



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

**SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA**

Organo Cartografico dello Stato (legge n°68 del 2. 2. 1960)

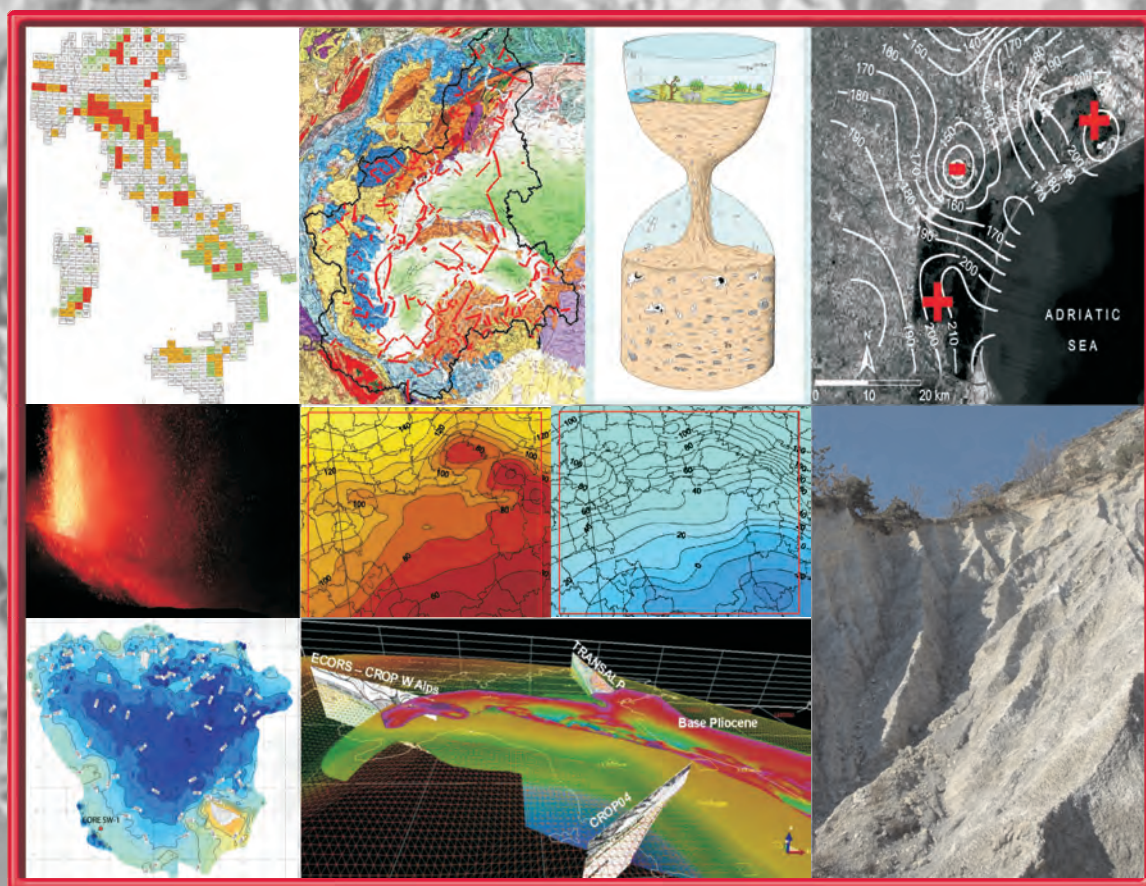
# MEMORIE

## DESCRITTIVE DELLA

# CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

VOLUME LXXXVIII

**I 20 anni del progetto di cartografia  
geologica nazionale**  
*Twenty years of the  
Geological Cartography Project*



*In copertina* : immagini relative al volume

*Realizzazione iconografica:* Maria Luisa VATOVEC



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

**SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA**

Organo Cartografico dello Stato (legge n° 68 del 2. 2. 1960)

# MEMORIE

## DESCRITTIVE DELLA

# CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

VOLUME LXXXVIII

---

**I 20 anni del progetto di  
cartografia geologica nazionale**

*Twenty years of the Geological Cartography Project*

*di*

AGATE M., ALBANESE C., AMANTI M., ANGELETTI L., ARGNANI A., ASIOLI A., AVELLONE G.,  
BARCHI M.R., BASILONE L., BATTAGLINI L., BERNOULLI D., BERTI C., BERTI D., BLUMETTI A.,  
BOERIO V., BOSCHERINI A., BRANCA S., BRANCOLINI G., CAMMAROSANO A., CAMPANI E.,  
CAMPO V., CAPOTORTI F., CARBOGNIN L., CATALANO R., CATTANEO A., CAVUOTO G., CESI C.,  
CHIARINI E., CHIESSI V., CIPOLLONI C., CITA M.B., COCCIONI R., CONGI M.P., CORREGGIARI A.,  
DALLAGIOVANNA G., D'AMBROGI C., D'ANGELO S., DELOGU D., DI BUCCI D., DI STEFANO R.,  
D'OREFICE M., EULILLI V., FIORASO G., FIORENTINO A., FOGLINI F., FORLATI F., GAGGERO L.,  
GASPARO MORTICELLI M., GASPERINI L., GUARINO P.M., GUERRIERI L., LA POSTA E., LENA G.,  
LETTIERI M., MAINO M., MALLÉN L., MARINO M., MARTELLI L., MICCADEI E., MINISINI D.,  
MORELLI M., MORETTI M., MOTTI A., MURARO C., NARDI G., NICOLÒ G., PANTALONI M.,  
PAPASODARO F., PERINI P., PIACENTINI T., PIANA F., PICCIN A., PICHEZZI R.M., PIERI P., PIVA A.,  
POLATTINI S., REMIA A., RIDENTE D., RIZZETTO F., ROSSI M., ROVERE M., SABATO L., SENO S.,  
SERAFINI R., SERRA M., SPALLUTO L., SULLI A., TACCHIA D., TAVIANI M., TEATINI P., TOGNALA B.,  
TOSI L., TRINCARDI F., TROPEANO M., VALENSISE G., VALENTE A., VALENTI V., VATOVEC M.L.,  
VENTURA R., VENTURINI C., VERDICCHIO G.

*Editors*

Chiara D'AMBROGI, Marco PANTALONI, Rita Maria PICHEZZI

*Direttore responsabile:* Leonello SERVA

---

**REDAZIONE a cura del Servizio Cartografico, coordinamento base dati e tavoli europei**

*Dirigente:* Norman ACCARDI

*Capo Settore:* Domenico TACCHIA

*Coordinamento Editoriale, allestimento digitale:* Maria Luisa VATOVEC

---

*Stampa:* **A.T.I.** - SYSTEMCART srl - L.A.C. srl - S.EL.CA. srl - 2010



## Presentazione

---

*Il Servizio Geologico d'Italia di ISPRA ha tra le sue prioritarie attività istituzionali quelle connesse alla realizzazione della cartografia geologica e geotematica. In tale contesto ha raccolto i risultati dell'esperienza scientifica maturata dalla comunità geologica italiana e si è fatto promotore di iniziative mirate a diffondere la conoscenza raggiunta su importanti temi della geologia italiana.*

*Nel compimento dei due decenni del progetto di cartografia geologica nazionale alla scala 1:50.000, e in coincidenza dell'Anno Internazionale del Pianeta Terra, il Servizio Geologico d'Italia, le Regioni e le Province Autonome hanno organizzato un convegno dal titolo "I 20 anni del progetto di cartografia geologica nazionale" con l'obiettivo di presentarne le applicazioni e le ricadute dirette su grandi temi strategici per la nostra società, nonché i maggiori risultati scientifici ottenuti fino ad oggi.*

*Questo volume raccoglie molti dei contributi presentati durante il convegno, con l'intento di diffondere le molteplici esperienze e l'elevato contenuto scientifico raggiunti e maturati nell'ambito del progetto.*

*Desidero infine ringraziare coloro i quali hanno portato il loro contributo alla realizzazione del convegno e di questo volume.*

Leonello SERVA

Patrocinato da:



*Presidenza del Consiglio dei Ministri*



*Ministero dell'Ambiente  
e della Tutela del Territorio e del Mare*

## CONVEGNO

### I 20 anni del progetto di cartografia geologica nazionale

Roma, 14 - 15 ottobre 2008

#### Comitato scientifico

*Comitato di coordinamento geologico tra lo Stato, le Regioni e  
le Province Autonome*

Marcello Principi

*Comitato Geologico*

Carlo Doglioni

*ISPRA - Servizio Geologico d'Italia*

Marco Pantaloni

Chiara D'Ambrogio

Rita Maria Pichezzi

Domenico Tacchia

#### Comitato organizzatore

*ISPRA - Servizio Geologico d'Italia*

Maria Lettieri

Roberta Carta

Raffaele Apuzzo

Cristina Muraro

Gabriella Pesci

*ISPRA - Servizio Comunicazioni*

Sabrina Farris

# Introduzione

Fabrizio GALLUZZO (\*)

