

TECNICHE GPS PER IL MONITORAGGIO DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

A. Ammoscato ^a, G. Dardanelli ^a, A. Scianna ^b, B. Villa ^a, S. Barbaro ^c, G. Barrera ^c, A. Sansone Santamaria ^d, V. Mazzola ^e

^a Dipartimento di Rappresentazione, Università di Palermo, 90128 Palermo, Italia

alessio@dirap.unipa.it, gidar@dirap.unipa.it, bevilla@unipa.it,

^b CNR-DAST- Dipartimento di Rappresentazione, Università di Palermo, 90128 Palermo, Italia scianna@dirap.unipa.it,

^c Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali, Università di Palermo, 90128 Palermo, Italia sbarbaro@unipa.it,
gbarrera@dream.unipa.it

^d Laboratorio di Fisica della ARPA Regione Sicilia, assiss@aliceposta.it;

^e Fondazione Ugo Bordoni.

KEY WORDS: GPS, GIS, ArcMap, palmare, campo elettromagnetico, monitoraggio

RIASSUNTO

Negli ultimi anni la diffusione dell'impiego delle tecniche di posizionamento GPS cinematico in tempo reale si è notevolmente accresciuta, estendendo il suo campo di applicazione dai tradizionali impieghi topografici ad altri, come, ad esempio quelli del monitoraggio ambientale.

Nel lavoro proposto viene esaminato un progetto preliminare di monitoraggio di campi elettromagnetici in modalità cinematica per la realizzazione di una infrastruttura di misura, trasmissione, elaborazione e gestione dei dati rilevati. In particolare sono presentati i primi risultati di uno studio per la realizzazione di un prototipo di sistema avanzato, basato sull'integrazione di un apparato GPS con altri sensori. La ricerca è stata condotta in collaborazione con il Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali dell'Università di Palermo e con il Laboratorio di Fisica dell'ARPA Regione Sicilia.

La sperimentazione è stata effettuata con l'impiego di un mezzo mobile sul quale sono stati installati sia un'antenna GPS che un rilevatore di campi elettromagnetici, equipaggiati con il software per il trattamento dei dati acquisiti; sono state effettuate acquisizioni statiche ed altre cinematiche.

Per il rilievo GPS si è scelto di operare con un ricevitore palmare, mentre la determinazione del valore del campo elettromagnetico è stata effettuata con l'impiego di un analizzatore di spettro a stretta e larga banda.

Infine, con l'impiego di tecniche GIS, è stato realizzato un Sistema Informativo Territoriale, avente come riferimento l'ortofoto a grande scala delle zone oggetto di studio. Gli elaborati finali della sperimentazione consistono in carte tematiche in cui vengono rappresentate le distribuzioni dei valori di campo elettromagnetico nelle differenti zone di test.

ABSTRACT

In these last years employment and spreading of GPS real-time kinematic techniques is greatly improved. Its application field is extended from traditional topographic surveys to environmental applications.

In this work a preliminary monitoring project of electromagnetic pollution is shown; this project has been carried out in order to realize an infrastructure of measurement, transmissions, elaboration and management of surveyed data. In particular, the first results of a research about the realization of a first prototype of advanced system based on the integration of GPS receiver and other sensors are shown. The research has been carried out in collaboration with Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali of the Palermo University and with the "Laboratorio di Fisica dell'ARPA Regione Sicilia".

The experimentation has been carried out using a car equipped with roof rack where both an antennae and electromagnetic sensor were installed. The GPS survey was carried out by a integrated palmtop-GPS, linked with an analyser of electromagnetic spectrum sensor, in large or small band.

Well than, a GIS has been created in order to show some thematic maps which represent the distribution of electromagnetic pollution.

INTRODUZIONE

L'esigenza di predisporre, in ambiente urbano, un progetto preliminare per la gestione dei parametri ambientali, ed in particolare del campo elettromagnetico, ha posto il problema dell'analisi di dati che variano con continuità, talvolta repentinamente, sia nello spazio che nel tempo.

Sulla base di questa considerazione e alla luce di esperienze acquisite, si è ritenuto utile sperimentare un sistema mobile di monitoraggio, capace di effettuare un rilevamento sia posizionale che dei parametri ambientali, ad intervalli di tempi stabiliti, anche di un secondo. A tal fine risulta particolarmente conveniente l'individuazione di percorsi specifici, in cui potere ripetere le misure in diverse fasce orarie.

