

## **Sviluppo di un Sistema GIS per la definizione di scenari di danno atteso in caso di sisma e a supporto della gestione post-evento**

Maurizio Pollino (\*), Antonio Bruno Della Rocca (\*), Luigi La Porta (\*), Agnese Arolchi (\*), Sergio Lo Curzio (\*), Carmine Pascale (\*\*), Valentina James (\*\*)

(\*) ENEA - Laboratorio Analisi e Osservazione del sistema Terra (UTMEA-TER)  
Centro Ricerche Casaccia, Via Anguillarese 301 - 00123 Roma  
Tel.: 06.3048.3359 - Fax: 06.3048.3362 - maurizio.pollino@enea.it  
(\*\*) Consorzio T.R.E - Tecnologie innovative per il recupero edilizio  
Via D. Giustino 3/a - 80125 Napoli  
Tel.: 081.7256215 - Fax.: 081.7256306 - e-mail: carmine.pascale@consorziotre.it

### **Riassunto**

Nell'ambito del Progetto SIT\_MEW, il Consorzio T.R.E. e l'ENEA si occupano della progettazione e dello sviluppo di un SIT che rappresenti uno strumento di analisi previsionale per la definizione di scenari di pericolosità e di danneggiamento atteso in caso di sisma, nonché un supporto per le fasi di gestione del post-evento (area di studio: Regione Campania).

A tal fine, il SIT è stato sviluppato con una architettura basata su software *free/open source* ed articolato in tre Moduli. Il *Modulo Geodatabase* (PostgreSQL/PostGIS) gestisce in maniera integrata i dati relativi agli eventi sismici (provenienti dalla rete sismografica dell'Irpinia ISNet) e i dati geografici caratterizzanti il territorio di interesse. Il *Modulo GIS* (QuantumGIS) è utilizzato per le analisi spaziali ed il *geoprocessing*. Il *Modulo Web-GIS* (MapServer) consente la consultazione via web dei dati e delle informazioni archiviate ai fini della gestione del post-evento sismico.

Il SIT, ricevute dai sensori le informazioni sull'evento, ricava - in prima approssimazione - le mappe di distribuzione delle accelerazioni di picco al suolo e le incrocia con una serie di strati informativi ottenuti da specifiche elaborazioni geostatistiche e riguardanti l'edificato (densità, epoca di costruzione, altezza media, ecc...). Grazie a specifiche analisi spaziali integrate è possibile ottenere gli scenari di danneggiamento atteso del patrimonio edificato, in conseguenza di un determinato evento. Infine, mediante il *Modulo Web-GIS*, gli scenari vengono messi a disposizione dei soggetti chiamati a gestire il post-sisma.

### **Abstract**

*This paper describes the activities carried out by Consorzio T.R.E. and ENEA research groups within the SIT\_MEW Project. In this framework, one of the main activities has regarded the design and the development of an efficient GIS tool for vulnerability assessment and damage scenarios elaboration in case of earthquakes. To reach this goal has been implemented a specific GIS architecture, composed of the following three free/open source Modules: "Geodatabase" (PostgreSQL/PostGIS), "GIS" (QuantumGIS) and "Web-GIS (MapServer). In the "Geodatabase" Module has been stored a collection of seismic data (coming from the ISNet, Irpinia Seismic Network) and territorial information concerning the buildings. Those data are processed within the "GIS" Module by means of spatial analysis and geostatistic procedures, in order to produce, for a specific earthquake, the relative maps of expected damage. Finally, the "Web-GIS" Module allows to look up all the territorial information stored into the Geodatabase and also make available the maps of expected damage, supporting post-event activities and rescue operations.*

### Il contesto progettuale e gli obiettivi

SIT\_MEW (Sistema Integrato di Telecomunicazioni a larga banda per la gestione del territorio e delle emergenze in caso di calamità naturali comprensivo di Metodologie di Early Warning) è un Progetto di ricerca co-finanziato dal MIUR nell'ambito dei Grandi Progetti Strategici (GPS). Esso riguarda le tematiche connesse alla riduzione e gestione dei rischi e propone lo sviluppo di un sistema integrato di telecomunicazioni a larga banda per la gestione del territorio e delle emergenze in caso di calamità naturali.

