

## UTILIZZO DI QGIS PER LA VISUALIZZAZIONE DEI DATI CONTENUTI NEL CATASTO DEGLI ELETTRODOTTI DELLA REGIONE TOSCANA

N. ZOPPETTI (\*), D. ANDREUCETTI (\*), M. COMELLI (\*), C. LICCIARDELLO (\*\*)

(\* ) IFAC-CNR (Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" del Consiglio Nazionale delle Ricerche),  
via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI),  
n.zoppetti@ifac.cnr.it, m.comelli@ifac.cnr.it, d.andreuccetti@ifac.cnr.it

(\*\* ) ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana),  
Sistema Informativo Ambientale della Regione Toscana - SIRA, via Nicola Porpora 22  
50144 Firenze, c.licciardello@arpat.toscana.it

### Riassunto

Nell'ambito di una convenzione stipulata tra ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana) ed IFAC (Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" del Consiglio Nazionale delle Ricerche), è stato sviluppato ed è tuttora in via di popolamento il Catasto degli Elettrodotti della Regione Toscana (CERT), in base a quanto previsto dalla legge n. 36 del 2001 [5]. In questo lavoro si illustrano le tecnologie utilizzate per generare e visualizzare gli elementi geometrici (sostegni, campate, linee, officine) a partire dal contenuto dell'archivio come ausilio all'utilizzo delle applicazioni di calcolo del campo magnetico sviluppate nell'ambito della stessa convenzione (sistema PLEIA-EMF [2][3][4]).

Per garantire una semplice integrazione con gli strumenti GIS si è resa necessaria la scelta di un sistema RDBMS che consentisse l'archiviazione di entità geometriche con modalità di accesso standard. La scelta è caduta su PostgreSQL, un motore di database rilasciato con licenza open source e dotato di un'estensione per l'archiviazione e la gestione dei dati geometrici (PostGIS). L'accesso ai dati in ambiente GIS può avvenire utilizzando il programma QuantumGIS (QGIS), tramite una connessione diretta al database.

Un'ulteriore possibilità è offerta da un *plugin* per QGIS sviluppato in linguaggio *Python*, il cui utilizzo in luogo del C++ risulta più semplice e rapido, e permette di ottenere strumenti indipendenti dalla piattaforma di sviluppo.

Il *plugin* effettua una connessione all'archivio CERT attraverso un *application server* sviluppato in linguaggio php, e permette di esportare sia il contenuto dell'archivio sia i risultati del calcolo del campo magnetico in formato ESRI shapefile.

È stata sviluppata una versione del *plugin* che consente:

- l'esportazione come shapefile 3D dei dataset archiviati (linee elettriche, sostegni, conduttori, officine) sulla base di relazioni di prossimità (elementi geometrici che ricadono in una regione determinata)
- la generazione dei file di progetto per il programma PLEIA per il calcolo delle fasce di rispetto e su grigliato;
- la determinazione delle sorgenti di induzione magnetica in prossimità delle abitazioni, una volta che queste siano state individuate sulla cartografia numerica.

### Abstract

The Power Lines Archive of Region Tuscany (CERT) has been developed as expected by Italian law n. 36/2001 [5], in agreement between ARPAT (Environmental Protection Regional Agency of Tuscany) and IFAC ("Nello Carrara" Applied Physics Institute of National Research Council).

The technologies used to generate and view geometrical elements (pylons, spans, power lines, power stations) from the stored data are shown here. These are intended as a support to use the software developed in the same convention (PLEIA-EMF system [1], [4]), to evaluate the magnetic field.

An RDBMS system with geometrical entities storage in standard access modalities guarantees an easy integration with GIS tools. In particular PostgreSQL, an open source database engine with PostGIS extension, allows to store and manage geometrical data; the data access in GIS environment can be obtained using QuantumGIS software (QGIS), through direct connection to database.

A further possibility is offered by a QGIS plugin, developed in Python language, which is easier and faster to use than C++, and allows obtaining OS independent tools.

The plugin connects to the CERT archive through a php developed application server, and allows to export both stored data and the magnetic field calculations as ESRI shape files.

The developed plugin version allows:

- exporting stored datasets (power lines, pylons, wires, power stations) as 3D shapefile using proximity relations (geometrical elements falling in a determined region);
- generating a project file for PLEIA software for evaluating respect bands and magnetic field in grid points;
- determining magnetic induction sources closer to buildings, after these are located in the digital cartography.

