Gis e cartografia digitale: progetto sperimentale per l'informatizzazione di carte geologiche alla scala 1:2.000 per le aree della Garfagnana e Lunigiana

Elena Calosi*, Lucia Luzi**

Sommario

La Regione Toscana, nell'ambito delle attività del 'Programma Valutazione degli Effetti Locali' (VEL), intrapreso per valutare la risposta sismica locale, ha promosso il progetto sperimentale per l'informatizzazione della cartografia geologica in scala 1:2000 in alcune aree e centri storici della Garfagnana e Lunigiana, oltre al programma di censimento della vulnerabilità degli edifici. Per il Programma VEL sono state realizzate carte geologiche, geomorfologiche, litologico-tecniche e delle zone a maggiore pericolosità sismica locale, in scala 1:2.000, ed effettuate indagini geofisiche, geognostiche, geotecniche statiche e dinamiche finalizzate alla caratterizzazione delle unità geologiche presenti. I dati ottenuti sono stati raccolti ed organizzati in una banca dati geografica (Geographic Information System, GIS) e sono stati sottoposti a processi di uniformazione, poiché provenienti da diverse fonti e con formati differenti.

Sono state inoltre sperimentate alcune tecniche per la ricostruzione tridimensionale delle strutture geologiche, mediante l'immissione di dati provenienti da: sondaggi stratigrafici, sezioni geologiche e sismiche e dati topografici. Nel presente lavoro vengono illustrati i criteri e le procedure adottate per l'informatizzazione dei dati del sito scelto come riferimento, l'area del centro storico di Castelnuovo di Garfagnana.

Parole chiave: Banca dati, microzonazione sismica, Sistema Informativo Territoriale, Castelnuovo di Garfagnana.

1. Introduzione

Gli effetti rilevati in seguito a terremoti distruttivi del passato hanno dimostrato che particolari condizioni geologiche e geomorfologiche possono influenzare la risposta di un sito alle sollecitazioni sismiche, come ad esempio la presenza di depositi alluvionali o di falde di detrito, anche per spessori di poche decine di metri, o la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti, in cui possono prodursi deformazioni permanenti.

Scopo del programma VEL (Valutazione degli Effetti Locali) è quello di individuare aree a comportamento omogeneo sotto il profilo della risposta sismica, in due aree della Regione Toscana: la Garfagnana e la Lunigiana.

Per questo scopo sono state esaminate in dettaglio le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche di alcuni siti ritenuti potenzialmente pericolosi dal punto di vista dell'amplificazione locale, dove sono state effettuate delle indagini mirate a caratterizzare la geometria e le proprietà geotecniche dei terreni.

Ciò ha comportato il necessario coinvolgimento di diverse discipline quali la geologia, la geotecnica e la geofisica, i cui dati dovevano essere uniformati per un'analisi integrata.

Per questo scopo è stata creata una banca dati, che ha permesso di gestire e di integrare in modo oggettivo e dinamico un cospicuo numero di informazioni provenienti da diverse discipline. Inoltre ha consentito di modificare e di aggiornare i dati in corso di progetto e di utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione dei dati sulla base di specifiche richieste dell'utente o l'analisi con diversi modelli numerici.

Le informazioni sono state archiviate in un Sistema Informativo Territoriale (SIT, ingl. GIS), che è uno strumento che permette di: a) gestire un insieme cospicuo di dati, di diverso tipo e provenienza, in modo efficiente e dinamico; b) immagazzinare i dati riferiti ad un sistema di coordinate per riprodurre un modello del mondo reale; c) aggiornare, organizzare ed interrogare il sistema in modo efficiente per molteplici applicazioni; d) fornire ai comuni banche dati che possano essere di-

* Dipartimento delle Politiche Territoriali e Ambientali, U.O.C. Rischio Sismico, Regione Toscana.
** Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Milano.

rettamente utilizzate per la pianificazione urbanistica.

In particolare, sono stati utilizzati i seguenti softwares: ArcViewâ® per l'inserimento dei dati, ArcInfoâ® per il completamento (creazione della topologia) e il controllo della banca dati (correzione errori), e Microlynxâ® per la costruzione di un modello tridimensionale del sottosuolo.

2. Modello logico e fisico della banca dati

2.1 Dati disponibili e loro caricamento

Scopo principale dell'organizzazione dei dati raccolti per il progetto VEL è quello di poter ricostruire le geometrie e le proprietà dei terreni sepolti e, allo stesso tempo, poter effettuare delle interrogazioni per molteplici applicazioni, dalla rappresentazione cartografica all'analisi con modelli numerici.

Per il completamento del progetto sono stati resi disponibili i seguenti dati:

1. curve di livello e punti quotati caratterizzanti la topografia;
2. limiti geologici di superficie e rilievi geomorfologici;
3. sondaggi geognostici e geofisici;
4. sezioni di sismica a rifrazione;
5. risultati di prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno per il progetto o derivanti da indagini precedenti.

Il primo problema derivante dall'integrazione dei dati provenienti da fonti differenti e da indagini eseguite per scopi diversi, è rappresentato dall'uniformazione in un unico sistema di coordinate e di misura. Il sistema di coordinate scelto per la rappresentazione cartografica e per le successive elaborazioni è il Gauss Boaga, zona 1, in cui ricade l'area di studio, mentre le unità di misura delle prove eseguite sui campioni di terreno e delle sezioni sismiche sono state uniformate in accordo al vigente Sistema Internazionale.

I dati topografici provengono dalla banca dati della Regione Toscana, costituita dalle Carte Tecniche Regionali (CTR), alla scala 1:5.000, e dalle mappe catastali, alla scala 1:2.000, di cui sono state digitalizzate curve di livello e punti quotati.

I limiti geologici, geomorfologici e litotecnici derivano invece da rilievi di campagna e aereofotogrammetrici, effettuati da liberi professionisti incaricati. In questo caso è stato necessario provvedere ad una legenda univoca per la codifica delle unità geologiche e litotecniche, nonché delle forme e dei processi geomorfologici.