*Per un paese ad alta densità abitativa, fortemente industrializzato e con un notevole sviluppo delle infrastrutture, è inevitabile un forte impatto antropico sull'ambiente e il territorio. Nel caso dell'Italia, poi, lo sviluppo economico a partire dal dopo-guerra ha avuto luogo, soprattutto nei primi decenni, nella pressoché totale mancanza di pianificazione territoriale, senza tenere conto delle caratteristiche morfologiche, geologiche e meteo-climatiche che rendono il paese, da questo punto di vista, già di per sé "fragile". Tutto questo fa sì che il normale succedersi di eventi naturali, periodicamente anche di forte intensità, si trasformi in disastri per l'impatto che essi hanno con le attività antropiche le quali, a loro volta, non infrequentemente accentuano o sono la causa scatenante dei fenomeni stessi.*

*Le frequenti calamità provocate da fenomeni naturali, oltre alla perdita di vite umane, comportano per il nostro paese danni ingenti e la necessità di utilizzare notevoli risorse finanziarie per la ricostruzione e il ripristino delle condizioni iniziali, le quali potrebbero più utilmente essere investite, in fase preventiva, per la conoscenza del territorio, base fondamentale per lo sviluppo compatibile, fine ultimo di ogni società civile e sviluppata.*

*In questo senso la previsione, intesa come attività di conoscenza del territorio e dei fenomeni naturali che su esso agiscono e come determinazione delle possibilità/probabilità di accadimento e di valutazione del danno eventuale, è l'elemento imprescindibile per ogni azione volta ad evitare, per quanto possibile, o comunque a mitigare gli effetti dannosi derivanti dai fenomeni naturali; è cioè l'attività fondamentale per una corretta valutazione del rischio. Fondamentali sono anche le attività volte alla diffusione delle conoscenze acquisite alle amministrazioni locali e alle popolazioni interessate.*

*Dal punto di vista geologico, la fase conoscitiva deve prevedere, per prima cosa, studi di rilevamento a scale di dettaglio per la raccolta delle informazioni che, analizzate, elaborate ed opportunamente organizzate nelle banche dati, andranno a costituire il patrimonio di conoscenze indispensabili per qualsiasi azione sul territorio, sia in fase di pianificazione che di salvaguardia. In questo senso, la cartografia geologica è lo strumento nel quale possono essere condensate e rappresentate in forma sintetica e facilmente fruibili le informazioni di base per la conoscenza geologica di una determinata area.*

*Il Progetto di cartografia geologica (Progetto CARG) assume per questo un'importanza strategica per il paese, dovendo fornire carte a varie scale – dal 10.000 al 50.000 – e una banca dati nazionale alla scala 1:25.000. L'impostazione data al Progetto vede la realizzazione di prodotti ad alto contenuto scientifico ma con un'attenzione agli elementi con un risvolto più strettamente applicativi, ad esempio nell'approfondita differenziazione litologica o nell'importanza che viene data alla rappresentazione delle frane, delle coltri eluvio-colluviali e, più in generale, delle successioni quaternarie. Significative in questo senso sono anche le scelte operate nell'ambito della geologia marina e l'impegno, anche finanziario, dato al rilevamento delle aree di pianura e delle maggiori aree urbane, sulle quali ricade gran parte della popolazione.*

*La mole di dati derivanti dal Progetto CARG costituiscono un patrimonio conoscitivo che dovrebbe essere utilizzato non solo dalla comunità scientifica ma anche e soprattutto dai tecnici, amministratori e politici delle autorità nazionali e locali per le loro attività di programmazione e pianificazione dell'uso del territorio e per la tutela e difesa dello stesso (es. per la predisposizione di piani di bacino, di piani di previsione e prevenzione dei rischi naturali, di piani territoriali paesistici regionali, ecc.), nonché per la progettazione di grandi opere.*

*I campi di applicazione dei dati forniti dal Progetto CARG sono innumerevoli, come sanno tutti coloro che operano nel campo delle Scienze della Terra. Le informazioni geologiche di base sono fondamentali per la caratterizzazione, tra l'altro:*

*del rischio idrogeologico, anche alla luce dei cambiamenti climatici che aumentano l'intensità e la frequenza dei fenomeni correlati;*  
*dell'erosione costiera, che interessa buona parte dei litorali italiani;*  
*del rischio sismico, in particolare per gli studi di microzonazione sismica;*  
*del rischio vulcanico, in particolare nelle aree a più alta densità abitativa;*  
*del pericolo di inquinamento delle falde idriche, dei corsi d'acqua, dei laghi e dei mari, causato dagli scarichi industriali e urbani;*  
*delle risorse naturali, prima fra tutte quella idrica, ai fini del loro corretto sfruttamento;*  
*di siti idonei ad ospitare centrali nucleari e per lo stoccaggio delle scorie radioattive;*  
*di siti idonei ad ospitare discariche.*

*Inoltre, per la progettazione di grandi e piccole opere, infrastrutture e interventi mirati alla difesa del suolo e delle coste, le conoscenze geologiche di base consentono un risparmio dei tempi, e quindi dei costi, da impiegare per la definizione delle condizioni locali e a contorno.*

*Un altro elemento da sottolineare è il forte impulso che il Progetto CARG ha dato e continua a dare alla ricerca scientifica nel campo delle Scienze della Terra, anche grazie al continuo confronto e agli scambi di informazioni tra gli operatori, e il contributo all'occupazione di giovani prevalentemente laureati in campo geologico e informatico, con la possibilità di aumentarne l'esperienza e la professionalità.*

*Infine, non si può non evidenziare come il Progetto CARG abbia svolto, in diversi casi, la funzione di volano per progetti di cartografia a scala locale, regionale e provinciale, portati avanti seguendo le stesse normative nazionali, a garanzia di una maggiore omogeneizzazione nella raccolta e rappresentazione dei dati.*

*A venti anni dall'inizio del Progetto CARG è stato fatto tanto e bene, anche se, indubbiamente, si poteva fare di più e, soprattutto, più velocemente. Sicuramente però, sarebbe un vero delitto non dare continuità al Progetto e alla macchina organizzativa messa in movimento in questi anni a livello nazionale e locale. Il paese ha assoluto bisogno di una cartografia geologica e di banche dati, aggiornate e moderne, a copertura dell'intero territorio nazionale.*

(\*) Servizio Geologico d'Italia/Servizio Geologico d'Italia - Responsabile del Progetto CARG

# Le innovazioni introdotte dal progetto CARG nell'allestimento e stampa dei fogli geologici

## *The innovations in setting and printing of geological maps introduced by the CARG project*

TACCHIA D. (\*), VATOVEC M.L. (\*)

**RIASSUNTO** - All'inizio del progetto CARG nel 1988 le tecnologie dei processi produttivi tipografici erano ancora di tipo "manuale". La tecnica di stampa ha subito negli ultimi decenni una grande svolta, sicuramente supportata dai sistemi informatici e dai macchinari sempre più all'avanguardia.

Le innovazioni apportate dalla gestione numerica del dato geologico ha portato ad una maggiore precisione di informazione, sia cartacea che informatizzata. L'innovazione più significativa nel processo di stampa del foglio geologico è rappresentata dall'introduzione del sistema "Computer To Plate (CTP)" che prevede l'eliminazione delle pellicole fotolitografiche per le matrici di stampa apportando una maggiore precisione e una riduzione dei costi.

**PAROLE CHIAVE:** CARG, CTP

**ABSTRACT** - At the beginning of the CARG project, in 1988, the printing process technologies were still based on manual procedures. In the last decades, the printing techniques has undergone a great development thanks to the use of computer system and technologically advanced printing apparatus.

The innovations introduced by the digital management of geological data has led to a great accuracy in the information representation, both on personal computers than on paper maps. The most significant innovation in the geological map printing process is the introduction of the "Computer To Plate (CTP)" procedure, which provides for the elimination of film or photolithographic printing plates, producing a greater accuracy and lower costs.

**KEY WORD:** CARG, CTP

### 1. - INTRODUZIONE

Nel Progetto CARG si accompagnano, ai numerosi aggiornamenti scientifici nel campo delle Scienze della Terra, importanti novità relative alla archiviazione e stampa dei fogli geologici della Cartografia nazionale; una, la fornitura del dato di campagna anche in formato numerico oltreché cartaceo, è stata già prevista nelle prime convenzioni del 1988, anticipando di fatto i contenuti del SIU (Sistema Informativo Unico) della legge 183/89 sulla Difesa del Suolo; l'altra, la stampa con ausilio di sistemi digitali, è intervenuta successivamente solo a seguito di sostanziali aggiornamenti dei processi produttivi tipografici.

La centenaria esperienza del Servizio Geologico d'Italia nella restituzione ed archiviazione del dato geo-

(\*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia / Servizio Cartografico, coordinamento base dati e tavoli europei



logico ufficiale, compiuta con la collana editoriale alla scala 1:100.000 definitivamente pubblicata, per l'intero territorio nazionale, sul finire degli anni '70, ha favorito solo in parte l'approccio all'utilizzo delle nuove tecnologie. La definizione dei criteri per l'uno e l'altro aspetto hanno comportato un significativo processo di analisi e confronto sia all'interno degli organismi creati dal Servizio a supporto del Progetto CARG, fra tutti il Comitato Geologico composto dai rappresentanti del mondo accademico, degli enti regionali e di taluni enti di ricerca, sia tra professionalità diverse tra le quali, oltre il geologo ed il cartografo, ovviamente l'esperto informatico.