Infatti, la determinazione di sole misure statiche, condotte in corrispondenza degli obiettivi più sensibili, come quelli rappresentati dalle scuole e dagli ospedali, permette di conoscere i dati solamente in maniera puntuale, limitatamente ad un determinato istante o

intervallo orario. Una ripetizione delle misure nel tempo e una loro estensione spaziale risulta complessa dal punto di vista realizzativo-logistico ed eccessivamente onerosa in funzione dei risultati attesi. Oltre a ciò un rilevamento di tipo statico di dette grandezze pone il problema dell'individuazione di interpolatori che permettano di rappresentare fedelmente e puntualmente la reale situazione dei parametri ambientali misurati.

Nelle zone urbane sono localizzate numerose sorgenti di onde elettromagnetiche, come elettrodotti, impianti radar, ripetitori radio e TV, ripetitori Dect per telefonia cellulare, forni a microonde, televisori e molti altri apparecchi elettrici, presenti anche in ambiente domestico; infatti laddove esistono circuiti non schermati percorsi da corrente elettrica nascono e si diffondono i campi elettromagnetici.

Mentre le altre forme d'inquinamento generano immediatamente effetti visibili (cattivi odori, fumi, vapori, schiume, ecc.), l'inquinamento elettromagnetico passa del tutto inosservato a causa dell'assenza di segnali rilevabili dai nostri organi di senso, creando comunque scompensi nel complesso sistema che è il corpo umano.

Come è noto, l'energia elettromagnetica viene emessa da tutte le superfici a temperatura superiore allo zero assoluto; tale emissione di energia ha caratteristiche ondulatorie misurabili che hanno portato a classificare l'onda in base alla sua ampiezza e alla sua frequenza. Più l'energia è grande, maggiore sarà la frequenza e minore risulterà la lunghezza dell'onda. Gli effetti biologici variano appunto al variare di tali parametri.

Le grandezze fisiche, misurabili e di interesse, sono il campo elettrico [V/m], il campo magnetico [A/m], l'induzione elettromagnetica [T], cioè la capacità dei campi magnetici di creare, in determinate condizioni, una corrente elettrica in un circuito.

Spesso le radiazioni presenti nei siti in cui insistono molte installazioni (soprattutto di antenne radiotelevisive), risultano superiori ai limiti di esposizione per la popolazione imposti dalla normativa vigente che è rappresentata in Italia dalla legge 36/2001 (Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici), per quanto riguarda gli aspetti generali, e dal D.M. Ambiente n° 381/98, per quanto riguarda la definizione dei valori limite di campo elettrico e magnetico ad alta frequenza.

La legge quadro (L. 36/2001) si occupa degli aspetti generali, quali:

- limiti per gli impianti fissi (elettrodotti, SRB);
- scheda informativa per le apparecchiature che generano campi;
- tutela dell'ambiente e del paesaggio;
- determinazione delle competenze statali nel porre i limiti di attenzione e di qualità, imporre le azioni di risanamento, autorizzare gli elettrodotti > 150 kV;
- individuazione delle competenze regionali: autorizzazione all'installazione di SRB, impianti radioTV ed elettrodotti < 150kV, controlli (ARPA).

La normativa per i campi ad alta frequenza (DM 381/98) impone di rispettare i limiti normativi a seconda della permanenza nei siti per più o meno di quattro ore, come indicato in tabella 1.

| SITI DESTINATI A PERMANENZE INFERIORI A 4 ORE GIORNALIERE | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Frequenza (MHz)</i> | <i>E_{eff} (V/m)</i> | <i>H_{eff} (A/m)</i> | <i>Dens pot (W/m²)</i> |
| 3 – 3000 | 20 | 0.05 | 1 |
| SITI DESTINATI A PERMANENZE SUPERIORI A 4 ORE GIORNALIERE | | | |
| <i>Frequenza (MHz)</i> | <i>E_{eff} (V/m)</i> | <i>H_{eff} (A/m)</i> | <i>Dens pot (W/m²)</i> |
| 3 - 300000 | 6 | 0.016 | 0.1 |

Tabella 1. Limiti normativi in funzione della permanenza

OBIETTIVI E DESCRIZIONE DEL SISTEMA

Il monitoraggio dei parametri ambientali comporta l'acquisizione di un elevato numero di informazioni puntuali, che debbono successivamente essere elaborate, processate e rese disponibili mediante procedure informative standardizzate, possibilmente di semplice realizzazione. Al fine di rendere agevoli e veloci le relative elaborazioni emerge pertanto l'esigenza di disporre di un sistema gestito informaticamente atto ad acquisire l'informazione geografica e quella ambientale, trasmettere le informazioni al server remoto per l'archiviazione ed il post processing dei dati posizionali, eseguire le elaborazioni delle mappe di campo elettromagnetico.