I sondaggi geognostici, effettuati per le indagini di microzonazione o derivanti da lavori precedenti, sono stati reinterpretati, per assegnare ad ogni livello stratigrafico la formazione geologica di appartenenza. Infine l'interpretazione e la revisione delle sezioni di sismica a rifrazione ha consentito la codifica delle unità stratigrafiche in esse contenute, nonché una corretta attribuzione delle coordinate geografiche.

L'insieme dei dati disponibili per il territorio di Castelnuovo di Garfagnana è rappresentato in Fig. 1.

2.2 Struttura della banca dati

La banca dati è stata strutturata secondo il modello proposto dal Servizio Geologico Nazionale per il progetto di Cartografia Geologica e Geomorfologica alla scala 1:50.000, denominato CARG [Servizio Geologico Nazionale, 1994; 1997].

Tuttavia, alcune delle codifiche e parte della struttura fisica sono state modificate per adeguarle alle legende delle *Istruzioni Tecniche Regionali* edite per il progetto di microzonazione [AA. VV., 1998]. Per la carta litologico-tecnica, non prevista dal progetto CARG, sono state definite ex novo le codifiche e la struttura. La Fig. 2 illustra un esempio di come

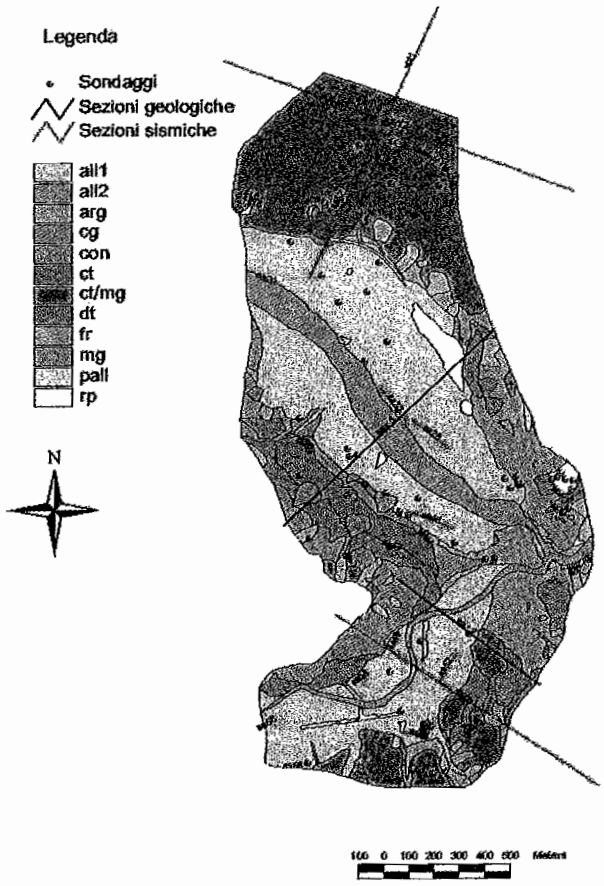

Fig. 1 – Carta geologica con ubicazione dei sondaggi e delle sezioni sismiche nel territorio di Castelnuovo Garfagnana.

Fig. 1 – Geologic map with borehole and seismic profiles location, in the territory of Castelnuovo di Garfagnana.

Elementi puntuali

NOME CAMPO	LUNGHEZZA	TIPO	NOTE
TIPO	5	I	3100 = giacitura generica 3110 = stratificazione orizzontale 3120 = stratificazione verticale 3130 = stratificazione rovesciata 3210 = giacitura della scistosità di piano assiale 3220 = giacitura della scistosità di piano assiale orizzontale 3230 = giacitura della scistosità di piano assiale verticale 3330 = giacitura di asse di piega minore e di lineazione di intersezione 3420 = giacitura di asse di piega minore e di lineazione di intersezione orizzontale 3500 = giacitura di lineazione di estensione 3510 = giacitura di lineazione di estensione orizzontale
IMMERSIONE	3	I	0-360
INCLINAZIONE	2	I	0-90
DIREZIONE	3	I	se e solo se INCLINAZIONE = 90°

Elementi lineari

NOME CAMPO	LUNGHEZZA	TIPO	NOTE
TIPO	5	I	999 = limite zona rilevata 1000 = contatto stratigrafico 1500 = limite corona di frana 2100 = faglia 2110 = faglia diretta 2120 = faglia inversa 2200 = sovrascorrimento 2600 = faglia incerta o sepolta 2610 = faglia diretta incerta o sepolta 2620 = faglia inversa incerta o sepolta 2700 = sovrascorrimento incerto o sepolto 3000 = traccia di superficie assiale di piega principale
CONTORNO	1	I	1 = SI (contorno di poligono) 0 = NO
AFFIORANTE	1	I	1 = SI (limite di affioramento) 0 = NO

Elementi areali

Gli elementi areali della geologia dovranno essere estratti dagli elementi lineari (saranno estratti gli archi con CONTORNO = 1)

NOME CAMPO	LUNGHEZZA	TIPO	NOTE
NOME	5	C	*Depositi quaternari* rp = Depositi di colmata e terreni di riporto p = Depositi palustri all, all1, all2 =Depositi alluvionali recenti e attuali frc = Corpi di frana continui o stagionali fri =Corpi di frana intermittenti sa, sn =Corpi di frana stabilizzati: tr = Terre rosse dt = Depositi detritici ct = Depositi alluvionali terrazzati recenti (= at pro parte) pall = Depositi Alluvionali di paleovalli mo = Depositi morenici ct_mg = Depositi alluvionali terrazzati antichi Depositi lacustri e fluviali dei bacini di Barga-Castelnuovo, Aulla-Olivola, Pontremoli cg = ghiaie e conglomerati poligenici in matrice sabbiosa c_mg = lenti di ciottoli di arenaria Macigno arg = argille e sabbie grigie, argille sabbiose e sabbie argillose *Unità Liguri interne* *Unità del Monte Gottero* ag = Arenarie del M. Gottero agg = lenti di peliti con intercalazioni di calcari grigi e grigio verdi svl = Scisti della Val Lavagna ap2 = Argille a Palombini *Unità di Ottone S. Stefano* fh = Flysch ad Elmintoidi di Ottone - S. Stefano (= "Flysch ad Elmintoidi") bo = intercalazioni di brecce ofiolitiche g = (γ) olistoliti di graniti di = intercalzioni di Diaspri cc = intercalazioni di Calcari a Calpionelle apa = (ap) intercalzioni di Argille a Palombini cb = Brecce di S. Maria (= "Complesso di base" pro parte) bc = intercalazioni di brecce a prevalenti elementi calcarei e brecce poligeniche in matrice argillitica