L'*iter* come si immagina è stato piuttosto complesso e solo nel 1996/97 sono state pubblicate le prime normative per l'allestimento alla stampa del foglio geologico (Quaderno Serie III n. 2 anno 1996) (fig. 1) e quelle per la fornitura numerica del dato di campagna (Quaderno Serie III n. 6 anno 1997).

I due processi sono qui trattati contestualmente perché parte degli *iter* sono comuni all'uno ed all'altro. In particolare quello relativo all'acquisizione numerica ed all'*editing* del cosiddetto "originale di redazione" onde garantire l'equivalenza, salvo processi semplificativi in funzione della scala, tra dato cartaceo pubblicato e quello memorizzato in Banca Dati. È opportuno ricordare che il contenuto di queste informazioni sono la sintesi di quelle acquisite dall'autore con il rilevamento di campagna, l'analisi di foto aeree, la documentazione storica, l'analisi dei campioni ecc.

## 2. - IL PROCESSO DI STAMPA DEL FOGLIO GEOLOGICO PRECEDENTE AL PROGETTO CARG

Un piccolo passo indietro è necessario. La cartografia ufficiale pubblicata dal Servizio Geologico, prima del progetto CARG, veniva realizzata con processo manuale per quasi tutti i passaggi essenziali, dall'acquisizione dell'originale d'autore (fig. 2) fino alla realizzazione delle pellicole per la stampa.

Il cartografo, ricevuto il citato originale (coordinamento su 25.000 IGM del rilevamento di campagna) provvedeva all'acquisizione manuale di tutti gli elementi geologici con pennino a china su trasparente indeformabile, avendo cura di riportare taluni dati caratteristici della base topografica presenti nelle due scale, richiedendo quindi una riduzione fotomeccanica su pellicola delle varie "tavole" acquisite. Nella seconda fase procedeva alla mosaicatura delle varie parti utilizzando come registro di riferimento per la base topografica il cosiddetto "calcopallido" (*astralon* trasparente con stampa a rovescio delle tre matrici, opportunamente registrate, della base topografica in colori tenui). Tutti gli elementi geologici venivano pertanto trasferiti sul citato supporto con un nuovo disegno, o meglio, inciso con inchiostro oleoso con penna a pennini, ricostruendo le informazioni sulla base topografica alla scala 1:50.000 stampata, come detto, a rovescio.

Con questa procedura si acquisiva la certezza in sede di stampa del perfetto registro tra detta base e gli elementi della geologia oltre garantire la continuità degli elementi lineari presenti in due originali contigui. Il cartografo procedeva quindi ad una copia del "calcopallido" ed alla verifica della continuità e della chiusura degli elementi poligonali attraverso la numerazione e campitura, in colori contrastanti, delle aree presenti nel foglio. A questa operazione faceva seguito la redazione dell'impianto colori con le esatte indicazioni dei cromatismi da utilizzare con riferimento allo "Schema generale per l'impianto dei colori della carta geologica" pubblicato nel 1968. Il processo si trasferiva quindi in tipografia con la redazione delle cosiddette "progressive colore",



Fig. 1 - Quaderno Serie III n. 2 pubblicato nel 1996, dove sono riportate le prime normative per l'allestimento alla stampa dei fogli geologici.  
- The guidelines book, published in 1996, with the setting and printing rules for geological maps.



si realizzavano cioè tante pellicole, con retinature percentuali per ottenere le previste “sfumature” dei timbri cromatici, in numero, prestabilito dall'impianto colori, corrispondente ai passaggi in macchina *offset* previsti. Dette pellicole venivano costruite, o meglio registrate, sulla base di quella “limiti” redatta acquisendo le tracce lineari presenti sul “calcopallido”. L'*iter* proseguiva poi con una serie di prove al torchio utilizzate per la correzione degli errori introdotti, verificati sia dall'autore che dal cartografo, fino ad arrivare alle pellicole definitive per la stampa.

La complessità del processo è evidente già nella descrizione dell'*iter* tracciato. Tuttavia alcuni degli “step” allora previsti restano passaggi essenziali anche per la nuova metodologia. Il sistema comunque non permetteva di avere un'attendibile risultato cartografico se non al momento delle prove di torchio e dunque pressoché alla fine dell'intero *iter*. È in questa fase infatti che inizia un complesso momento di correzioni e confronto della bontà di rappresentazione in funzione delle informazioni fornite dall'autore. C'è da dire però che le pellicole predisposte per la prova di torchio venivano solo corrette in combinazione delle informazioni contenute. Ad esempio la correzione del tracciato geografico di un limite comportava, oltre la ricostruzione

del nuovo tracciato – “raschiando” il vecchio - sulla corrispondente pellicola “limiti”, anche l'ampliamento del retino percentuale della corrispondente pellicola in cui è presente l'area geologica ampliata con lo spostamento del limite (stessa correzione anche per l'eventuale “ribattitura”) e la contestuale eliminazione del debordamento cromatico del poligono da ridimensionare.

Una fase dunque estremamente complessa anche in termini di operazioni tipografiche che non prevedeva però il rifacimento completo delle pellicole (oggi invece necessario almeno per i quattro *layer* quadricromia).

### 3. - LE MODIFICHE INTERVENUTE NEL PROCESSO DI STAMPA DEL FOGLIO GEOLOGICO DEL PROGETTO CARG

Come accennato nella premessa la nuova metodologia di stampa del Progetto CARG nasce con l'introduzione di una serie di possibilità offerte dalla gestione numerica del dato geologico combinata all'evoluzione delle tecnologie proprie della stampa. Ricordiamo che nelle prime Convenzioni ed Accordi di Programma CARG si faceva esplicito riferimento al sistema di stampa descritto nel precedente paragrafo con la consegna, da parte dei Contraenti CARG, dell'originale d'autore e del “calcopallido”, riservando al Servizio i successivi *iter*: la costruzione dello schema impianto colori e la produzione delle pellicole progressive necessarie alla stampa. Il primo foglio



Fig. 2 - Originale d'autore, stralcio di una tavoletta rilevata alla scala 1:25.000 da Alfredo Jacobacci, ex direttore del Servizio Geologico d'Italia.  
- Original field map, at 1:25,000 scale, drawn by Alfredo Jacobacci, former director of the Geological Survey of Italy.



CARG sperimentale, n. 197 “Bobbio” (fig. 3), veniva però stampato solo nel 1996 utilizzando già, almeno in parte, la tecnologia derivata dall’uso di sistemi numerici.

A questa soluzione si è giunti dapprima attraverso una serie di sperimentazioni condotte inizialmente con l’Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, all’epoca unico incaricato per la stampa dei fogli geologici, con la consegna del dato numerico del foglio n. 376 “Subiaco” nel 1989 e quella del foglio n. 313 “Camerino” nel 1992, quindi con il supporto dell’Università di Siena incaricata dalla Regione Emilia Romagna della redazione di taluni fogli loro assegnati. È una fase questa –1996– del tutto sperimentale in cui sono pubblicate le norme per la rappresentazione cartografica (Quaderno n. 2 serie III dello stesso anno) mentre non sono ancora note quelle relative alla Banca Dati Geologica (con stampa dalla Banca Dati – Quaderno n. 6 serie III del 1997).

Dal 1988 intanto il Servizio ha dovuto prendere atto di alcuni fatti che hanno direttamente influenzato la procedura per la stampa.

Primo tra tutti l’intervenuta impossibilità di fornitura del “calcopallido”, previsto nelle convenzioni CARG, causa la dichiarata insalubrità del processo di produzione dello stesso. Viene pertanto a mancare una delle fasi essenziali del precedente sistema di allestimento e stampa del foglio con l’oggettiva difficoltà di registrazione del dato geologico sulla base topografica.

Si sostituisce a questa procedura l’acquisizione dei tre elementi della base topografica (planimetria, altimetria ed orografia) e dell’originale d’autore in formato *raster* con registrazione degli stessi, in un primo tempo, con l’*overlay* dei diversi livelli attuato con programmi di grafica CAD avanzata, successivamente attraverso il processo di georeferenziazione reso disponibile dai sistemi GIS (ci si riferisce ovviamente alla metodologia di allestimento alla stampa e non alla costruzione del dato numerico in una Banca Dati geologica). Segue la specializzazione del sistema di quadricromia CMYK, all’inizio riservato solo a documenti grafici preesistenti da derivare nelle quattro componenti di base, con la costruzione “virtuale” di campiture cromatiche direttamente da sistemi numerici (attraverso l’ausilio di *hardware* e *software* specialistici) con restituzione su pellicola nelle citate quattro componenti, fino alla sostituzione, proprio di quest’ultima, con incisione diretta su matrice metallica sensibilizzata con *plotter laser* ad altissima risoluzione assistito da *server* dedicati (sistema *Computer To Plate*).

Come si nota l’intera fase di evoluzione tecnologica di sistemi e metodologie di stampa è coinciso con l’affermarsi sempre più di procedure assistite da *computer*. Da qui la necessità di migrazione verso queste nuove tecniche peraltro, come rilevato nelle premesse, nello stesso senso della fornitura e conservazione numerica del dato geologico in una Banca Dati di settore da popolare man mano che i fogli geologici del progetto CARG pervengono alla definitiva consegna.



