato di fatto, nei punti gi  determinati attraverso il sistema GIS, che consente di operare sempre attraverso dati opportunamente aggiornati.

Cod.	Nome	Centro	Gestore	Tipo Imp.	Freq.(MHz)	Cem Calc (V/m)		
2567	CT4873_1800_120		OMNITEL	DCS	1800.000	0.170		
2586	CT4873_1800_95		OMNITEL	DCS	1800.000	0.084		
2585	CT4873_900_120		OMNITEL	GSM	900.000	0.149		
2584	CT4873_900_95		OMNITEL	GSM	900.000	0.085		
2568	CT573_2000_120		OMNITEL	UMTS	2000.000	0.151		
2567	CT573_2000_95		OMNITEL	UMTS	2000.000	0.107		
1927	CH430_CH430_140_900	CH43	TM	GSM	900.000	0.180		
1926	CH430_CH430_20_900	CH43	TM	GSM	900.000	0.120		
1929	CH430_CH430_300_900	CH43	TM	GSM	900.000	0.120		
1930	CH430_CH430_140_2000	CH43	TM	UMTS	2000.000	0.151		
1929	CH430_CH430_20_2000	CH43	TM	UMTS	2000.000	0.096		
1931	CH430_CH430_300_2000	CH43	TM	UMTS	2000.000	0.096		
1001	CT19553_2100_10	H36	CT19553	H36	UMTS	2100.000	0.200	
1003	CT19553_2100_240	H36	CT19553	H36	UMTS	2100.000	1.465	
1104	WCT018_1800_100		WIND	CT018	WIND	DCS	1800.000	0.112
1103	WCT018_1800_20		WIND	CT018	WIND	DCS	1800.000	0.185
1105	WCT018_1800_220		WIND	CT018	WIND	DCS	1800.000	0.887
1106	WCT018_900_100		WIND	CT018	WIND	GSM	900.000	0.110
1101	WCT018_900_20		WIND	CT018	WIND	GSM	900.000	0.195
1109	WCT018_900_220		WIND	CT018	WIND	GSM	900.000	0.753
1106	WCT018_2100_100		WIND	CT018	WIND	UMTS	2100.000	0.120
1102	WCT018_2100_20		WIND	CT018	WIND	UMTS	2100.000	0.148
1107	WCT018_2100_220		WIND	CT018	WIND	UMTS	2100.000	0.676

Figura 6. Valutazione puntuale del CEM, con indicazione dei contributi dei singoli trasmettitori.

La fase di individuazione dei punti di criticità, costituisce una parte essenziale della procedura di analisi ambientale di inquinamento da CEM, per le problematiche operative di approccio spaziale tra i volumi di rispetto dei trasmettitori e i volumi dell'edificato urbano, oltre alle ovvie problematiche di generale accessibilità ai siti.

La possibilità di un calcolo previsionale attraverso la modellazione del fenomeno dei campi elettromagnetici prodotti dalle S.R.B. sulla rappresentazione 3D dell'edificato urbano, consente quindi di superare le varie problematiche, giungendo all'individuazione definita dei punti da controllare direttamente in loco, semplificando in tal modo l'operazione di analisi territoriale.

In conclusione il GIS associato al modello previsionale sulla base di una rappresentazione tridimensionale degli agglomerati urbani, rappresenta lo strumento più completo ed efficace per l'analisi dell'inquinamento ambientale da CEM.

### **Bibliografia**

Leone L., Laudani Fichera D., Pulvirenti G., Spicuzza P., Leone M., La modellazione 3D nel controllo dell'inquinamento ambientale da agenti fisici. *in Atti del Convegno Asita, Fiera di Vicenza, 6 – 9 novembre 2012,*

Parisi A., Belcastro G., Catanuso R., Casabianca S., Leone M., “Il software previsionale come strumento per il risanamento acustico della città di Catania” *in Atti del 39<sup>o</sup> Convegno Nazionale AIA “ Riflessioni e proposte per l'evoluzione della legislazione sul rumore ambientale”.*

Accademia Nazionale dei Lincei, Palazzo Corsini. Roma. 4-6 luglio 2012.

Andreuccetti D., D'Amore G., Licitra G. (2003), "Il catasto delle sorgenti di campi elettromagnetici", Atti del Convegno “Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale”

Leone L., Laudani Fichera D., Pulvirenti G., Spicuzza P., Leone M., La verifica dei limiti normativi nell'inquinamento ambientale da campi elettromagnetici. *Relazione nel Convegno Sifet, Catania, 26 -28 giugno 2013, in corso di pubblicazione*