La realizzazione di un complesso sistema di misura di parametri ambientali georiferiti comporta:

- la conoscenza delle caratteristiche della strumentazione di rilevamento ambientale da realizzare, con particolare riguardo alle modalità di archiviazione e di trasmissione dei dati e alle modalità di rilevamento dei parametri ambientali, al fine di operare la scelta ottimale dell'apparato da assemblare;
- le modalità di determinazione della posizione tramite GPS, in relazione alle modalità di rilevamento dei parametri ambientali, per come richiesto dalla sperimentazione da effettuare.

La possibilità di utilizzare dei palmari GPS permette, in generale, di potere raggiungere un duplice obiettivo: da un lato la opportunità di acquisire elementi territoriali disponibili e dall'altro di ottenere dati già georiferiti relativamente alla posizione del punto in cui viene proposto il controllo ambientale. Inoltre i dispositivi palmari equipaggiati con software GIS ben si prestano a questi compiti, dando all'utilizzatore un raffronto immediato sulla precisione del dato cartografico acquisito dal GPS.

Ciò premesso, la sperimentazione oggetto del presente studio si pone come obiettivo preliminare e non esclusivo, quello di predisporre un sistema in grado di acquisire, immagazzinare, correlare e rappresentare informazioni tematiche georiferite, rappresentate dai valori, eventualmente interpolati, di parametri ambientali (come il campo elettromagnetico) associati alle coordinate dei singoli punti di misura, tali da potere essere visualizzate attraverso delle mappe interattive in ambiente GIS.

Come è noto dalla letteratura, è opportuno, nel caso che le misure del parametro ambientale differiscano nel tempo e nello spazio da quelle di posizione, definire la correlazione esistente tra il valore misurato e il valore esistente nel punto di cui si conosce la posizione: nel nostro caso, essendo le due misure contemporanee, questa funzione di correlazione è funzione della sola distanza tra il ricevitore GPS e il misuratore del campo elettromagnetico. Lo strumento che misura il campo elettromagnetico viene infatti montato tramite una barra di legno (non conduttore), sufficientemente lontana dal mezzo mobile, mentre l'antenna del ricevitore viene fissata tramite un supporto magnetico al tetto del mezzo (figura 1).



Figura 1. Il mezzo utilizzato per la sperimentazione

Per pervenire a tale correlazione è stata effettuato un primo confronto tra la variabilità del campo elettrico in funzione dello spazio e l'accuratezza posizionale conseguibile con diversi strumenti in modalità cinematica, rilevando che:

- la variabilità del campo elettrico in funzione dello spazio, non essendo in prossimità di sorgenti, si presenta molto limitata con piccole variazioni, sia assolute che relative;

- l'accuratezza del posizionamento in modalità cinematica (senza effettuare la correzione differenziale in post processing), in particolare in ambito urbano, è dello stesso ordine di grandezza della distanza tra il ricevitore e l'analizzatore di campo elettrico;

Si può quindi affermare che i valori delle accurattezze posizionali raggiungibili, raffrontati con la posizione relativa fra misuratore di campo elettrico e ricevitore GPS, nonché con la variabilità delle grandezze in gioco, rendono superfluo lo studio della funzione di correlazione in funzione della distanza.

L'obiettivo non è quindi limitato soltanto alla mera rappresentazione tematica delle informazioni geografiche, ma ci si propone anche:

- di progettare in fase preliminare, anche a livello hardware, un sistema di acquisizione e di elaborazione dei dati;
- di implementare le diverse tecniche di trasmissione dei dati, ovvero se sia più conveniente utilizzare una stazione di immagazzinamento e di elaborazione in remoto rispetto ad una unità locale mobile, o in alternativa una combinazione delle due soluzioni;
- di valutare l'accuratezza posizionale del GPS (palmare e non) in funzione della tecnica differenziale WAAS/EGNOS, in relazione ad una correzione differenziale in post processing;
- di stimare l'eventuale rapporto tra la criticità del segnale, la precisione conseguibile in rapporto al campo elettrico misurato.

Per quanto riguarda il progetto hardware del sistema di acquisizione e di elaborazione dei dati, dopo alcune prove effettuate si è ritenuto opportuno adottare sistemi GPS integrati con computer palmari. Il successivo passo sarà la individuazione del tipo più opportuno di GPS all'interno della fascia prescelta al fine di individuare il più valido in relazione al rapporto prezzo-prestazioni.