Fig. 2 – Struttura del data base per gli elementi puntuali, lineari e poligonali : a) *Nome del campo* – nome che è attribuito al campo che descrive l'elemento geometrico; b) *Lunghezza* – numero massimo di caratteri o cifre di cui è composto il campo; c) *Tipo* – tipologia dei dati contenuti nel campo es. C = carattere, I = intero; d) *Note* – codici da assegnare a ciascun elemento geometrico .

Fig. 2 – Data base structure for point, line and polygon elements: a) Nome del campo – *name which is attributed to the fields that describe the geometric element; b)* Lunghezza – *maximum number of characters or digits of which the field is composed; c)* Tipo – *type of datum contained in the field ex. C = string, I = integer; d)* Note – *codes to be assigned to each geometric element.*

i dati geologici sono stati codificati per l'archiviazione.

La struttura fisica generale prevede l'organizzazione delle entità in strati informativi. Le entità geologiche, geomorfologiche e litotecniche vengono ricondotte a tre tipi geometrici fondamentali: punti, linee e poligoni.

Uno strato informativo è costituito da una sola tipologia geometrica (punti, linee, o poligoni) connessi ad elementi descrittivi (tabelle).

Le relazioni spaziali tra gli elementi geometrici di ogni strato informativo vengono mantenute attraverso specifiche operazioni topologiche eseguite con il software ArcInfoâ®.

Un esempio di strato informativo, la carta geologica del centro urbano di Castelnuovo Garfagnana, è rappresentato in Fig. 3, mentre la struttura della banca dati e la disposizione degli strati informativi che costituiscono la cartografia geologica, geomorfologica e litologico- tecnica vengono descritti dallo schema di Fig. 4.

2.3 Struttura dei dati per l'analisi volumetrica

Il tradizionale approccio GIS, utilizzato per l'archiviazione dei dati cartografici, limita la possibilità di eseguire analisi volumetriche, in quanto il mondo reale viene schematizzato con oggetti 2D o 2.5D, che limitano punti, linee, poligoni su di un piano o su una serie di piani paralleli. Per questo motivo, i rapporti geometrici delle unità sepolte nel territorio di Castelnuovo Garfagnana sono stati ricostruiti adottando una tecnologia comunemente utilizzata per le prospezioni petrolifere, adattata agli scopi della microzonazione sismica.

In generale, il processo di caratterizzazione del sottosuolo implica un'analisi integrata dei dati provenienti da diverse fonti, quali: la geologia di super-

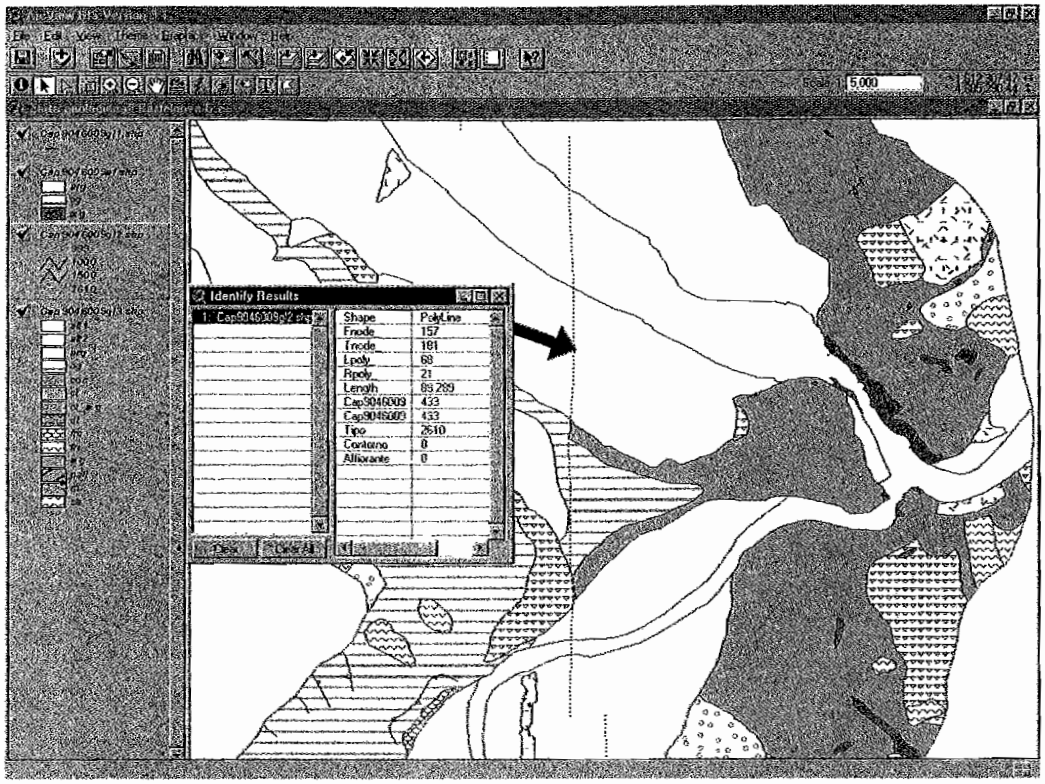

Fig. 3 – Esempio di struttura della banca dati geologica.
Fig. 3 – Example of the structure of the geologic data base.

ficie, i rilievi topografici, le prospezioni sismiche, i sondaggi stratigrafici e sismici e i risultati delle prove di laboratorio eseguite su campioni di terreno.