## Introduzione

Il catasto degli elettrodotti della Regione Toscana (CERT) costituisce il supporto alle attività di controllo di ARPAT nel campo dell'esposizione al campo magnetico a bassa frequenza (ELF); gli operatori possono utilizzare il programma PLEIA per selezionare le linee sulle quali effettuare il calcolo tridimensionale del campo magnetico o delle fasce di rispetto e ottenere un'informazione georeferenziata utilizzabile in ambiente GIS per la stima della popolazione esposta.

Al crescere delle dimensioni e della complessità dell'archivio CERT si è resa necessaria la predisposizione di strumenti di semplice utilizzo da parte degli operatori ARPAT per automatizzare il più possibile il *workflow* del calcolo dell'esposizione della popolazione.

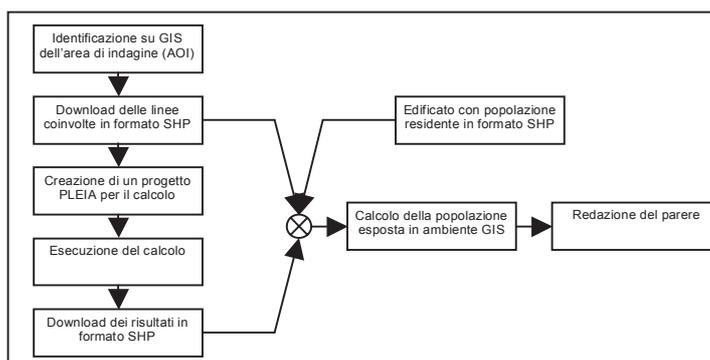


Figura 1 - Workflow per la determinazione della popolazione esposta.

La semplificazione delle procedure operative passa attraverso una stretta integrazione degli strumenti GIS con il programma di calcolo PLEIA, in modo da utilizzare l'ambiente GIS per preparare i dati di input per il calcolo del campo, avviare il programma di calcolo e infine visualizzare e analizzare i risultati.

Lo strumento GIS utilizzato per l'integrazione con il programma di calcolo è il programma Quantum GIS, che presenta un'architettura modulare e risulta di conseguenza facilmente estendibile tramite moduli aggiuntivi (*plugins*).

Particolare cura è stata posta nella progettazione di un'interfaccia di semplice utilizzo che consentisse anche a personale senza particolari competenze GIS di utilizzare il programma per la localizzazione dell'area di indagine e la redazione di mappe da allegare ai pareri.

## L'ambiente di lavoro

PostgreSQL è il sistema per la gestione di database relazionali scelto per memorizzare i dati di CERT in quanto dispone di un'estensione (PostGIS) per archiviare i dati geometrici.

Il software PLEIA è in grado di eseguire il calcolo del campo in diverse modalità, nonché la generazione di file di tipo shape rappresentanti la fascia di rispetto per ciascuna delle linee di interesse a partire da file di dati configurati ed opportunamente formattati tramite l'interfaccia utente [2]. L'interfaccia grafica di PLEIA non permette di visualizzare direttamente la cartografia numerica e gli elettrodotto rappresentati in CERT. Si è scelto infatti di creare un'applicazione dedicata al calcolo del campo magnetico che si potesse facilmente interfacciare con i programmi dedicati alla gestione di dati geografici. Lo strumento che meglio si presta a supportare operazioni di tal genere è un GIS che si interfacci direttamente con il database, permetta di eseguire varie operazioni sui dati spaziali e di creare come output dei file che il programma possa ricevere direttamente in input, prima di passare all'elaborazione definitiva.

Per raggiungere tali obiettivi, sono state innanzitutto create delle tabelle spaziali tramite PostGIS, che contenessero i dati relativi a tralicci, campate e stazioni elettriche.



Figura 2 - Barra del *plugin* creata per la connessione al catasto CERT e l'interfacciamento con PLEIA.

È stato quindi realizzato un *plugin* per QGIS utilizzando il linguaggio *Python* per avere una connessione diretta agli elementi spaziali del database sopra descritti. È stata creata un'apposita barra degli strumenti (v. Figura 2) per caricare i dati relativi alle entità geometriche e, una volta selezionate le campate di interesse, esportare un file per la modalità di calcolo desiderata.