Si intende realizzare un sistema di tipo client/server sia in entrata che in uscita, in cui l'utente possa sia trasmettere dati che disporre in tempo reale di tutte le informazioni necessarie alla realizzazione dei valori di misura; infatti attraverso il collegamento alle reti telefoniche e quindi informatiche, a seconda delle necessità, è possibile ricevere stralci di immagini contenenti la cartografia aggiornata, o l'ortofoto da satellite commerciale (Ikonos o Quickbird).

La scelta di utilizzare un sistema di posizionamento in modalità cinematica, senza post-processamento dei dati, è stata effettuata tenendo conto dell'utilizzazione in tempo reale dell'intero sistema, in grado di trasmettere in real-time i dati (posizione e parametro ambientale).

Particolare importanza riveste proprio la trasmissione dei dati, che può essere progettata attraverso l'interazione con dispositivi in grado di trasmettere informazioni (es. telefonia cellulare), collegati tramite adattatori seriali o connessioni *BLUETOOTH* al ricevitore palmare e ai sensori di misura dei parametri ambientali, in modo da potere inviare al server tutte le informazioni acquisite durante la realizzazione della campagna di misura. Non va sottovalutata la possibilità della gestione dei dati alfanumerici, utilizzando server specifici su cui implementare applicativi specializzati, in cui possano essere utilizzati geodatabase relazionali e spaziali, del tipo Postgres SQL Server.

Per quanto riguarda la gestione dei dati alfanumerici è necessario distinguere l'unità dedicata all'elaborazione da quella dedicata all'archiviazione ed eventuale elaborazione dei dati. Il progetto prevede la possibilità di utilizzare software commerciali, come quelli commercializzati dalla ESRI Italia (ArcGIS, ArcPad, ArcIMS) o open source, come GRASS, in cui venga caricato automaticamente sul ricevitore palmare integrato la cartografia di base, con le indicazioni dei toponimi e delle coordinate del sistema.

Per ridurre l'occupazione di memoria del computer palmare e per permettere di operare in aree territoriali diverse, è stata preferita l'allocatione dei dati cartografici in un server, tale da permettere, tramite funzioni di Web Map Server, di consultare i dati necessari, sia sotto forma di cartografia classica che sotto forma di ortofoto.

Lo schema di funzionamento generale è indicato in figura 2; nella parte evidenziata è indicato lo strumento (palmare integrato da ricevitore GPS) che include in se tutte le funzionalità e rappresenta a nostro avviso la soluzione più efficiente e facile da implementare.