In ordine di complessità crescente sono stati archiviati ed elaborati: a) dati di sondaggi; b) dati di superfici e sezioni trasversali; c) dati di cartografie tematiche e d) dati volumetrici. I primi tre rappresentano i dati di base, mentre l'ultimo rappresenta l'elaborato finale.

I sondaggi sono schematizzati come linee in tre dimensioni e la loro geometria è definita da: una terna di coordinate cartesiane X,Y e Z, che identificano il punto in superficie; un valore di profondità; e un angolo di inclinazione. I parametri geometrici e gli attributi sono organizzati in un DBMS in tre tabelle standard correlate tramite campi chiave. La prima contiene informazioni generali quali il codice univoco del sondaggio e le sue coordinate X, Y e Z. Può contenere inoltre qualsiasi informazione relativa al sondaggio, come la data, la ditta incaricata, il comune di appartenenza o altro. La seconda tabella contiene le informazioni relative ad indagini puntuali eseguite lungo il foro, quali, ad esempio, prove SPT, la quota della prova e una serie di parametri che caratterizzano la prova stessa. Infine la terza tabella è strutturata per descrivere i dati relativi ad un intervallo di profondità, quali stratigrafie e intervalli di campionamento. I campi chiave sono il codice identificativo del foro e due campi, denominati *from* e *to*, che indicano il tetto e la base dell'unità campionata. Campi di tipo attributo descrivono le caratteristiche di ciascun intervallo.

Le relazioni esistenti tra le tabelle all'interno del DBMS sono esemplificate in Fig. 5.

Le sezioni trasversali, geologiche o geofisiche, sono descritte da un insieme discreto di punti X, Y, Z ubicati lungo uno stesso piano (Fig. 6), mentre le superfici continue, quali la superficie topografica, sono rappresentate mediante una rete triangolare irregolare, denominata TIN.

I dati di cartografie tematiche, quali ad esempio i limiti geologici, che derivano da un GIS 2D, devono essere trasformati in oggetti tridimensionali, in modo da poter essere intersecati da qualsiasi piano scelto dall'utente, per la ricostruzione di sezioni trasversali, o per definire i limiti dell'interpolazione di base e tetto delle formazioni geologiche.

I dati volumetrici richiedono una più complessa definizione e derivano dall'integrazione dei dati di base (sondaggi, sezioni e superfici). I modelli più comunemente usati per la rappresentazione dei volumi sono la struttura TIN e la struttura reticolare, come illustrato in Figg. 7a-7b.

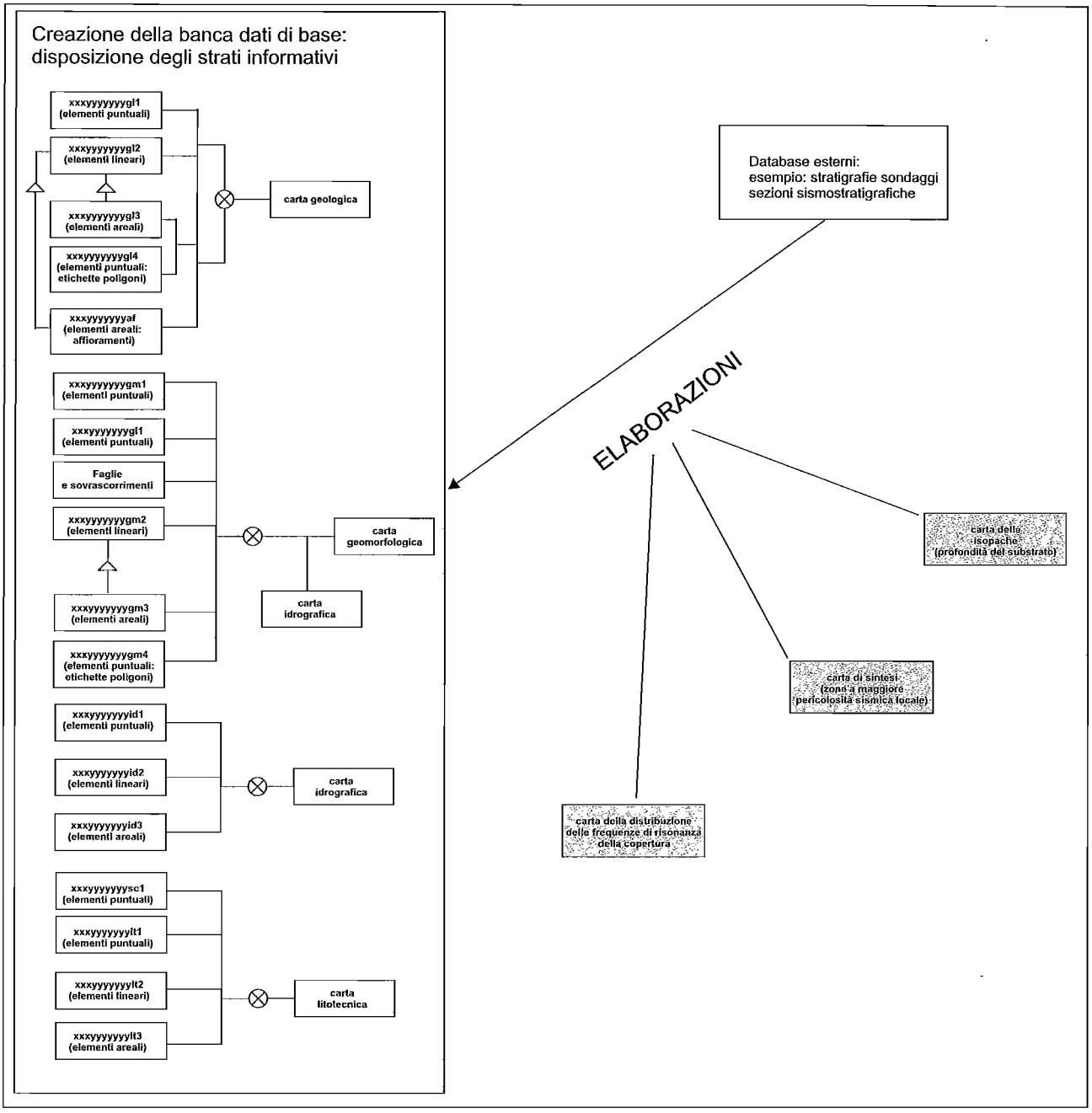

Fig. 4 – Schema della struttura della banca dati per le carte geologica, geomorfologica, idrografica, litologico-tecnica (⊗ indica la sovrapposizione strati informativi, △ l'estrazione di uno strato informativo).