Fig. 3 - Il primo foglio CARG sperimentale, n. 197 “Bobbio” stampato nel 1996.  
- Reproduction of the first experimental C.A.R.G. sheet n. 197 Bobbio, printed in 1996.

#### 4. - IL NUOVO PROCESSO DI STAMPA DEL FOGLIO GEOLOGICO DEL PROGETTO CARG

Nasce da quanto detto, una nuova procedura di allestimento alla stampa del foglio geologico, solo in parte simile al precedente *iter* ma con sostanziali differenze sia negli strumenti che nell’approccio cartografico richiesto. Anzitutto la necessità di percorrere un’unica strada di acquisizione dell’originale di redazione, in cui sono contenute le informazioni geologiche, coordinate dal rilevatore o dal responsabile scientifico, finalizzando in un unico processo, peraltro di complessità non indifferente, la definizione di uno “strato di base”,

valido sia per la costruzione della Banca Dati geologica, che per la derivazione degli elementi utili alla stampa. La necessaria equivalenza di approccio permette di garantire la coincidenza geometrica sorgente dei due dati anche se l'uno, di Banca Dati, manterrà dimensioni e forme come da acquisizione mentre l'altro, di stampa alla scala 1:50.000, andrà semplificato, sfoltito od accorpato – se necessario – nella nuova dimensione di pubblicazione. A suo tempo il primo approccio fu quello di acquisire manualmente su trasparente l'originale di redazione, come nel sistema precedente il Progetto CARG, trasferirlo, in formato *raster*, in programmi specifici e provvedere al cosiddetto “inseguimento” di linee ottenendone un formato vettoriale esportabile nel GIS per le necessarie correzioni. A questo metodo si è sostituito, anche grazie alla intervenuta maggiore potenza dei processori per *computer* ed alla specializzazione di specifici *software*, l'acquisizione diretta a video dell'originale di redazione acquisito in formato *raster*, sistema utilizzato oggi dalla quasi totalità degli operatori CARG. La coincidenza geometrica con la base topografica è costruita attraverso il sistema di georeferenziazione dei due dati e l'acquisizione è, virtualmente, alla scala 1 a 1.

Va da se però che l'oggetto di Banca Dati mantiene anche la geometria degli elementi in quanto coincidente con la scala di acquisizione al 25.000 (e con la relativa base topografica) mentre quello necessario alla stampa alla scala 1:50.000 va comunque ricostruito secondo la semplificazione grafica adottata nella topografia corrispondente a questa scala. È evidente l'equivalenza di taluni problemi con il sistema tradizionale mentre l'*editing* necessario per la correzione ed il controllo delle geometrie, in particolare quelle poligonali (che sostituisce la campitura a forti tinte della cianografica “limiti” di un tempo) e la garanzia di perfetta chiusura ed univocità degli stessi, è effettuata con sistemi automatici o semiautomatici comunque tali da garantire la corretta giustapposizione delle geometrie presenti nella carta (differenza delle aree a contatto, accorpamento di quelle con medesimi identificativi, eliminazione delle superfici di microentità, ecc.). Il processo è ancora utilizzato sia per la stampa che per la banca dati trattando la corretta gestione della topologia degli elementi acquisiti.

L'*iter* ha una prima decisiva separazione nel momento in cui viene costruita la libreria dei simboli per la rappresentazione grafica alla scala di pubblicazione (fig. 4).

Con essa il processo acquista una propria specializzazione e sarà mirato d'ora in poi, secondo questa direzione, alla migliore rappresentazione cartografica secondo gli *standard* indicati nel Quaderno n. 2 serie III e successive modifiche ed integrazioni. È in questa fase

che agli elementi utili per i due processi si aggiungono quelli non previsti in Banca Dati con l'introduzione delle parti dell'inquadratura marginale che completano la leggibilità del foglio geologico in pubblicazione.

Nella generalità dei processi adottati dai contraenti CARG è qui che si abbandona il GIS per un programma di grafica vettoriale in grado di gestire tutti i contenuti esterni al campo carta georeferito (descrizioni ed allineamenti di legenda, sezioni geologiche e schemi a margine, testata editoriale, separazione grafica delle componenti CMYK ecc.).

Questa fase sostituisce la composizione delle pellicole cromatiche della vecchia metodologia operando con sistemi numerici in grado di fornire, tra l'altro, delle anteprima di stampa relativamente attendibili (plottaggi ad alta risoluzione).

La variazione più significativa del processo di stampa del foglio geologico CARG interviene comunque in tempi più recenti con l'introduzione del sistema *Computer To Plate* (CTP) e la contestuale definitiva eliminazione delle pellicole fotolitografiche per la costruzione delle matrici di stampa. È questa la metodologia che permette la gestione dell'intero ciclo di allestimento con sistemi totalmente numerici e con una derivazione del risultato grafico ritenuto compatibile con le attese di qualità di un “Organo Cartografico

SEGNI CONVENZIONALI PER LA STAMPA DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA ALLA SCALA 1:50.000									
SEGNI CONVENZIONALI DI TIPO PUNTUALE									
PROGRESSIVO	IDENTIFICATIVO QUANTITATIVO	IDENTIFICATIVO CARTOGRAFICO NUMERICA	DESCRIZIONE	RAPPRESENTAZIONE ALLA SCALA DELLA CARTA	SPECIFICHE DIMENSIONALI	PUNTO DI ANCORAGGIO	COLORE SBN	PANTONE	NOTE
001	PT001	100010	LOCALITÀ FOSFATIFERA A INVERTEBRATI	G			(BLU SORENTI)	(PROCESS BLUE U)	Per aree regioni di salvaguardia, i simboli riferiti alle località fosfatiche e a quelle mineralogico-petrografiche vanno applicati solamente alla cartografia alla scala 1:25.000
002	PT002	100020	LOCALITÀ FOSFATIFERA A VERTEBRATI	X			(BLU SORENTI)	(PROCESS BLUE U)	Per aree regioni di salvaguardia, i simboli riferiti alle località fosfatiche e a quelle mineralogico-petrografiche vanno applicati solamente alla cartografia alla scala 1:25.000
003	PT003	100030	LOCALITÀ FOSFATIFERA A VERTEBRATI	Λ			(BLU SORENTI)	(PROCESS BLUE U)	Per aree regioni di salvaguardia, i simboli riferiti alle località fosfatiche e a quelle mineralogico-petrografiche vanno applicati solamente alla cartografia alla scala 1:25.000

Fig. 4 - Segni convenzionali di tipo puntuale per la stampa della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

- Point type symbols used for printing geological maps.



dello Stato” quale il “Servizio Geologico d'Italia”. Le matrici su supporto metallico, in genere alluminio, sono direttamente incise da “*laser plot*” ad alta risoluzione pilotato dal *file* predisposto per la stampa o meglio dalla sua derivazione in ragione dei *layer* colore in esso presenti secondo le definizioni previste nel “Manuale Cromatico di riferimento per la stampa delle carte geologiche”, pubblicato nel 2001 (fig. 5) in