L'obiettivo generale di SIT\_MEW è lo sviluppo di un sistema di *Early Warning* (EW) e di un supporto al post-evento nella Regione Campania, basato sia sulle reti di monitoraggio sismico esistenti nel territorio (ISNet, *Irpinia Seismic Network*, Figura 1) sia su una piattaforma integrata di telecomunicazioni a larga banda. Tale strategia di gestione del rischio prevede la minimizzazione delle perdite a seguito dell'evento e il supporto alle operazioni di soccorso nella fase post-sisma.

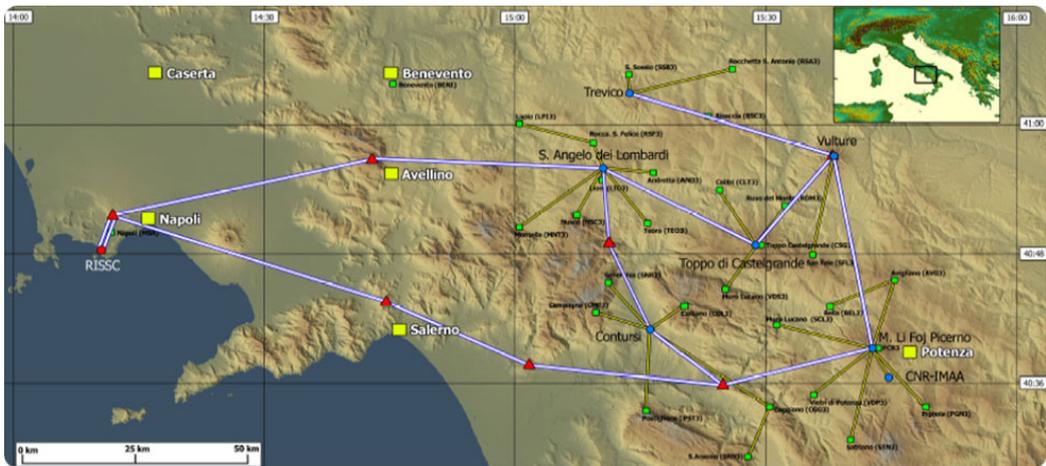


Figura 1 – Rete ISNet, Irpinia Seismic Network (<http://isnet.amrcenter.com>).

I sistemi di EW sono costituiti generalmente da stazioni di sensori fisici distribuiti nella zona di possibile origine di eventi calamitosi (area sismogenetica) che trasmettono informazioni ad una Centrale di Elaborazione (CdE). In SIT\_MEW la Centrale progettata registra e interpreta - in base a modelli calibrati sull'area in esame - le informazioni provenienti dai sistemi di monitoraggio e consente di attivare una serie di azioni automatiche di messa in sicurezza di elementi strutturali e infrastrutturali considerati strategici (ad es., l'arresto dei treni ad alta velocità, lo spegnimento di sistemi critici (gas e impianti pericolosi), l'attivazione di segnali di allarme nelle sale operatorie e l'attivazione di sistemi di protezione strutturale degli edifici). La CdE ha anche il compito di indirizzare e supportare le operazioni di soccorso nell'immediato post-evento. Il sistema proposto è quindi mirato non solo a gestire l'emergenza ma anche al monitoraggio in tempo reale della vulnerabilità delle strutture a rischio.

Tra gli Obiettivi Realizzativi del Progetto vi è l'elaborazione dei dati necessari alla gestione del territorio e delle emergenze nel caso di sisma: in questo contesto, il gruppo di lavoro Consorzio T.R.E. - ENEA sta svolgendo una serie di attività di R&S connesse alla progettazione ed allo sviluppo di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) per la gestione dei dati geografici/ambientali e per la rappresentazione di mappe di danno *quasi-real-time*, a supporto di tutte le analisi relative alla definizione degli scenari di pericolosità e degli scenari di danneggiamento atteso. In particolare, i risultati delle analisi saranno utilizzati, in fase di gestione post-evento, per la valutazione dell'accessibilità delle singole aree ed eventualmente per proporre i percorsi da utilizzare per i soccorsi.