Fig. 4 – Scheme of the structure of the data base of the geologic, geomorphologic, hydrographic and engineering geology data (⊗ indicates the overlay of information layers, △ indicates the extraction of an information layer).

3. Applicazione

L'abitato di Castelnuovo Garfagnana è ubicato in corrispondenza dei depositi alluvionali del Fiume Serchio, che sono stratigraficamente sovrapposti ai depositi lacustri, dislocati a diverse quote a causa della tettonica quaternaria.

Per comprendere le relazioni spaziali esistenti tra le unità stratigrafiche e ottenere uno schema geologico di superficie è stato eseguito un rilievo geologico di dettaglio, alla scala 1:2.000. Questa informazione è stata successivamente integrata da una serie di sondaggi geognostici, con prelievo di campioni indisturbati, da sezioni di sismica a rifrazione e da prove downhole e SASW.

La ricostruzione tridimensionale del sottosuolo ha comportato differenti gradi di complessità per le diverse unità geologiche. I sedimenti più superficiali, i depositi alluvionali, denominati *all1*, sono stati facilmente definibili, in quanto intera-

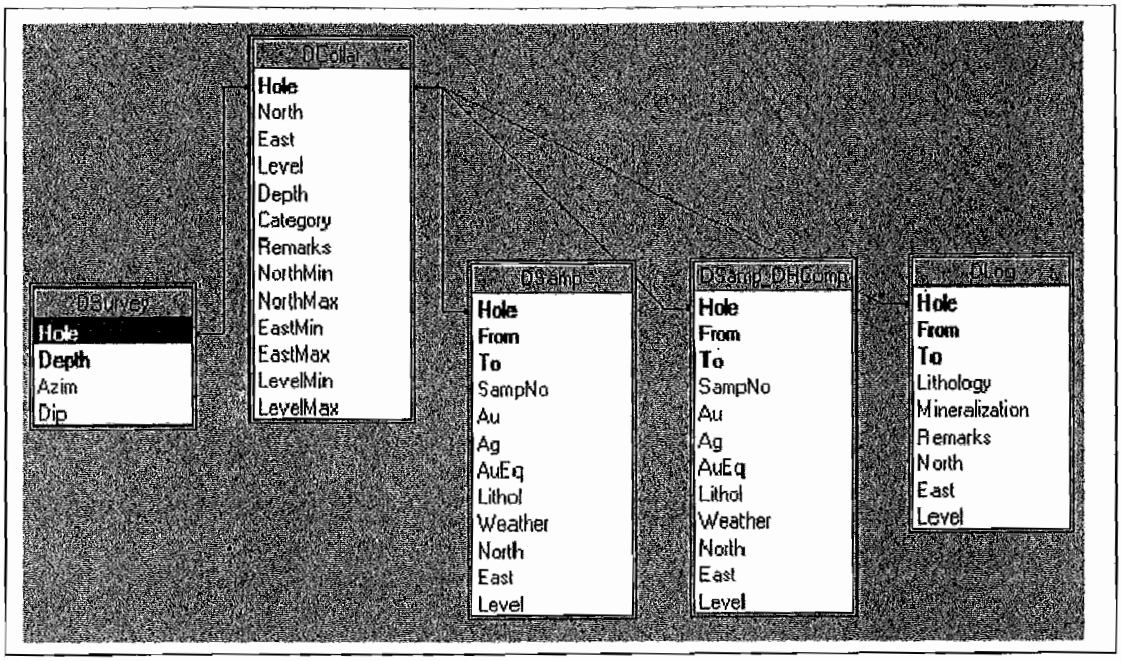

Fig. 5 – Esempio di struttura delle principali tabelle per la caratterizzazione dei dati di sondaggio.
Fig. 5 – Example of the structure of the main tables for the storage of borehole data.

mente affioranti come un'unità continua. I depositi ciottolosi dell'arenaria Macigno (*ct* e *ct/mg*), che, come i depositi alluvionali, sono interamente cartografabili, hanno richiesto una più complessa determinazione, poiché dislocati a diverse altezze. In profondità, i depositi fluvio-lacustri Villafranchiani, quali le ghiaie e i conglomerati (*cg*), e le argille e sabbie (*arg*), parzialmente sepolti dai depositi più recenti (*all1*, *ct*, *ct/mg*) e dislocati da faglie quaternarie, sono stati delineati grazie alle stratigrafie dei sondaggi e alle prospezioni geofisiche. Infine, il substrato, rappresentato dall'arenaria Macigno (*Mg*), affiorante in modo esteso sulla sponda sinistra del fiume Serchio, e parzialmente sepolto dai depositi precedentemente descritti, è stato ricostruito sia con l'ausilio dei dati cartografici che delle stratigrafie.

La prima fase della ricostruzione volumetrica è consistita nell'interpolazione dei dati topografici, curve di livello e punti quotati, per costruire una superficie continua con struttura TIN. Il modello proposto in Fig. 8 è stato utilizzato come superficie di riferimento, sulla quale sono state ubicate le restanti informazioni.