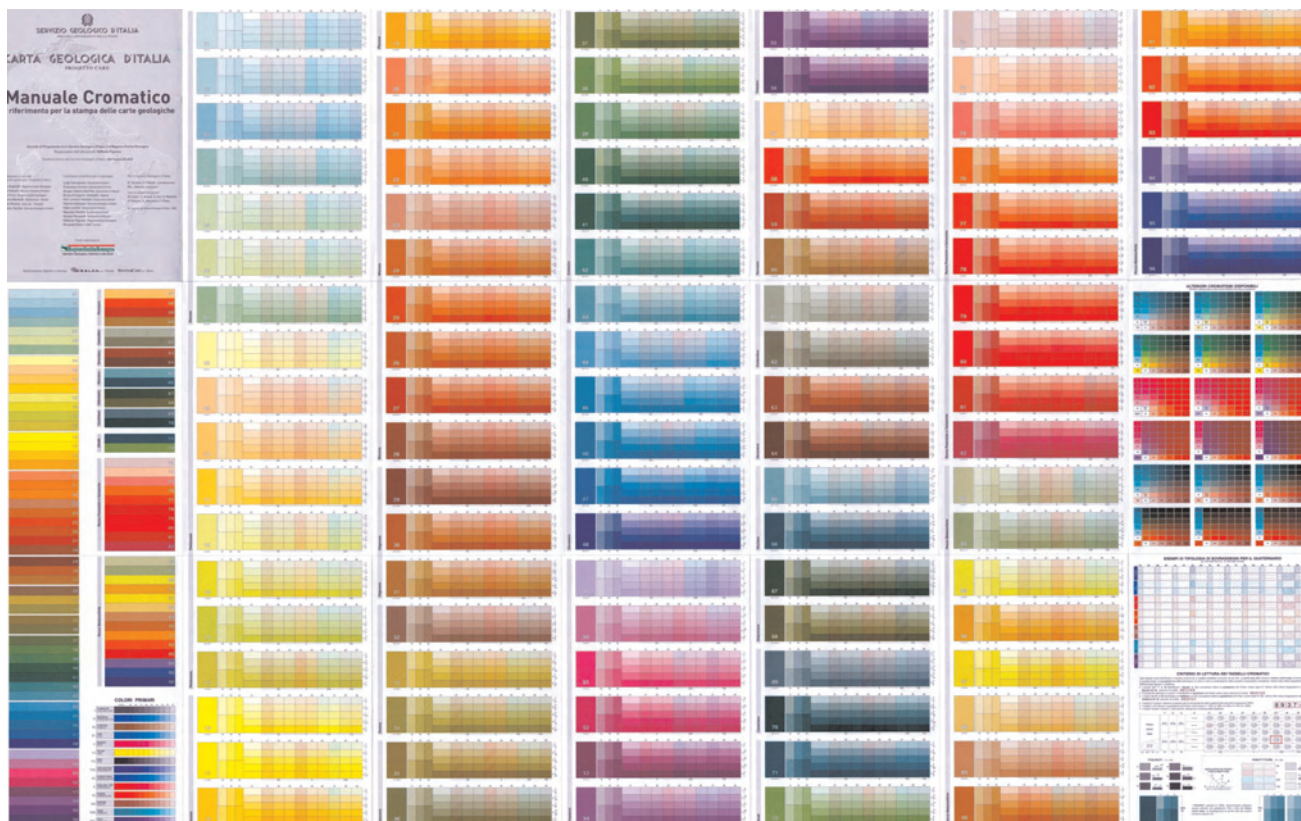


Fig. 5 - “Manuale Cromatico di riferimento per la stampa delle Carte Geologiche”, pubblicato nel 2001.  
- Color reference manual for the printing of geological maps, published in 2001.

edizione sperimentale e definitivamente approvato nell’anno successivo. Da notare che le quattro pellicole quadricromia, sono direttamente costruite dal medesimo *file* attraverso la separazione operata dal *software* utilizzato. Il mancato passaggio in pellicola fotolitografica comporta comunque una migliore risoluzione di stampa proprio perché evita le possibili imperfezioni dovute al passaggio pellicola/lastra ancorché operato in soluzione a “vuoto d’aria” ed a “contatto” tra i due oggetti. Non a caso il citato “Manuale Cromatico” è stato ristampato nel 2007 in allegato al Q. 11 con sistema CTP garantendo quindi una maggiore attendibilità cromatica in riferimento alle nuove metodologie di allestimento alla stampa con sistemi totalmente digitali. È certamente anche questa una delle innovazioni significative del Progetto CARG che semplifica notevolmente la produzione di fogli geologici accelerando, per quanto possibile, la loro disponibilità alla comunità scientifica, agli Enti interessati alla pianificazione e salvaguardia del territorio ed alla collettività.

#### Ringraziamenti

*Un ringraziamento per la collaborazione a Silvana Falcetti.*

#### BIBLIOGRAFIA

- COSCI M., FALCETTI S. & TACCHIA D. (1996) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Guida alla rappresentazione Cartografica*. Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, Serie III, 2: pp. 98, IPZS, Roma.
- GRUPPO DI LAVORO PER L'INFORMATIZZAZIONE DEI DATI (1997) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Banca Dati geologici. Linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, 6: pp.142, IPZS, Roma.
- TACCHIA D. (2007) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Guida all'uso del manuale cromatico di riferimento per la stampa delle carte geologiche*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, 11: pp. 112, S.EL.CA., Firenze.

# Programma

14 ottobre 2008

## 09.00 Registrazione Partecipanti

### Apertura convegno

09.30 Commissario Straordinario ISPRA  
*Pref. Vincenzo Grimaldi*

Capo Dipartimento Difesa del Suolo - ISPRA  
*Dott. Andrea Todisco*

Coordinatore Commissione Ambiente - Conferenza  
delle Regioni e delle Province autonome CINSEDO  
*Dott. Silvestro Greco*

Vice Presidente Comitato di coordinamento geologico  
tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome  
*Dott. Marcello Principi*

Comitato Geologico  
*Prof. Carlo Doglioni*

### intervengono

Presidente Commissione Ambiente del Senato  
*Sen. Antonio D'Alì*

Presidente Commissione Ambiente della Camera  
*On. Angelo Alessandri*

Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e  
del Mare  
*On. Stefania Prestigiacomo*

### Il contributo delle conoscenze geologiche alla comunità nazionale e prospettive future

Chairmen: *Raffaele Pignone (Regione Emilia Romagna)*  
*Fabrizio Galluzzo (ISPRA)*

10.10 Introduzione alla sessione  
*Fabrizio Galluzzo - ISPRA*

10.15 Lo stato di attuazione del progetto CARG  
*Maria Lettieri - ISPRA*

10.30 Le moderne conoscenze geologiche della più estesa  
area metropolitana d'Italia: Roma  
*Renato Funciello - Università di Roma Tre*

10.50 Pericolosità e rischio idrogeologico: il contributo della  
conoscenza geologica  
*Ferruccio Forlati - Regione Piemonte*

11.10 La cartografia geologica dei mari italiani e l'esempio  
dell'Adriatico: uno strumento per la protezione  
ambientale, l'uso sostenibile delle risorse e la  
definizione delle aree di rischio geologico  
*Fabio Trincardi - CNR ISMAR Bologna*

11.30 coffee break

12.00 Variabilità spaziale della subsidenza attuale nell'area  
veneziana  
*Luigi Tosi - CNR ISMAR Venezia*

12.20 I dati CARG e il governo del territorio: l'esempio della  
definizione della pericolosità locale per la riduzione del  
rischio sismico  
*Luca Martelli - Regione Emilia Romagna*

12.40 Il Portale Geografico del Servizio Geologico d'Italia. Uno  
strumento di diffusione dei dati geologici  
*Daniela Delogu - ISPRA*

13.00 inaugurazione esposizione, lunch e apertura sessione  
poster

Chairmen: *Giovanni Arnone (Regione Siciliana)*  
*Norman Accardi (ISPRA)*

14.30 La geotermia a bassa entalpia - L'esperienza del Friuli  
Venezia Giulia e i possibili sviluppi nazionali  
*Tiziano Tirelli - Regione Friuli Venezia Giulia*

14.50 Integrazioni geotematiche al rilevamento geologico: il  
caso del Foglio Antronodoco  
*Marco Amanti - ISPRA*

15.10 Il progetto CARG e la geologia marina alla scala 1:50.000  
esperienze cartografiche per la conoscenza delle aree  
marine  
*Silvana D'Angelo - ISPRA*

15.30 La conoscenza geologica e la progettazione di grandi  
infrastrutture  
*Vittorio Boerio - SPEA Autostrade*

15.50 coffee break

16.10 Utilizzo e riutilizzo: risorse e parco geominerario  
*Paola Botta - Regione Sardegna*

16.30 Il rilievo geofisico-geologico del Lago Trasimeno  
(F. 310 Passignano sul Trasimeno)  
*Luca Gasperini - CNR ISMAR Bologna*

16.50 Le informazioni geologiche nelle attività di Protezione  
Civile  
*Daniela Di Bucci - Dip. della Protezione Civile*

17.10 Cartografia geologica e pianificazione urbanistica-  
territoriale-ambientale  
*Pietro Antonio De Paola - Consiglio Nazionale dei Geologi*

17.30 discussione e chiusura lavori



# Programma

15 ottobre 2008

*Il contributo del progetto CARG all'avanzamento delle conoscenze scientifiche*

*Chairmen: Bianca Maria Cita (Università di Milano)  
Marco Pantaloni (ISPRA)*

- 09.30 Introduzione alla sessione  
*Maria Bianca Cita - Università di Milano*
- 09.45 Le innovazioni nella geologia stratigrafica: il contributo della cartografia geologica  
*Piero Gianolla - Università di Ferrara*
- 10.05 Faglie e pieghe mesozoiche ed alpine nelle Alpi meridionali ed austroalpine  
*Daniel Bernoulli - Università di Basilea*
- 10.25 Qualcosa è cambiato: 20 anni di cartografia geologica e geotematica dell'Umbria  
*Massimiliano Barchi - Università di Perugia*
- 10.45 La conoscenza geologica del territorio dopo un importante evento sismico: il caso del Friuli dopo la sequenza del 1976  
*Adriano Zanferrari - Università di Udine*
- 11.05 Il controllo della sismica a riflessione nella elaborazione dei Fogli geologici del Progetto CARG nella Sicilia occidentale  
*Raimondo Catalano - Università di Palermo*
- 11.25 coffee break
- 11.45 F. 634 Catania: metodologia stratigrafica per la mappatura dei prodotti vulcanici del basso versante SE dell'Etna e implicazioni sull'evoluzione geologico-strutturale  
*Stefano Branca - INGV*
- 12.05 Geologia, risorse termali e geotermia nell'area vulcanica campana. Risultati applicativi del Progetto CARG. Fogli Napoli ed Ischia  
*Alessandro Sbrana - Università di Pisa*
- 12.25 Gli elementi innovativi nell'ambito della cartografia geologica del Quaternario (Progetto CARG)  
*Maurizio D'Orefice - ISPRA*
- 12.45 La visione del Basamento Austroalpino affiorante in Trentino Alto Adige: cambiamenti fondamentali indotti dai rilevamenti del Progetto CARG  
*Volkmar Mair - Provincia Autonoma di Bolzano*