Sulla base delle suddette specifiche, il SIT è stato strutturato per archiviare e gestire dati geografici e territoriali relativi all'area di interesse, rappresentata dalla Regione Campania, con particolare riguardo a quelli relativi al patrimonio edificato. Tali dati ed informazioni sono alla base delle analisi spaziali e delle operazioni di *geoprocessing* previste per raggiungere gli obiettivi fissati.

### Architettura e funzionalità del SIT sviluppato

Per la gestione del territorio e delle emergenze in caso di sisma, in SIT\_MEW è stata definita una piattaforma Hardware e Software di integrazione, elaborazione e presentazione all'utente dei dati - differenti per tipologia - provenienti da diverse sorgenti di monitoraggio ubicate sul territorio. Come detto in precedenza, il ruolo nodale è rappresentato dalla CdE, che ha il compito di archiviare i dati provenienti dalle diverse sorgenti e di integrarli ed elaborarli opportunamente al fine di renderli disponibili agli utenti finali attraverso una rete a larga banda, in modo da fornire le informazioni necessarie per l'attivazione di misure di sicurezza.

In questa visione complessiva, il SIT costituisce l'interfaccia geografica della CdE: le informazioni territoriali di base e le mappe elaborate vengono, pertanto, archiviate e gestite in una banca dati geospaziale appositamente strutturata e possono essere visualizzate ed interrogate mediante un *map viewer*. L'architettura logica del SIT (Figura 2), pertanto, si compone dei seguenti moduli (tra parentesi è indicato il rispettivo pacchetto software *free/open source* utilizzato):

- 1) il *Modulo Geodatabase* (PostgreSQL/PostGIS);
- 2) il *Modulo GIS* (Quantum GIS);
- 3) il *Modulo WEB-GIS* (MapServer).

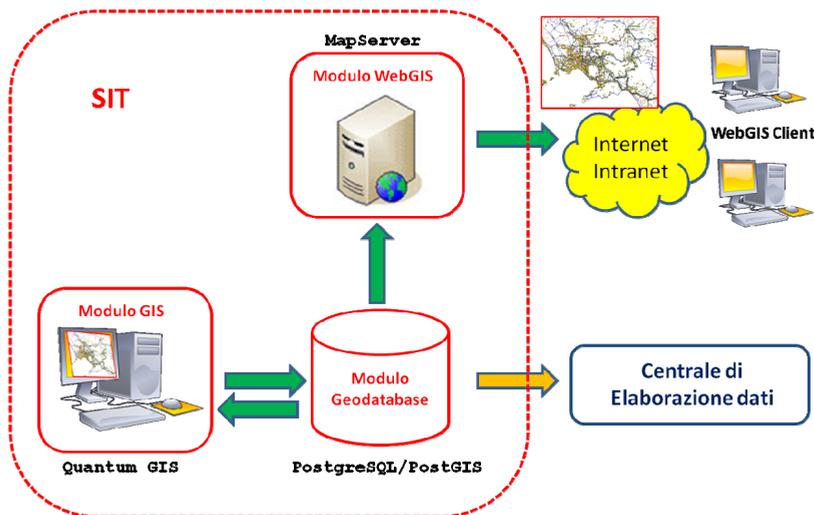


Figura 2 – Schema del SIT.

Il *Modulo Geodatabase* è stato concepito per gestire in maniera integrata i dati geo-spaziali di input al sistema, i dati alfanumerici relativi agli eventi sismici rilevati ed elaborati dalla CdE ed i dati geo-spaziali caratterizzanti il territorio d'interesse (geologia, vulnerabilità dell'edificato, infrastrutture, ecc...). Analogamente, le mappe prodotte e gli scenari di danneggiamento atteso, restituiti in output dal *Modulo GIS*, sono archiviati nel medesimo Geodatabase. Il software *free/open source* scelto per implementare il modulo è PostgreSQL/PostGIS.