## I risultati: il calcolo delle fasce e la valutazione dell'esposizione

Con il file ottenuto direttamente lavorando in QGIS, come descritto precedentemente, è stato possibile lanciare il calcolo delle fasce di rispetto per l'intero territorio regionale (Figura 3).



Figura 3 - Calcolo su grigliato (a sinistra), sovrapposizione all'edificato delle fasce di rispetto (al centro) e distribuzione dell'esposizione (a destra).

L'integrazione *database - GIS - software di calcolo* riduce notevolmente sia i tempi di elaborazione da parte dell'utente che di calcolo da parte della macchina (una sola connessione al database per immagazzinare tutti i dati necessari), e si rivela un utile strumento di supporto alle pubbliche amministrazioni in ambito di pianificazione territoriale.

Al fine di valutare l'esposizione della popolazione in prossimità delle linee elettriche, è stata utilizzata la modalità "Calcolo su grigliato". Gli edifici ricadenti all'interno delle fasce calcolate nel modo visto precedentemente sono stati quotati, avvalendosi del modello digitale del terreno (DTM) regionale. In corrispondenza ai punti così ottenuti è stato calcolato il valore medio dell'esposizione della popolazione a partire dai dati storici delle correnti.

Si sono quindi sovrapposti i risultati delle simulazioni alla cartografia regionale, evidenziando i siti in cui può rendersi necessaria un'analisi più approfondita, anche di carattere sperimentale, nonché la distribuzione dei valori di induzione calcolata.

### **Generazione e visualizzazione in QGIS di shapefile che rappresentano il contenuto di CERT**

Per visualizzare in QGIS i dati di CERT è possibile un approccio, alternativo a quello precedentemente descritto, che consta di tre distinti passi:

- accesso al contenuto di CERT attraverso un *application server* dedicato;
- generazione di shape file che rappresentano gli elementi di CERT da visualizzare;
- visualizzazione dei layer in QGIS.

Nel seguito si descrivono con maggiore dettaglio i tre passaggi ed il modo con cui questi sono integrati in uno strumento facilmente utilizzabile anche ad utenti non esperti.

Il catasto CERT è stato implementato come database relazionale la cui struttura è già stata oggetto di precedenti pubblicazioni [3]. Per accedere a database attraverso la rete, come è necessario nel caso in cui i possibili utenti siano distribuiti su un'intera regione e si voglia gestire una sola versione centralizzata della base di dati, sono possibili molti tipi di approccio. Nel caso del sistema qui descritto si è scelto di utilizzare un *application server* implementato su *web server Apache* utilizzando i linguaggi HTML e php.

Nel seguito sono elencati i principali vantaggi che si ottengono grazie all'utilizzo di *application server*, che ne hanno ispirato l'adozione:

- isolamento del DBMS dalla rete Internet, ottimizzando sicurezza ed affidabilità dell'intero sistema;
- disponibilità di servizi standardizzati sia ai programmi di calcolo dei campi sia a quelli di popolamento e manutenzione del database, anche in modo da permettere una equilibrata ripartizione del carico computazionale tra client e server;
- agevolazione di un'eventuale migrazione da una soluzione DBMS ad un'altra.

La scelta della particolare tecnologia, basata su web-server, php e HTML può essere invece fatta discendere dai seguenti fattori:

- sviluppo più rapido, grazie alle caratteristiche RAD del linguaggio PHP;
- manutenzione più agevole, grazie alla possibilità di frammentare l'*application server* in una serie di script corrispondenti alle varie funzionalità elementari, che possono essere collaudate e modificate individualmente;
- buon supporto alle differenti soluzioni DBMS, grazie al *database abstraction layer* "ADOdb" messo a disposizione dal linguaggio PHP;
- semplificazione dei problemi di sicurezza, che vengono di fatto delegati al Web Server;
- semplificazione dei problemi di accessibilità, grazie all'utilizzo di una porta (80) e di un protocollo di trasporto (HTTP) normalmente disponibili anche nelle reti più "vigilate".