- 13.05 Fogli geologici e aree marine: Sardegna-Corsica  
*Giampiero Cherchi - PROGEMISA*

13.25 lunch

*Applicazioni del progetto CARG: carte geologiche e geotematiche*

*Chairmen: Domenico Morini (Regione Toscana)  
Marco Amanti (ISPRA)*

- 14.30 Cartografia geologica e tettonica attiva: un matrimonio impossibile?  
*Gianluca Valensise - INGV*
- 14.50 Risorse idriche in aree urbane: integrazione tra geologia e idrogeologia  
*Andrea Piccin - Regione Lombardia*
- 15.10 Modellazione geologica 3D. Nuovi strumenti di rappresentazione e analisi dei dati e delle strutture geologiche  
*Chiara D'Ambrogi - ISPRA*
- 15.30 Il contributo dell'interferometria ps-insar satellitare nella valutazione della mobilità tettonica  
*Michele Morelli - Arpa Piemonte*
- 15.50 Portali WEB e diffusione dei dati  
*Domenico Morini - Regione Toscana*
- 16.10 coffee break
- 16.30 La Carta Geologica d'Italia alla scala 1:1.000.000 e OneGeology: tradizione e innovazione  
*Marco Pantaloni - ISPRA*
- 16.50 Geositi e geoturismo  
*Rodolfo Coccioni - Università di Urbino*
- 17.10 Carte geologiche come spartiti musicali. Dal solfeggio all'ascolto, come e quando  
*Corrado Venturini - Università di Bologna*
- 17.30 discussione, conclusioni e mozione finale.

14 ottobre 2008

*Il contributo delle conoscenze geologiche  
alla comunità nazionale e  
prospettive future*



## Progetto CARG - Il Progetto di Cartografia geologica nazionale alla scala 1:50.000: stato di avanzamento (novembre 2008)

*Carg Project - The Italian cartography project for the new geological map of Italy at 1:50.000 scale: state of the art (november 2008)*

LETTIERI M. (\*)

**ABSTRACT** – In the frame of the survey planned for soil defence, the realization of the national geological map at 1:50,000 scale represents a basic tool to lay down a correct programme of the actions to be performed on the territory, addressed at environmental protection, hazard prediction and prevention from several natural risks.

For this purpose, the rules and the financial frame arranged, since the end of the 80s, by means of many bills, provided altogether approximately 81,259,000 Euro outlaid for: production and informatization of 255 geological maps at 1:50,000 scale; 14 geothematical maps at 1:50,000 scale; 7 marine geology maps at 1:250,000 scale of the Adriatic coastal areas; 1 morphobathymetric map of the Tyrrhenian Sea; part of the Deep Crust Project - (CROP 11); management of the geological database, its integration, methodological and prescriptive testing.

The realization of the geological map is managed and coordinated by the CARG Service - Geological and Geomorphological Mapping of the Geological Survey of Italy - Land Management Department of ISPRA.

The CARG Project involves about 60 structures including territorial organizations (Regions and Autonomous Provinces), CNR, University Departments and Institutes. 1200 operators work at the project: project managers, scientific coordinators, surveying directors, field geologists, analysts, specialists, cartographers and administrators.

In order to attain a homogeneous and organised project, the Geological Survey of Italy, with the effective collaboration of CNR and Universities experts, published the guides to the survey. CARG guide lines can be consulted at the ISPRA web site: [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it).

Of about the 255 geological maps financed 131 have been completed so far (both printed and in press) and 124 are still in progress; 180 maps can be consulted at the ISPRA web site address:

[www.isprambiente.gov.it/Media/carg/index.html](http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/index.html).

The realization of a geological database is one of the peculiarities of the geological cartography carried out within the CARG Project, as opposed to the existing ones.

**PAROLE CHIAVE:** Carta geologica, Progetto CARG, stato di avanzamento.

**KEY WORDS:** CARG project, geological map, state of art.

### 1. - IL PROGETTO CARG

Fin dal 1861, quando fu istituita la giunta consultiva “per discutere i metodi e stabilire le norme per la formazione della Carta geologica del Regno d'Italia”, la realizzazione della carta geologica ufficiale del territorio nazionale è stata negli anni considerata un progetto di primario interesse per la nazione.

Attualmente il territorio nazionale è coperto interamente dalla cartografia geologica ufficiale alla scala 1:100.000 iniziata alla fine del 1800. Successivamente, la cartografia geologica alla scala 1:50.000 è stata ritenuta più idonea a compendiare la necessità di sintesi regionale ed un maggior dettaglio.

La carta geologica ufficiale del territorio nazionale è uno strumento necessario per la pianificazione territoriale e il conseguente sviluppo di un Paese. È già stato espresso dalla Legge 183/89 che “ai fini dell’attuazione di piani di difesa del suolo e delle risorse idriche è fondamentale definire gli elementi di base per una corretta pianificazione territoriale la quale risulterebbe vana se priva di una approfondita conoscenza del territorio”. Nell’articolo 2 della Legge 183/89 veniva dato atto che un forte contributo a questa fase conoscitiva derivava dalla realizzazione della

(\*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia/Servizio CARG, Geologia e Geomorfologia

nuova cartografia geologica e geotematica ufficiale. Proprio la Legge 183/89 ha individuato nel Servizio Geologico d'Italia, l'ente preposto a tale funzione e ne ha previsto il potenziamento proprio in funzione dell'alto compito che tale Legge gli aveva assegnato e nuovamente confermato anche dal DLgs 152/06. Con la Legge 183, inoltre, per la prima volta il termine territorio viene esteso ai fondali marini e in particolar modo alla piattaforma continentale. E pertanto, la "Deliberazione CIPE" del 3 agosto 1990, nel definire gli obiettivi del progetto di realizzazione della nuova cartografia geologica e geotematica alla scala 1:50.000, ha previsto la possibilità di cartografare anche le aree marine e in particolar modo la piattaforma continentale antistante le coste italiane, sottolineando in tal modo l'importanza della conoscenza dello stato di salute delle aree sommerse e la dinamica della sedimentazione attuale e recente per un uso sostenibile e per la tutela delle zone costiere e delle aree di piattaforma.

Il quadro normativo e finanziario predisposto dalla fine degli anni '80 con le Leggi 67/88, 305/89, 183/89 ha consentito di fatto l'avvio del progetto di realizzazione della nuova Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - denominato Progetto CARG - realizzabile a scala nazionale. Il Progetto prevede la realizzazione e l'informatizzazione dei 652 fogli geologici e geotematici alla scala 1:50.000 per la copertura dell'intero territorio nazionale.

Nel corso di questi 20 anni, il Servizio Geologico d'Italia, attualmente confluito nell'ISPRA, pur nel susseguirsi di cambiamenti istituzionali, ha coordinato e gestito il Progetto CARG, che è realizzato in collaborazione con le Regioni e le Province autonome di Trento e Bolzano e attraverso il coinvolgimento di Università ed Enti di ricerca.

Il Progetto CARG in ISPRA è gestito e coordinato dal Servizio CARG, geologia e geomorfologia del Servizio Geologico d'Italia e coinvolge circa 60 strutture tra enti territoriali, organi del CNR, dipartimenti ed istituti universitari; nello svolgimento del progetto sono impegnati almeno 1200 operatori tra responsabili di progetto, coordinatori scientifici, direttori di rilevamento, rilevatori, analisti, specialisti, informatici, cartografi e amministrativi. I tecnici del Servizio (geologi, analisti, cartografi, informatici) contribuiscono attivamente, attraverso l'esame dei prodotti intermedi e finali, riunioni di coordinamento e controlli in corso d'opera, al raggiungimento degli obiettivi del Progetto.

## 1.2. - I FINANZIAMENTI

I finanziamenti statali assegnati al Progetto, pari a Euro 81.259.000,00 sono stati previsti dalla

Legge finanziaria n. 67/88, dalla Legge n. 305/89 (primo e unico finanziamento triennale 1989/91), nell'anno 1996, da un finanziamento residuo derivante dalla Legge 183/89, poi dalla Legge n. 226/99 e in ultimo, nel 2004 da un ulteriore "residuo di cassa" (fig. 1).

Queste risorse, insieme a cofinanziamenti regionali, hanno reso possibile la realizzazione e l'informatizzazione di 255 Fogli geologici, 14 carte tematiche, 7 fogli di geologia marina 1:25.000, 1 carta morfobatimetrica del bacino del Tirreno, parte del transetto CROP, 26 carte prototipali, manutenzione e integrazione della banca dati geologici e l'aggiornamento del catalogo delle formazioni geologiche. Nel contesto generale le carte tematiche previste nel Progetto rappresentano una sperimentazione, al pari delle carte programmate alla scala 1:250.000 relative alla piattaforma continentale in Adriatico e a quella del rischio geoambientale in una porzione di territorio emiliano.