Il *Modulo GIS* è dedicato all'elaborazione dei dati geografici e delle informazioni territoriali utilizzate, in diretta connessione con il *Modulo Geodatabase*. Esso gestisce le funzioni di analisi spaziale e le operazioni di *geo-processing* sui suddetti dati (da cui si ottengono – ad esempio – gli

scenari di danneggiamento atteso). Per la definizione del software *free/open source* in grado di implementare il *Modulo GIS*, è stata preliminarmente effettuata un'analisi comparativa tra i principali Desktop GIS disponibili: considerandone le rispettive caratteristiche (capacità di *geo-processing* ed interoperabilità con le tecnologie *free/open source* di GeoDB, GIS e Web-GIS), si è giunti alla scelta del pacchetto QuantumGIS, quale ambiente da utilizzare nel sistema finale.

Infine, per la fruizione via web delle informazioni geo-spaziali di SIT\_MEW e per il supporto alla gestione del post-evento sismico, il *Modulo WEB-GIS* è stato realizzato mediante l'applicativo *free/open source* Mapserver.

Le principali funzionalità del SIT, nell'ambito del sistema integrato di SIT\_MEW, possono essere sintetizzate in:

- Delineare e caratterizzare il territorio oggetto di studio ed analisi;
- Elaborare mappe tematiche per la gestione delle fasi di *near-Early Warning* e di post-evento;
- Definire scenari di danno atteso basati su definite informazioni di vulnerabilità;
- Diffondere le mappe elaborate.

### Struttura dei dati ed analisi spaziali

Ai fini della strutturazione dei dati nel SIT, è stato definito nel Geodatabase un livello informativo per tutta la Regione Campania (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), articolato in più schemi logici (omogenei per tipologia di dato geografico). Nel dettaglio, sono stati strutturati i seguenti dati (Sistema UTM-WGS84):

- Strati prioritari *DBPrior10K* (Limiti Amministrativi Provinciali e Comunali, Strade, Ferrovie, Idrografia, ecc...);
- Tematismi territoriali (idrologia, geomorfologia, ecc.).
- Cartografia Regionale (scala 1:25.000);
- Dati ISTAT (sezioni censuarie, ecc...);
- Modello digitale del terreno (DTM) a risoluzione 20 m;
- Geolocalizzazione dei sensori della rete sismica ISNet, *Irpinia Seismic Network*;
- Distribuzioni di PGA (*Peak Ground Acceleration*) attese in funzione di selezionati valori di magnitudo.

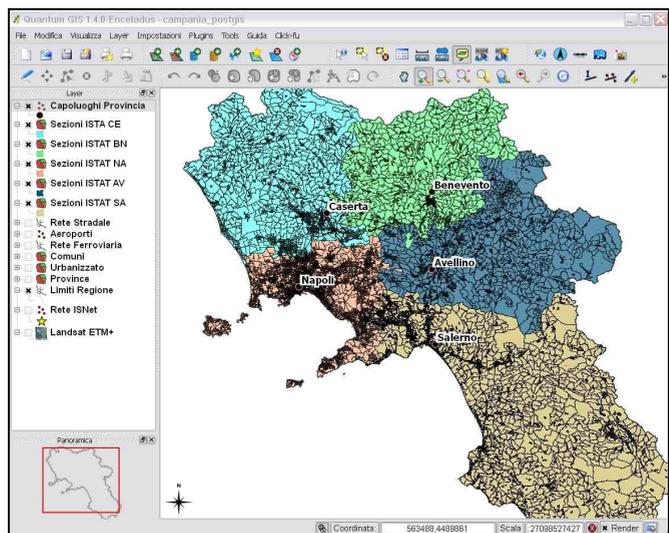


Figura 3 – Visualizzazione in QuantumGIS degli strati informativi di base per il Livello 1 (Regione Campania).

Tali strati informativi di carattere

generale, nel loro insieme, sono alla base delle elaborazioni spaziali realizzate nel *Modulo GIS*. Essi, unitamente alle mappe elaborate sono archiviati e gestiti nell'ambito del *Modulo Geodatabase* del SIT. Le analisi spaziali progettate sono finalizzate alla:

- a) definizione delle mappe di scuotimento;
- b) valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici;
- c) valutazione dello scenario di danneggiamento atteso.