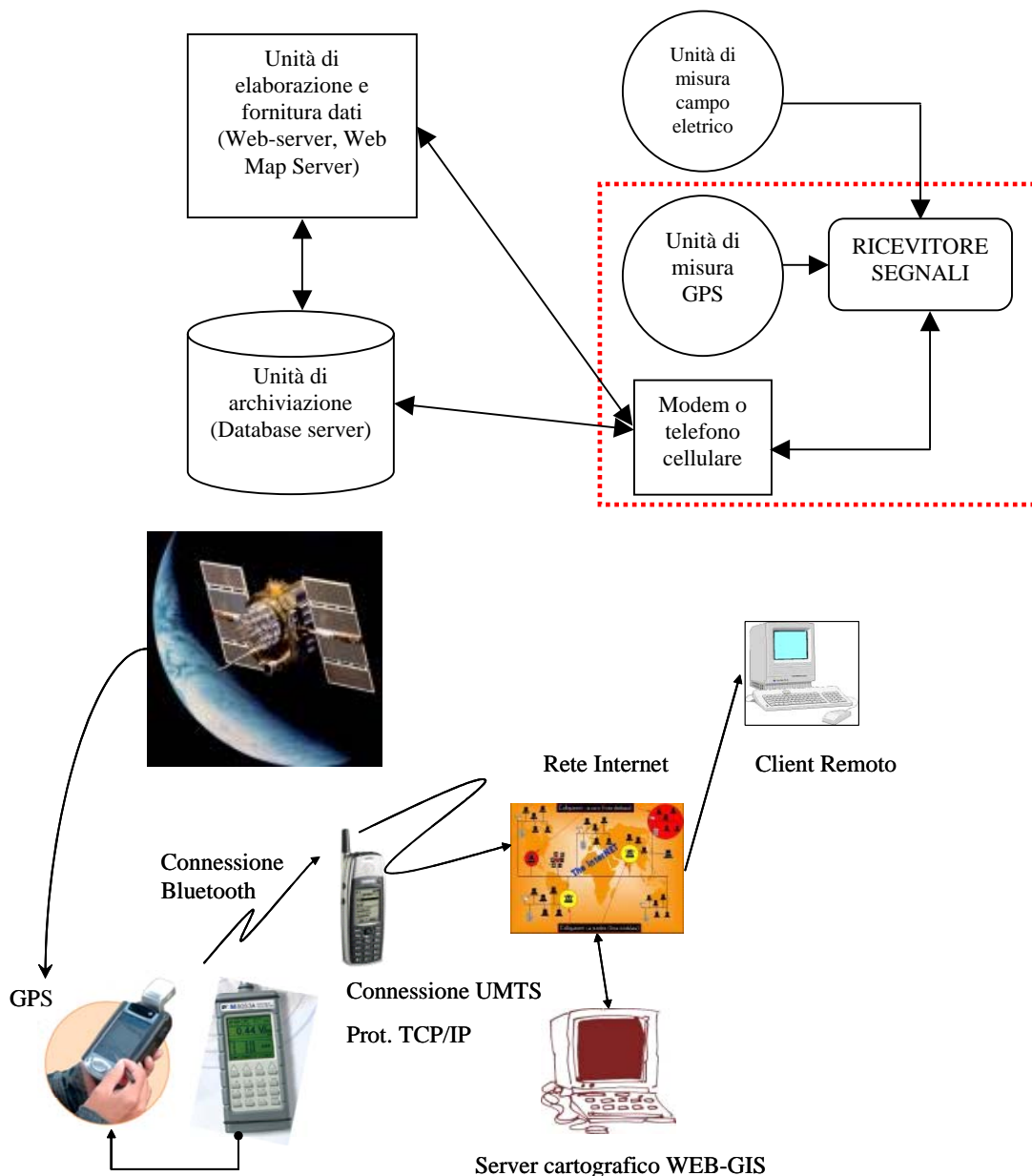


Figura 2. Schematizzazione del sistema e infrastruttura hardware e software

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per quanto riguarda le attrezzature utilizzate, è stato impiegato un sistema GPS integrato, costituito da ricevitore GNSS Turbo G2 della Topcon e da un palmare iPaq della HP, equipaggiato con il sistema operativo Windows CE e con software di gestione Meridiana CE; questa soluzione permette all'utilizzatore di sostituire il palmare con uno di più elevate prestazioni, mantenendo invariato il ricevitore GPS. Il ricevitore utilizzato è in grado di utilizzare il segnale proveniente sia da satelliti della costellazione GPS che da quella GLONASS; è un ricevitore a 50 canali, che può decodificare il segnale sulla portante L1 e la correzione DGPS WAAS/EGNOS. L'accuratezza posizionale dichiarata dalla casa produttrice è centimetrica in post elaborazione e sub-metrica in DGPS.



Figura 3. Il ricevitore integrato



Figura 4. Lo strumento di acquisizione

Al fine di migliorare la ricezione del segnale, e soprattutto per sfruttare anche i satelliti della costellazione GLONASS, si è ritenuto opportuno non utilizzare l'antenna integrata nel ricevitore GPS ma utilizzare, tramite l'apposito attacco esterno, una antenna Topcon del tipo Legant-A; questa antenna è stata fissata al tetto del mezzo mobile tramite un attacco magnetico.

La catena di misura dei campi elettromagnetici utilizzata per la sperimentazione consiste in uno strumento di acquisizione *PMM 8053A* collegato per mezzo di un cavo a fibra ottica e di un ripetitore ottico *PMM OR-03* al sensore di campo elettrico *PMM EP-330*; quest'ultimo sensore è stato fissato saldamente sul tetto dell'autovettura tramite le apposite barre e un asse di legno (non conduttore) come rappresentato in fig. 1, in maniera tale da essere sufficientemente lontano anche da eventuali apparecchi presenti a bordo dell'automobile. In tabella 2 sono riportate le specifiche tecniche del sensore.