Come si può vedere dal grafico (fig. 2), l'andamento delle risorse non è stato costante. Dal 1999 non sono state più emanate norme che prevedano nuove risorse per il proseguimento del Progetto, che vede quindi il suo futuro molto breve e la sua conclusione molto vicina. Non bisogna dimenticare che nel corso di questi ultimi 20 anni ci sono state anche numerose calamità naturali, come ad esempio, i terremoti in Umbria e Marche, la frana di Sarno, l'alluvione in Piemonte e tanti altri episodi calamitosi. Questi eventi portano inevitabilmente alla ribalta la necessità di disporre di una cartografia geologica moderna, ma senza una dotazione di risorse, regolata da leggi quadro che dovrebbero prevedere un programma di finanziamento costante nel tempo, non è possibile proseguire e quindi completare il progetto tenendo in considerazione che al momento la copertura cartografica dell'Italia alla scala 1:50.000 dell'Italia è ferma al 40%.

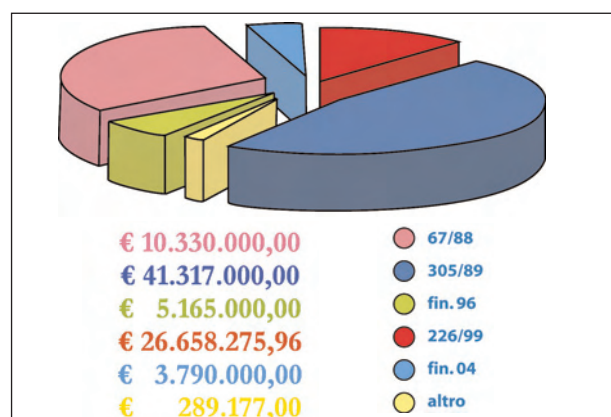


Fig. 1 - Finanziamenti statali assegnati al Progetto dal 1988 al 2004.  
- State funds allocated to the CARG project from 1988 to 2004.

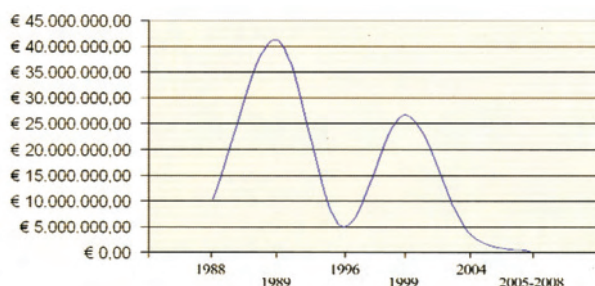


Fig. 2 - Risorse assegnate al Progetto CARG.  
- Funds allocated to the CARG project.

### 1.3. - LE LINEE GUIDA

Al fine di realizzare un progetto omogeneo e coordinato il Servizio Geologico d'Italia attraverso la preziosa collaborazione di esperti del CNR e delle Università, ha realizzato le Linee guida di riferimento per il rilevamento, la rappresentazione cartografica e l'informatizzazione sia dei Fogli geologici che di quelli geotematici, pubblicate sulla collana dei Quaderni del Servizio Geologico d'Italia (serie III) e disponibili sul sito dell'ISPRA [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it). Ulteriori "normative" sono disponibili sul sito e riguardano le indicazioni per la compilazione delle Note Illustrative e della Legenda, le indicazioni per il rilevamento e la rappresentazione cartografica del Quaternario continentale, la Cartografia delle aree vulcaniche e il rilevamento geologico delle aree marine alla scala 1:50.000.

### 1.4. - LA BANCA DATI

La realizzazione della Banca dati CARG, con un dettaglio corrispondente alla scala 1:25.000, elemento innovativo e caratterizzante del Progetto, permette di recuperare ed organizzare tutti i dati acquisiti durante il rilevamento per renderli disponibili, nonché velocizzare i tempi di allestimento alla stampa. Il foglio stampato quindi risulta essere una sintesi dei dati raccolti nel sistema informativo.

## 2. - STATO DI AVANZAMENTO DEL PROGETTO CARG (Novembre 2008)

### 2.1. - FOGLI GEOLOGICI

I Fogli geologici finanziati nell'ambito del Progetto CARG sono 255; 47 sono conclusi e stampati. Dei restanti 208 ancora in corso di realizzazione, 84 sono in allestimento per la stampa, di 68 è concluso il rilevamento e 56 sono ancora in corso di rilevamento (fig. 3).

Oltre ai Fogli già stampati circa 1000 sezioni alla scala 1:25.000 e circa 1200 sezioni alla scala 1:10.000, che già possono essere utilizzate per la gestione e la pianificazione territoriale, sono a disposizione delle regioni, delle province autonome e delle autorità di bacino per produrre carte di dettaglio a scopo applicativo.

Attualmente sono inoltre disponibili, sul sito web del Dipartimento del Suolo/Servizio Geologico d'Italia dell'ISPRA, 180 Fogli geologici tra quelli pubblicati e non.

### 2.2. - CARTE GEOTEMATICHE

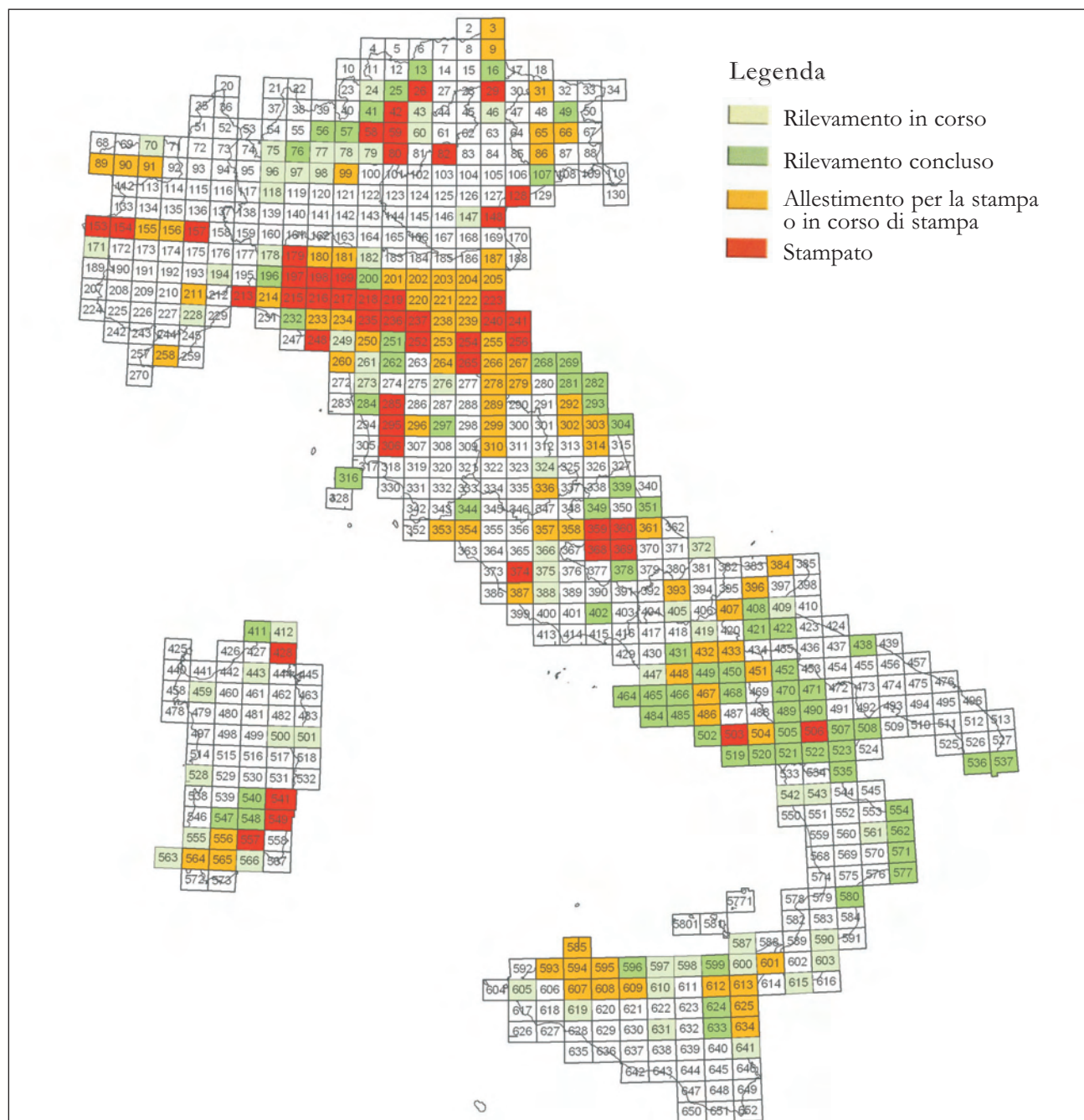
Le carte geotematiche alla scala 1:50.000 finanziate nell'ambito del progetto CARG sono 14. Sono state concluse e stampate 2 carte geomorfologiche, 1 carta di pericolosità geologica, 1 carta dei processi di instabilità e attualmente ne sono in corso di realizzazione 11, di cui 4 in allestimento per la stampa; 1 in rilevamento concluso; 6 in corso di rilevamento. Sono state realizzate ulteriori carte a scale diverse, relative agli eventi alluvionali verificatisi in Piemonte nel novembre 1994.