Le mappe di scuotimento forniscono nell'area considerata una misura del moto del suolo atteso in occasione dell'evento di riferimento considerato. Dopo aver preliminarmente inserito nel Geodatabase le informazioni e la localizzazione geografica dei sensori delle rete ISNet, il SIT è stato strutturato in modo da ricevere i dati relativi ad eventi sismici (epicentro e magnitudo), in modo da poter provvedere alla rappresentazione di mappe di propagazione della PGA. In tal modo, è possibile avere una valutazione di massima ed in prima approssimazione della distribuzione delle accelerazioni al suolo dopo il verificarsi di un evento di data magnitudo e dato epicentro.

Dal momento che le modellizzazioni sviluppate nel SIT fanno riferimento ai possibili effetti del sisma sulle costruzioni e sulle persone, gli scenari di danneggiamento atteso sono espressi in termini di Intensità Macrosismica  $I_{MCS}$ . I valori di PGA e di  $I_{MCS}$  sono ottenuti prendendo in considerazione la legge di attenuazione di Sabetta-Pugliese (1996).

La valutazione della vulnerabilità sismica del costruito è finalizzata a fornire un quadro della propensione degli edifici a subire danni a seguito dell'evento sismico considerato ed è legata alle caratteristiche costruttive dell'edificato stesso. Tale rappresentazione può essere ricavata elaborando i tematismi di base mettendoli opportunamente in correlazione con i dati ISTAT (Censimento 2001). A tal fine, i dati ancillari legati alla componente grafica delle Sezioni Censuarie (sia in formato vettoriale sia tabellare), sono elaborati mediante funzioni di analisi spaziale di tipo "density" per ottenere nuovi *layer* vettoriali contenenti (in maniera aggregata) informazioni sulla densità di edificato (numero di edifici per sezione) e su epoca di costruzione, numero di piani, ecc.... A valle delle suddette valutazioni, si può quindi passare alla valutazione dell'indice di vulnerabilità  $I_v$ . Essa articola nei seguenti passi:

- dai dati ISTAT si ricava la quantità di costruito per sezione censimento;
- la quantità del costruito è suddivisa in classi attraverso semplici parametri: epoca di costruzione (7 classi), tipologia (2 classi), numero dei piani (4 classi).

Seguendo l'approccio proposto da Giovinazzi e Lagomarsino (2001) ed utilizzando i dati ISTAT del 2001, sono state identificate due distinte categorie di edifici: muratura e cemento armato (c.a.). Gli altri indicatori presenti nei dati ISTAT (numero di piani ed epoca di costruzione) sono stati utilizzati, invece, per correggere l'indice di vulnerabilità  $I_v$  di ciascuna categoria, attraverso i cosiddetti modificatori di comportamento. Il punteggio indicato comporta un incremento o una riduzione dell'indice della categoria, conteggiato in misura proporzionale alla quantità di edifici contraddistinti da quel modificatore.

Dal momento che i dati ISTAT sono aggregati per sezione censuaria, non è possibile utilizzare direttamente i valori di  $I_v$  così come descritti nelle summenzionate Tabelle, per cui si è preferito considerarli in termini percentuali, ottenendo una suddivisione in classi di vulnerabilità in dipendenza dal numero di edifici, dall'epoca di costruzione e – in maniera complementare – dalla popolazione residente.

Nonostante alcune evidenti approssimazioni, la valutazione preliminare di vulnerabilità dedotta dai dati ISTAT secondo tale approccio, presenta il vantaggio di una applicazione estensiva e speditiva utile in un caso come questo in cui si è preso in esame l'intero territorio regionale.

### **Conclusioni e sviluppi previsti**

Lo scenario di danneggiamento sarà ottenuto mediante l'*overlay* spaziale che metterà in relazione tra loro – sulla base di un modello opportuno di calcolo – le mappe di scuotimento, la densità/vulnerabilità dell'edificato (derivata dai dati ISTAT), la popolazione residente, ecc...

I risultati dell'elaborazione saranno forniti :

- in forma tabellare: ogni riga contiene tutti i valori associati ad ogni sezione di censimento tramite le coordinate geografiche;
- in forma grafica: utilizzando il *Modulo WebGIS*, sarà possibile consultare le informazioni prodotte, come i valori di PGA e  $I_{MCS}$ , le mappe di scuotimento e la rappresentazione spaziale degli scenari di danno (Figura 4).