La seconda fase ha previsto la trasformazione degli strati informativi bidimensionali, come la mappa geologica, digitalizzati su di un generico piano orizzontale, in strati 3D. Le sezioni trasversali, come le sezioni geologiche interpretative e le sezioni geofisiche, sono state digitalizzate all'interno del piano di giacitura, identificato dal punto di origine e dall'orientazione, e archiviate sotto

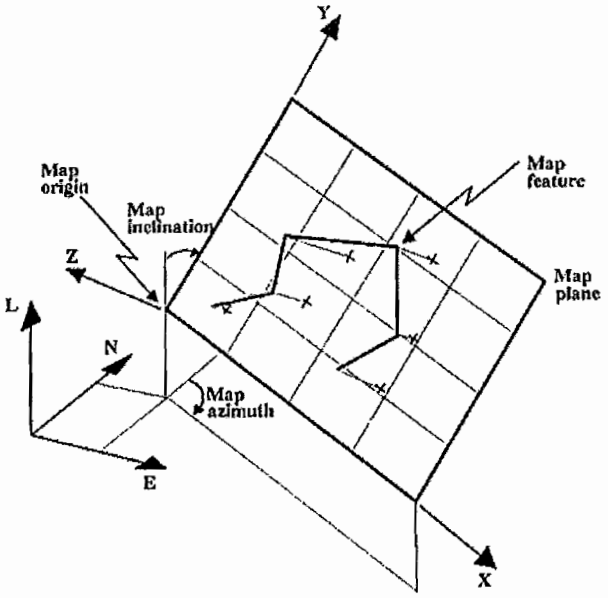

Fig. 6 – Caratterizzazione geometrica di un piano nello spazio tridimensionale.
Fig. 6 – Geometric definition of a plane in the three-dimensional space.

forma di tabelle in un DBMS. Un esempio di sezione geofisica digitale è mostrato in Fig. 9.

Dopo aver immagazzinato i dati nel corretto formato si è proceduto all'analisi volumetrica.

Per primo è stato ricostruito il volume formato dai depositi alluvionali, che affiorano estesamente su tutta l'area. A causa della loro morfologia articolata, le superfici della base e del tetto della formazione sono state ricostruite separatamente e poi uni-

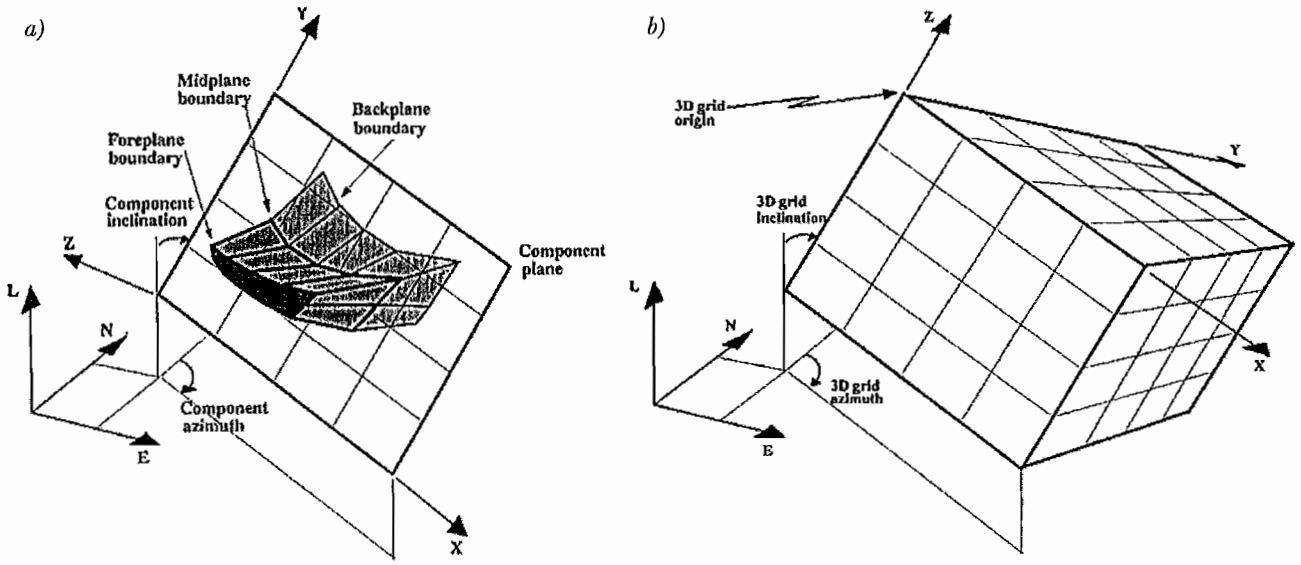

Fig. 7 – Esempio di (a) struttura TIN e (b) struttura reticolare.
Fig. 7 – Example of a) TIN structure and b) reticular structure.

ficate per contenere un unico volume. Allo stesso modo sono stati definiti i volumi dei depositi terrazzati formati dai ciottoli di arenaria macigno e dislocati a varie altezze.

In seguito è stata definita la superficie della faglia sepolta che porta a contatto l'arenaria Macigno con i depositi lacustri sabbioso argillosi, lungo la valle del fiume Serchio. Tale faglia è stata principalmente ricostruita sulla base dei dati delle sezioni sismiche e, nelle zone prive di indagini geognostiche, dedotta dalle osservazioni geologiche di superficie.

Come ultimo, i depositi lacustri sabbioso argillosi (*arg*), o ciottolosi (*cg*) e il substrato formato dall'arenaria macigno (*Mg*) sono stati modellati unificando una serie di sezioni longitudinali tracciate con l'ausilio dei sondaggi, delle sezioni sismiche e delle sezioni geologiche interpretative (Fig. 10). Il modello finale è rappresentato in Fig. 11.