Figura 5. Il sensore di campo elettrico

| | |
|--|----------------------------|
| <i>Campo di frequenza</i> | 100 kHz - 3 GHz |
| <i>Portata</i> | 0,3 - 300 V/m |
| <i>Sovraccarico</i> | > 600 V/m |
| <i>Dinamica</i> | > 60 dB |
| <i>Risoluzione</i> | 0,01 V/m |
| <i>Sensibilità</i> | 0,3 V/m |
| <i>Errore assoluto@ 50 MHz e 20 V/m</i> | ± 0,8 dB |
| <i>Piattezza (10 - 300 MHz)</i> | ± 0,5 dB |
| <i>Piattezza (3 MHz - 3 GHz)</i> | ± 1,5 dB |
| <i>Isotropicità</i> | ± 0,8 dB (tipico ± 0,5 dB) |
| <i>Reiezione campo magnetico</i> | >20 dB |
| <i>Errore in temperatura 20°C ÷ 60°C</i> | ±0,1 dB |
| <i>Errore in temperatura 0°C ÷ 20°C</i> | -0,05 dB/°C |
| <i>Errore in temperatura -20°C ÷ 0°C</i> | -0,15 dB/°C |
| <i>Calibrazione E:PROM</i> | interna |
| <i>Dimensioni</i> | 317 mm lunghezza, 58 mm ø |
| <i>Peso</i> | 100 g |

Tabella 2. Caratteristiche del sensore di misura del campo elettrico

UNA PRIMA SPERIMENTAZIONE

In questa prima fase della sperimentazione si è effettuato uno studio preliminare avente come oggetto la acquisizione di valori di coordinate e di campo elettromagnetico in due differenti aree test, ubicate nella provincia di Palermo, su cui sono installate antenne di trasmissione e ricezione radio TV e di telefonia cellulare: la prima rappresentata dalla strada provinciale SP 5 che lambisce il Comune di Altofonte (PA), la seconda dal vecchio percorso che permette di raggiungere il Santuario di Monte Pellegrino a Palermo. Ulteriori test verranno condotti a breve in aree urbane ad alta densità edilizia.

L'analisi e l'acquisizione dei dati sono state condotte sia in maniera statica che in maniera dinamica; nel primo caso l'acquisizione del segnale GPS e dei valori di campo elettromagnetico è stata effettuata in maniera statica, stazionando su alcuni punti di misura per un periodo temporale di sei minuti e posizionando lo strumento di misura del campo elettromagnetico su un treppiedi ad un'altezza di m 1.60, in modo da potere ottenere valori rispondenti a quanto stabilito dalla normativa vigente. Nel secondo caso è stata effettuata una serie di misure in maniera cinematica, con gli strumenti fissati sul veicolo come sopra descritto e tempo di un'autovettura di un analizzatore di spettro elettromagnetico e di un'antenna collegata ad un GPS palmare portatile, con tempo di acquisizione e di campionamento pari ad un secondo.

Quando il sistema sarà a regime e collaudato sarà impostato in modo tale da acquisire e caricare nel database le acquisizioni in continuo, sia di posizione che del parametro misurato, memorizzando anche l'istante di acquisizione. In questa prima fase di sperimentazione, stante la mancanza di collaudo di tutta la strumentazione, l'allineamento temporale dei diversi tipi di misura è stato effettuato in maniera manuale, sincronizzando l'inizio e la fine delle acquisizioni.