Tra i servizi standardizzati messi a disposizione dall'*application server* ai programmi *client* vi sono una serie di comandi che permettono di consultare l'archivio, prescindendo dalla necessità di generare complicate query, utilizzando il linguaggio SQL. In altre parole è stato definito un protocollo di comunicazione dedicato secondo il quale le applicazioni client fanno una richiesta al server che si incarica di eseguire le query sul database e restituire le informazioni richieste secondo un formato stabilito. A fronte di un singolo comando invocato dalle applicazioni client il server può eseguire anche centinaia di query; lo scambio di dati tra i client e server avviene utilizzando il protocollo HTTP.

```

+RDY 40700 307 72 407 59.00 0.00 0.00 0.00 382.00 +1 0 0.0 1000.00 2132 ←+RDY
100083 159 1676482.00 4850263.00 39.54 32.10 S -78.0 407-13 D ←+RDY
100084 185 1676123.00 4850336.00 40.00 27.00 S -42.0 407-14 D ←+RDY
100085 159 1676092.00 4850664.00 38.57 24.00 S 18.0 407-15 D ←+RDY
40700 12 100083 100084 AA 366.35 -79 3 ←+RDY
1676482.68 4850266.20 71.64 1676128.28 4850340.75 67.00 1812.00 0 F 0.032 1.000 ←+RDY
1676482.50 4850265.35 76.44 1676123.00 4850336.00 67.00 1812.00 120 F 0.032 1.000 ←+RDY
1676481.25 4850259.45 74.04 1676117.72 4850331.25 67.00 1812.00 240 F 0.032 1.000 ←+RDY
40700 13 100084 100085 AA 329.46 -5 3 ←+RDY
1676128.28 4850340.75 67.00 1676094.28 4850663.26 67.37 1812.00 0 F 0.032 1.000 ←+RDY
1676123.00 4850336.00 67.00 1676095.11 4850662.99 62.57 1812.00 120 F 0.032 1.000 ←+RDY
1676117.72 4850331.25 67.00 1676088.55 4850665.12 64.97 1812.00 240 F 0.032 1.000 ←+RDY
+OK CERT PHP-ADOdb Server [MySQL]

```

Figura 4 - Esempio di risposta ad un comando.

In Figura 4 è riportata la risposta fornita dal server a fronte della richiesta dei dati relativi a due campate di un elettrodotto rappresentato in CERT. Il comando invocato richiede che vengano specificati tre soli parametri: l’ID univoco della linea ed i progressivi iniziale e finale delle campate che delimitano il tratto di linea di interesse.

I dati contenuti nella risposta sono stati ricavati dal server attraverso una serie di *query* che ha richiesto la consultazione di almeno cinque diverse tabelle (considerando solo quelle che contengono dati fondamentali per la definizione del modello di elettrodotto). L’invocazione di un unico comando e la conseguente trasmissione dei dati richiesti in un’unica soluzione fa sì che la comunicazione risulti ottimizzata in termini di quantità di dati trasmessi e quindi di velocità.

Oltre che mediante un browser web, l’invocazione dei comandi per la consultazione dell’archivio può essere integrata in applicazioni *client*, grazie allo sviluppo di apposite librerie, disponibili al momento per i linguaggi C/C++, Python e Visual Basic.

Si è scelto di rappresentare il contenuto dell’archivio utilizzando file con formati che fossero supportati dalla maggior parte degli applicativi GIS disponibili. A tal fine si è scelto di implementare delle applicazioni in C/C++ che utilizzano le librerie *open source* OGR (<http://www.gdal.org/ogr/>), che di fatto costituiscono uno standard. Tali librerie supportano i principali formati vettoriali per dati geografici, tra i quali ad esempio *GML* (<http://www.opengis.net/gml/>) ed *ESRI Shapefile*, al quale ci riferiremo nel seguito.

L’applicazione C++ sviluppata è stata denominata CERT2SHP ed è nata con lo scopo di rappresentare in formato shape i risultati del calcolo del campo magnetico eseguito mediante PLEIA-EMF. In seguito è stata adattata in modo da generare sotto forma di file shape i vari elementi che compongono gli elettrodotti, cioè il tracciato ed i punti che rappresentano i sostegni in pianta (elementi bidimensionali), oltre alla struttura dei sostegni e le catenarie che rappresentano i conduttori (elementi tridimensionali). Nella vista tridimensionale di Figura 5 compaiono due elettrodotti, un edificio e la superficie che costituisce la cosiddetta fascia di rispetto definita dalla normativa attualmente in vigore.

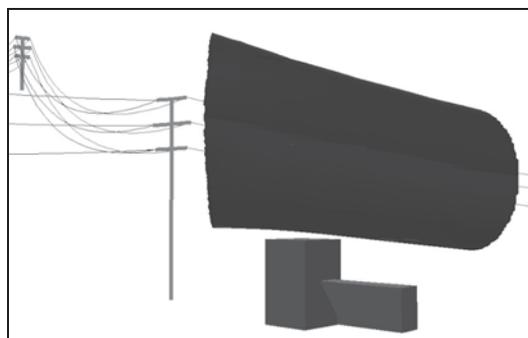


Figura 5 - Vista tridimensionale.