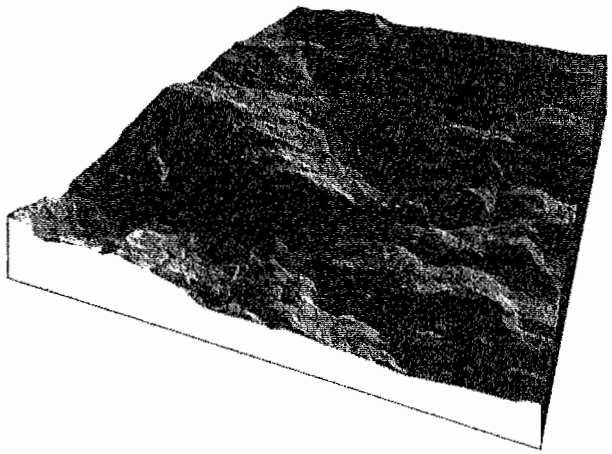

Fig. 8 – Raffigurazione del Modello Digitale del Terreno ottenuto con l'algoritmo TIN.
Fig. 8 – Block model showing the Digital Terrain Model obtained by applying the TIN algorithm.

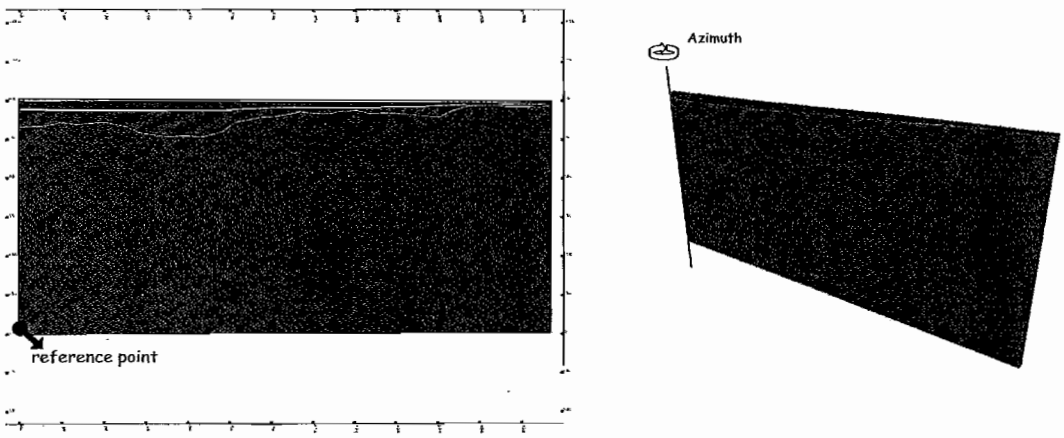

Fig. 9 – Esempio di sezioni planari digitalizzate (a) visione frontale; (b) visione prospettica.
Fig. 9 – Example of planar cross section: a) bi-dimensional view; b) perspective view.

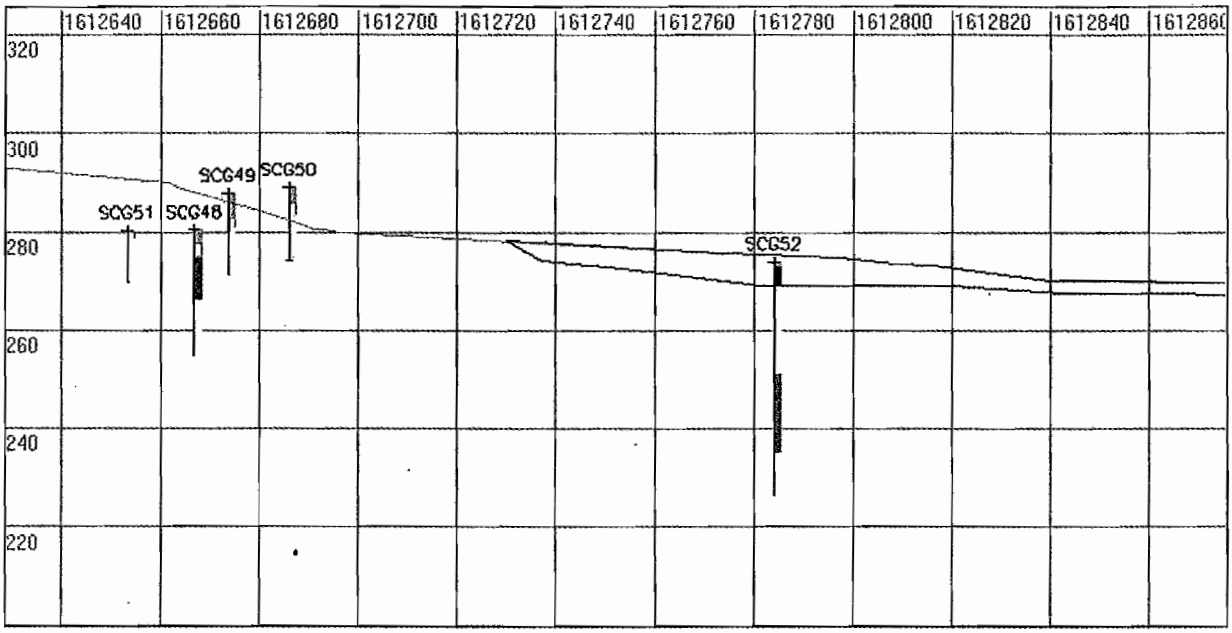

Fig. 10 – Esempio di sezioni trasversali digitalizzate con l'aiuto delle informazioni dei sondaggi stratigrafici (la non corrispondenza tra bocca del foro e la topografia indica che i sondaggi sono proiettati lungo la sezione e possono essere distanti da essa fino a 50 m).

Fig. 10 – Example of cross section digitised with the aid of the information from boreholes (the non perfect alignment of the top of the borehole with the topography indicates that it has been projected on the section and may be distant as far as 50 m from the section itself).

4. Conclusioni

La Regione Toscana, nell'ambito delle attività del 'Programma Valutazione degli Effetti Locali' (VEL), intrapreso per valutare la risposta sismica locale, ha promosso il progetto sperimentale per l'informatizzazione della cartografia geologica in scala 1:2000 in alcune aree e centri storici della Garfagnana e Lunigiana.

A questo proposito è stata creata una banca dati per l'archiviazione dei dati geologici, geomorfologici, geofisici e geotecnici di alcuni siti ritenuti potenzialmente pericolosi dal punto di vista dell'amplificazione locale.