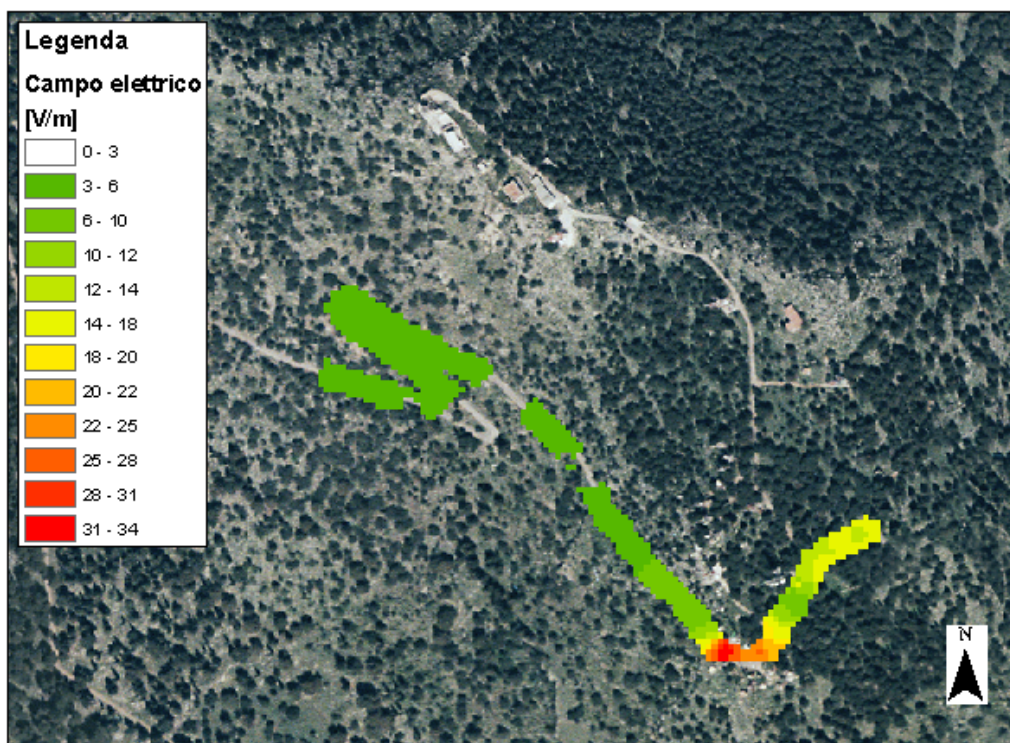


Figura 6. Interpolazione del campo elettrico su Monte Pellegrino

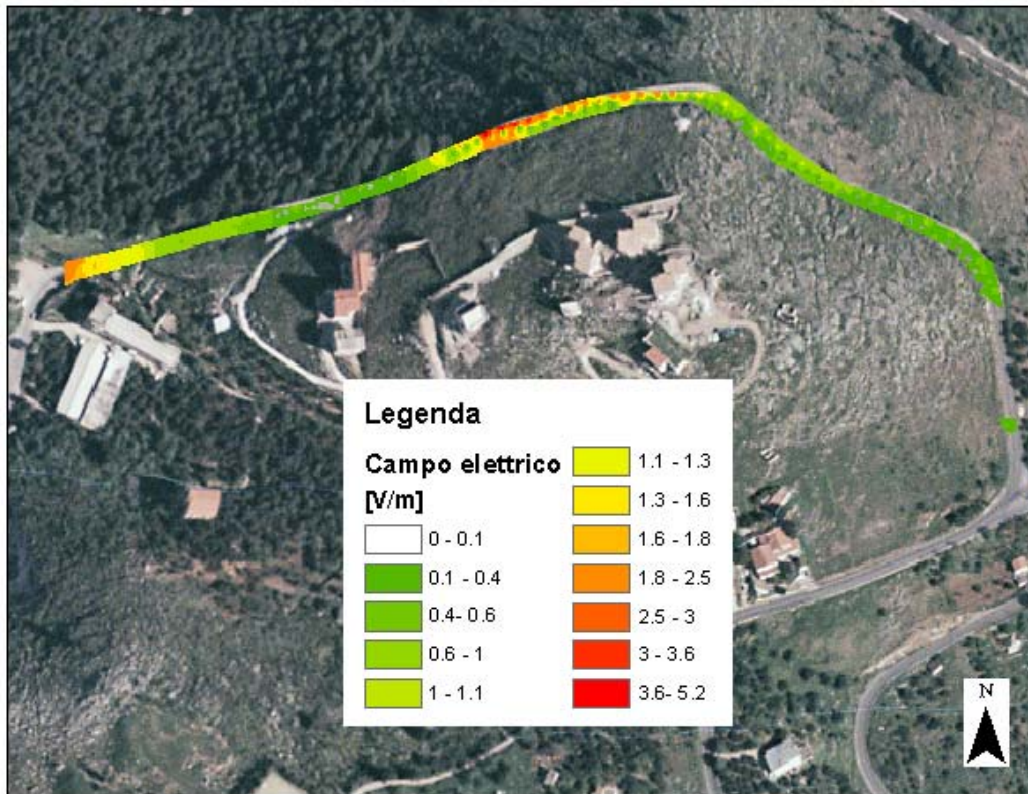


Figura 7. Interpolazione del campo elettrico su Altofonte

CONCLUSIONI

I primi risultati ottenuti nella integrazione tra i due strumenti di misura (GPS palmare a analizzatore di campo elettromagnetico) permettono di poter affermare che è ragionevole l'allestimento di un veicolo mobile attrezzato con la strumentazione di monitoraggio: ma l'aspetto più importante della sperimentazione sarà rappresentata in un immediato futuro dalla realizzazione esecutiva della infrastruttura hardware e software di elaborazione e di trasmissione dei dati, per la quale occorrerà mettere a punto un sistema complesso.