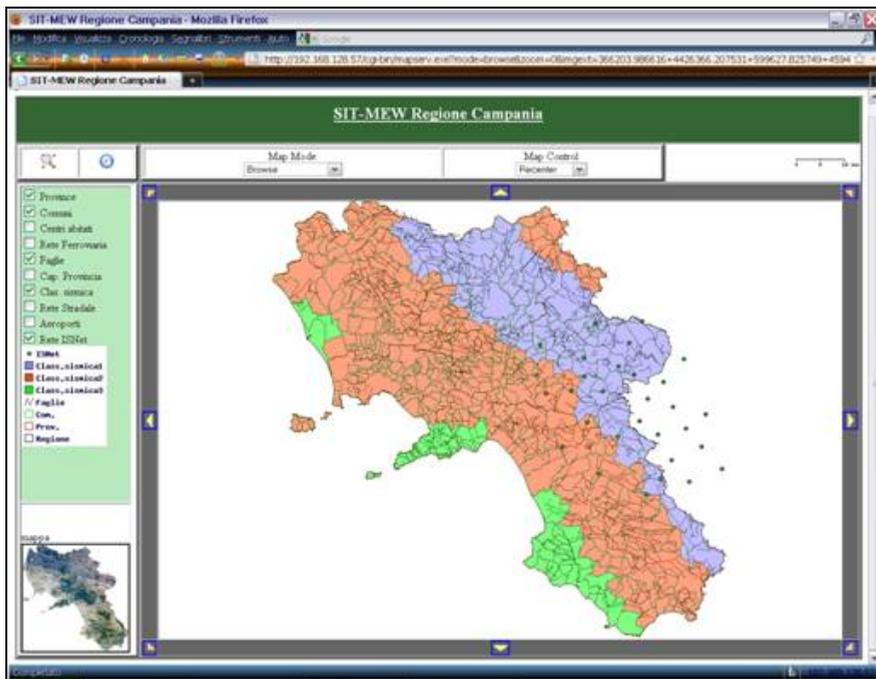


Figura 4 – Modulo WebGIS. Schermata di visualizzazione e consultazione).

Nello scenario di danno saranno assunti specifici indicatori: ad esempio, il numero di edifici (o di abitanti) coinvolti rappresenta un indicatore dell'entità delle operazioni da pianificare nella prima emergenza, nonché una misura delle difficoltà che si possono incontrare in tale fase.

Infine, sulla base dello scenario prodotto, sarà possibile ottenere uno strato informativo contenente i cosiddetti “poligoni di allerta” da fornire ai gestori di telefonia mobile: questi ultimi, incrociando tale *layer* con la perimetrazione delle proprie celle, potranno inviare SMS di allerta o di informazione agli utenti localizzati nelle zone del territorio più colpite.

### Bibliografia e riferimenti

Decanini L., Gavarini C. e Mollaioli F. (1995), “Proposta di definizione delle relazioni tra intensità macrosismica e parametri del moto del suolo”, 7° *Convegno Nazionale “L'ingegneria sismica in Italia”*, Siena, vol. 1, 63-72.

Sabetta, F., Pugliese, A. (1996), “Estimation of response spectra and simulation of non-stationary earthquake ground motion”, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, 337-352.

Giovinazzi, S., Lagomarsino, S. (2001), “Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità sismica del costruito”, *Atti X Congresso nazionale “L'ingegneria sismica in Italia”*, Potenza – Matera

Meroni, F., Petriani, V., Zonno, G. (1999), “Valutazione della vulnerabilità di edifici su aree estese tramite dati ISTAT”, *Atti 9° Convegno Nazionale ANIDIS: L'ingegneria Sismica in Italia*, Torino

Istat (2001): 14° Censimento generale della popolazione e delle abitazioni, <http://www.istat.it>

Napolitano M., Venturato E. (2005), “PostGIS: il database geografico Open Source”, *MondoGIS 49 Developments*, *International Journal of Geographical Information Science*, 23: 10, 1345-1370

Postgres web site: <http://www.postgresql.org/>

PostGIS web site: <http://postgis.refrains.net/>

QuantumGIS web site: <http://www.qgis.org>

Map Server web site: <http://mapserver.org/>