Un sistema informativo territoriale ha permesso di gestire e di integrare in modo oggettivo e dinamico il cospicuo numero di informazioni provenienti da diverse discipline, di modificare e di ag-

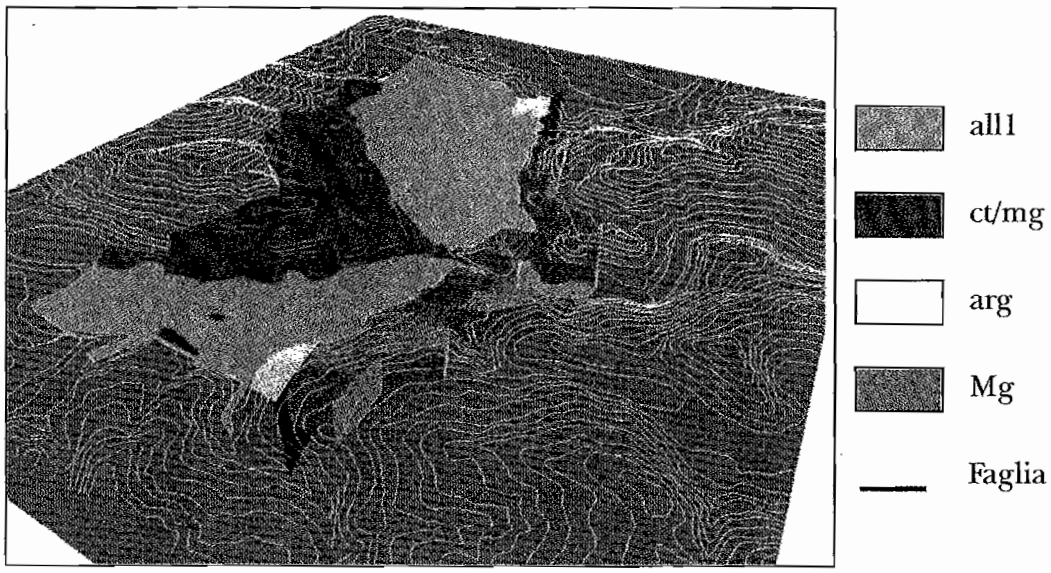

Fig. 11 – Modello tridimensionale della geologia di Castelnuovo di Garfagnana (le curve di livello sono rappresentate in grigio chiaro).

Fig. 11 – Three-dimensional model of the geologic pattern of Castelnuovo di Garfagnana (contour lines are displayed in light grey).

giornare i dati in corso di progetto e di utilizzarli per scopi diversi, quali la semplice rappresentazione cartografica, l'estrazione sulla base di specifiche richieste dell'utente o l'analisi con diversi modelli numerici. La ricostruzione tridimensionale del sottosuolo ha infine consentito la creazione di un modello geotecnico utilizzabile per l'applicazione di modelli numerici che valutano della risposta sismica al sito.

Il metodo di archiviazione dei dati, sperimentato in Garfagnana e in Lunigiana, ha facilitato lo svolgimento del programma VEL, ha agevolato lo scambio di dati tra i partners del progetto e ha permesso un loro utilizzo più efficiente. Inoltre, a conclusione del progetto, gli enti locali saranno beneficiari dell'archivio, che potrà essere utilizzato per scopi di pianificazione territoriale.

L'esperienza maturata nelle due aree campione verrà applicata in futuro in altre aree della Regione Toscana.

Bibliografia

A.A.VV. (1998) – *Istruzioni tecniche per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici*. Regione Toscana.

SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1994) – *Quaderno n. 4 serie III*.

SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1997) – *Quaderno n. 7 serie III*.

Gis and digital cartography: experimental project for geologic map computerisation at 1:2,000 scale for the Garfagnana and Lunigiana territories

Summary

Few years ago, the Tuscany Region started a project named 'Evaluation of the Local Effects' (VEL) for the estimation of the local seismic response to an earthquake. One of the aims of the project was the construction of a georeferenced data base to store the data of the field surveys, geotechnical investigations and laboratory tests performed on soil samples.

In addition, techniques for the three-dimensional reconstruction of geologic structures have been experimented to integrate the data coming from boreholes, geologic and geophysical cross sections and topographic data.

The data made available for the project were:

1. *topographic contour lines;*
2. *geologic and geomorphologic field surveys;*
3. *stratigraphic boreholes and downhole tests;*
4. *seismic refraction tests;*
5. *results of geotechnical laboratory tests on soil samples.*

The tool used for the information storage was a Geographic Information System (GIS), that allows: a) dynamic data management of a relevant amount of information of different type and origin; b) data storage referring to the same coordinate system to make an abstraction of the real world; c) data update and organization to query the system for several applications; d) data release to local administrations that can be used for urban planning.

The data base was structured according to the recommendations proposed by the Geological Survey of Italy for digitising the national geologic and geomorphologic maps at 1:50,000 scale, named CARG [Servizio Geologico Nazionale, 1994; 1997].

The data base was arranged as a set of information layers and the geologic, geomorphologic and geotechnical features were represented by three simple geometric entities: points, lines or polygons, encoded according to the CARG recommendations. The spatial relationships among entities was defined by topologic operations. Figs. 2-4 exemplify the data structure adopted for spatial entities.

Part of the data stored in the GIS were extracted and encoded in a three dimensional format, in order to apply techniques commonly used in the petroleum geology for subsurface reconstruction. The buried geologic pattern of Castelnuovo di Garfagnana was reconstructed and encoded in a TIN structure in order to extract meaningful cross sections or stratigraphic columns to be analysed by computer codes that simulate the wave propagation through stratified media.

The paper describes with finer detail the data that have been used, the storage procedures and the three dimensional subsurface reconstruction for the test site of Castelnuovo di Garfagnana.

Key words: Data base, seismic microzoning, Geographic Information Systems, Castelnuovo di Garfagnana.