Un ulteriore sviluppo sarà rappresentato dalla determinazione della precisione conseguibile con i ricevitori GPS, attraverso la realizzazione di percorsi inseriti all'interno della viabilità urbana e di coordinate note, in modo da poter determinare la precisione e l'affidabilità delle misure. Un aspetto importante da sviluppare è quello di definire le campagne di misura sia in funzione dei percorsi da effettuare, che devono essere rappresentativi della situazione in una determinata area, che degli intervalli orari in cui devono essere effettuate: ciò è particolarmente importante sia perché tutti i parametri ambientali in ambito urbano variano in funzione della fascia oraria, sia perché in tal modo è possibile studiare il fenomeno distinguendo i valori di fondo da eventuali picchi orari (ad esempio le emissioni di inquinanti in funzione del traffico automobilistico, o le emissioni elettromagnetiche delle antenne di telefonia cellulare).

È possibile affrontare inoltre le problematiche relative alla correlazione esistente tra i valori di campo elettromagnetico e l'accuratezza del posizionamento, in maniera tale da determinare le possibili interferenze con il segnale della strumentazione GPS e giungere alla formulazione di modelli matematici.

Si ringrazia il geom. Vito Terzo, agente per la Sicilia della Geotop s.r.l. di Ancona, per aver messo a disposizione il ricevitore GPS Turbo G2, per le sperimentazioni.

BIBLIOGRAFIA

- De Capua C. et al., 2004. A Distributed System of Mobile Sensors for Electromagnetic Field Measurements in Urban Environments", *ISA-IEEE Sensors for Industry Conference, SIcon/04*, New Orleans, Louisiana
- Mussumeci G., Scianna A., Silicato G., Villa B, 2004. Impiego di ricevitori GPS a basso costo per applicazioni GIS e catastali: limiti e potenzialità. Atti dell'8^a Conferenza Nazionale ASITA, Fiera di Roma, 14-17 dicembre 2004
- Deshpande A. 2004. Modulated Signal Intereference in GPS Acquisition. ION GNSS 17th International Technical Meeting of the Satellite Division, 21-24 Sept., Long Beach, California USA.
- Pala A., Sanna G., Vacca G., 2003. L'impiego di sistemi integrati GPS-PC palmari per il posizionamento di precisione in tempo reale e l'acquisizione di dati spaziali, Atti della 7^a Conferenza Nazionale ASITA, Palazzo della Gran Guardia, Verona 28 - 31 ottobre 2003

- 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"*
- DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI., 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", *GU n. 200 del 29-8-2003*
- Andreuccetti D., Zoppetti N., Conti R., Fanelli N., Giorgi A., Rendina R., 2003. "Magnetic Fields from Overhead Power Lines: Advanced Prediction Techniques for Environmental Impact Assessment and Support to Design", *Proceedings of 2003 IEEE Power Tech Conference, June 23th 26th, Bologna.*
- Baiocco F., Martire F., 2002. Monitoraggio ambientale: innovazione e qualità di un sistema integrato di tecnologie WebGIS e GPS per Personal Digital Assistans, Atti della 6ª Conferenza Nazionale ASITA, Perugia, 5 - 8 novembre 2002
- Zari A., Di Bella G., Novella A., Licitra G., Giusti G., Silvi A.M., 2002. "La simulazione dell'impatto ambientale dei campi elettromagnetici. Studio sulla città di Livorno", *MondoGIS - Settembre/Ottobre 2002*
- Filoscia U., Ottavi C.M., Sessa M., Polesi R., Prignani P., Veca G.M., 2002. "Valutazione, mediante l'uso di algoritmi e dati cartografici standard, dei campi generati in ambiente urbano da antenne di radiodiffusione e da linee ad alta tensione", *Atti della IV Conferenza di MondoGIS,*
- Pala A. et al., 2002. Il sistema per la trasmissione di correzioni differenziali via Internet dalla stazione permanente di Cagliari. Primi risultati, Atti della 5ª Conferenza Nazionale ASITA, Perugia 2002, Vol. II: 1671-1676
- Falchi E. et al., 2002. Internet-based DGPS service from the Cagliari permanent station. GIS application with LapTop and Pocket PC, Proceedings of the Seminar/Workshop "Real Time GNSS"
- Musumeci G., Condorelli A., Musumeci F., Carruba S., 2001. Mappatura dell'inquinamento elettromagnetico con GIS e GPS. *Geomedia*, novembre dicembre 2001, pp. 4-8