L’applicazione CERT2SHP nasce come programma privo di interfaccia grafica in quanto l’utilizzo originario era quello di essere invocato al termine di ciascuna sessione di calcolo di PLEIA-EMF in modo da rappresentare come shape i risultati del calcolo e le sorgenti di campo coinvolte. Risultando uno strumento utile e versatile è nata poi l’esigenza di permetterne un utilizzo immediato anche ad utenti non esperti. A tal fine è stata creato un *plugin* per QGIS, scritto in

linguaggio *Python*, che implementa un'interfaccia grafica a CERT2SHP. La possibilità di scrivere *plugin* per QGIS utilizzando *Python* è stata introdotta solo recentemente. Se da un lato il linguaggio C++, essendo il linguaggio nativo di QGIS, permette maggiori possibilità di interazione con il programma, l'utilizzo di *Python* è molto più immediato e quindi più adatto per strumenti abbastanza semplici come quello al quale ci si riferisce in questo lavoro. Il *plugin*, la cui struttura è stata ispirata da quella di uno strumento precedentemente sviluppato per ARPAT [1], permette di generare shape file che descrivono sia il contenuto di CERT sia i risultati del calcolo del campo magnetico. In Figura 6 è rappresentato il pannello principale dei comandi mediante il quale l'utente decide quali elementi vuole rappresentare come shape. Oltre a permettere la generazione di elementi selezionabili direttamente dall'utente (ad esempio il tracciato di una linea presente in archivio) il *plugin* permette di eseguire la ricerca delle linee o dei tralicci presenti in CERT che ricadono nella vista corrente di QGIS. Ciò è possibile grazie a specifici comandi implementati lato server, al quale è demandato l'onere della ricerca in archivio.

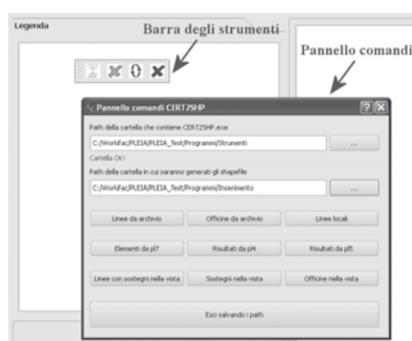


Figura 6 - Pannello comandi del *plugin*.

## Bibliografia

- [1] Dobias et al. (2008) Il binding con Python di QGIS: un'applicazione geoidrologica. IX Meeting degli utenti italiani di GRASS e GFOSS, 21-22 Febbraio 2008 Perugia.
- [2] Andreuccetti et al (2006): "Campo magnetico disperso da elettrodotti ad alta tensione: validazione di una metodologia avanzata di valutazione basata su modelli 3D di linee elettriche e territorio", Atti del terzo convegno nazionale "Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica", Biella, 7-9 giugno 2006, vol.2, pp.704-709.
- [3] Andreuccetti et al. (2003): "Il catasto delle sorgenti di campi magnetici", Atti del convegno "Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale", Torino, 29-31 ottobre 2003, pp.17-20.
- [4] Andreuccetti e Zoppetti (2003): "Campo magnetico disperso da elettrodotti ad alta tensione: una metodologia avanzata di valutazione basata su modelli 3D di linee elettriche e territorio", Atti del convegno "Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale", Torino, 29-31 ottobre 2003, pp.17-20.
- [5] Legge 22 febbraio 2001, n.36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 07/03/2001 n.55.
- [6] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 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. (GU n. 200 del 29-8-2003).
- [7] M. Comelli, C. Licciardello, "Integrazione di GIS e database nel monitoraggio dell'esposizione a campi ELF", AIRP 2007 - Convegno Nazionale di Radioprotezione - Vasto, 1-3 settembre 2007.
- [8] C. Licciardello, R. Fossi, N. Zoppetti, N. Colonna, "Monitoraggio dell'inquinamento elettromagnetico a bassa frequenza in Toscana: classificazione del territorio e stima della popolazione esposta", Atti della VIII Conferenza ASITA, Roma, 17-14 dicembre 2004, pp. 1373-1378.