Nel contesto generale queste carte tematiche rappresentano una sperimentazione, al pari delle carte programmate alla scala 1:250.000, relative alla piattaforma continentale in Adriatico e al rischio geambientale in una porzione di territorio emiliano.

## 3. - CONCLUSIONI

Il Progetto CARG nel corso di questi anni è stato uno strumento utile a tutti coloro che nel territorio ravvisano la loro priorità. La sinergia tra Amministrazioni pubbliche e mondo della ricerca ha contribuito all'ottenimento di prodotti di alta levatura scientifica ma allo stesso tempo utili al pianificatore quale supporto agli interventi sul territorio, sia dal punto di vista della progettazione che della salvaguardia. Le regioni, le province, i comuni, le grandi società, i liberi professionisti hanno utilizzato e utilizzano i numerosi dati derivanti dal Progetto CARG per ottimizzare gli interventi per una più mirata programmazione territoriale nonché di prevenzione, per non parlare delle numerose scoperte scientifiche che da questo sono scaturite. In effetti il Progetto CARG è stata una grande occasione anche per le Università e gli Istituti di ricerca che hanno utilizzato le risorse ad esso destinate per consentire lo svolgimento di ricerche finalizzate alla redazione di carte di alto valore scientifico. Non è un caso se le carte geologiche realizzate e in corso di realizzazione nell'ambito del Progetto CARG sono tra le migliori carte geologiche esistenti anche al livel-



Fig. 3 - Stato di avanzamento Progetto CARG. - *Progress of the CARG project.*

lo internazionale, sia dal punto di vista scientifico che cartografico. L'approfondimento, il dettaglio e la cura con cui vengono redatti i fogli geologici concorrono paradossalmente a ritardarne l'allestimento e di conseguenza la stampa. Non deve quindi stupire il fatto che dopo 20 anni sono stati stampati "solamente" 47 dei 255 Fogli geologici finanziati. La stampa finale di un Foglio geologico alla scala 1:50.000, in realtà, rappresenta solo uno dei prodotti derivanti dal Progetto CARG, i dati che in esso sono contenuti possono essere infatti resi disponibili ancor prima della stampa.

#### Ringraziamenti

*Un grazie di cuore a Roberta Carta e a Raffaele Apuzzo per la loro preziosa e indispensabile quotidiana collaborazione. Grazie anche a Chiara D'Ambrogio per l'aiuto che mi ha dato ed in particolare per l'abstract in inglese.*

#### BIBLIOGRAFIA

LETTIERI M., CARTA R., APUZZO R. (2008) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000 – Stato di attuazione del Progetto CARG – Rapporto Informativo Periodico.* (aggiornamento agosto 2008). ISPRA, Roma.



## Pericolosità e rischio idrogeologico: il contributo della conoscenza geologica

*Natural hazard and risk assessment:  
geological knowledge support*

FORLATI F. (\*)

**ABSTRACT** – The assessment and prevention of risks inherent to natural phenomena is one of topical interest to the scientific community and various other authorities dealing with territorial management. The historical analysis concerning the consequences of such hydro geological risks underlines how the amount of damage is constantly increasing. This can be partly explained by an increase in readily accessible information and awareness of the problem, but it is also due to the consistent expansion of urbanized areas at the deprivation of areas that are essential to the natural modelling processes of the territory. The damage resulting from hydro geological instability is therefore often associated with incompatible territorial decisions. The prevention program adopted by Arpa Piemonte with the objective of minimising the effects of geological risk in terms of safeguarding human life and property, focusing on non-structural measures based on the detailed knowledge and understanding of the natural phenomena and of geological territorial asset. Each field of action of Arpa Piemonte's studies and research in the fields of geology, geomorphology, geotechnics, and more specifically in hazards and risk assessment is based on a widespread use of GIS technologies beginning with the collection phase and the analyses phase and then on to the dissemination and diffusion phases.

National projects coordinated by Italian Environmental Protection Agency (ISPRA), like IFFI (Inventory of Landslide Phenomena in Italy) or CARG (Geological Map of Italy) have produced substantial geographical data bases on a detailed scale (1:10,000–1:25,000) in Geographic Information System logic.

This allows us to go beyond the traditional scheme of thematic cartography to that of the *geographic data bank*, where

the geographic and topological components are integrated with alpha-numerical and descriptive ones, opening numerous perspectives for subsequent study and re-elaboration of the data, beginning with the knowledge inventory itself. Examples of such analyses include the re-elaboration of different type of information in order to create a multi-thematic base of knowledge as supports for hazard and risk assessment. Particular mention is given about a CARG project devoted to 1:50,000 landslide hazard map assessment (sheet Dego) using multivariate statistical analysis technique (planar block slides) and physically based deterministic approach (shallow landslides).

**PAROLE CHIAVE:** Cartografia tematica, Pericolosità, Prevenzione, Rischio, Sistemi informativi.

**KEY WORDS:** Geographic information system, Geo-thematic mapping, Hazard, Prevention, Risk assessment.

### 1. - PREMESSA

La valutazione e la prevenzione dei rischi inerenti i fenomeni naturali è uno degli obiettivi principali che è stato perseguito negli ultimi anni dalla comunità scientifica e da coloro che, a vario titolo, si occupano della gestione territoriale. L'analisi storica, sugli effetti conseguenti il cosiddetto rischio idrogeologico pone in evidenza come il numero di danni sia in costante aumento.

(\*) Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche, Arpa Piemonte

Ciò trova spiegazione da una parte nella maggiore disponibilità di fonti di informazione e di sensibilizzazione al problema, dall'altra nel consistente ampliamento delle aree urbanizzate a scapito di aree di naturale pertinenza dei processi di modellamento naturale del territorio. I danni derivanti dal dissesto idrogeologico si rivelano quindi molto spesso associati a scelte territoriali non compatibili e, in prospettiva, rischiano di crescere fortemente, provocando una continua e ripetuta distruzione di ricchezza, solo in parte rinnovabile, a fronte di costi e sforzi superiori a quelli che sarebbero necessari per intraprendere la strada della prevenzione e del riassetto.

In tale contesto, si è sviluppata l'azione del Centro regionale per le Ricerche Territoriali e geologiche di Arpa Piemonte che ha da tempo impostato la strategia della prevenzione scegliendo di sviluppare il campo degli interventi non strutturali per la loro immediata applicabilità ed efficacia.

La conoscenza del territorio nella sua globalità, sia in termini degli aspetti fisico-ambientali del contesto geologico e geomorfologico, sia in termini della compatibilità tra questi e le potenziali trasformazioni di utilizzo del suolo, rappresenta quindi uno strumento indispensabile per la gestione del delicato equilibrio ambientale.

La fase conoscitiva che prelude alla previsione comporta un notevole impegno poiché si basa su attività ed azioni sistematiche protratte nel tempo; presuppone dettagliati studi di rilevamento, valutazione, elaborazione ed analisi di numerose informazioni indispensabili per l'organica strutturazione di un patrimonio conoscitivo di supporto ad ogni iniziativa, intervento e azione mirata alla salvaguardia ambientale e ad assicurare la pubblica incolumità nella lotta contro gli effetti delle calamità naturali.

Al fine di poter gestire in modo congruente e costruttivo i vincoli di natura fisica, geologica e ambientale del territorio è necessario disporre di una strutturazione logica delle informazioni in modo da consentire la facile reperibilità, confrontabilità ed aggiornamento di ogni singolo dato.

## 2. - LA STRUTTURAZIONE DELLA CONOSCENZA

La creazione di un Sistema Informativo prevenzione rischi naturali fa parte del programma di prevenzione territoriale finalizzata ad attuare una coerente pianificazione dell'attività antropica ed una concreta azione di salvaguardia del territorio.

Da anni perciò è stata intrapresa una sistematica raccolta e valutazione del dato storico,

accompagnata da studi diretti dei processi morfodinamici finalizzata alla valutazione quantitativa e qualitativa delle condizioni di pericolo a cui è soggetto il del territorio.

I Sistemi Informativi Geografici rappresentano oggi uno dei principali strumenti di gestione, elaborazione ed analisi delle conoscenze in campo ambientale/territoriale grazie alla loro specifica capacità di rappresentare e modellare nello spazio fenomeni naturali complessi. Non vi è campo delle discipline tecniche e scientifiche che non ne adotti i principi e le tecnologie: dall'ecologia alla gestione delle infrastrutture tecnologiche, dall'agricoltura alla pianificazione territoriale, dal *marketing* alla difesa militare solo per citare alcuni esempi.

La loro graduale affermazione in tutti i settori della gestione del territorio ha indotto innumerevoli vantaggi tecnici ed economici e comportato profondi mutamenti nella logica stessa della creazione del dato e nella gestione della conoscenza, introducendo da un lato nuovi modelli interpretativi, dall'altro richiedendo l'adeguamento a nuovi modelli organizzativi e livelli di competenza e professionalità. L'evoluzione degli strumenti Gis verso una sempre maggiore integrazione delle tecnologie di rete attraverso il concetto di servizi informativi Web-gis consente di fornire un contributo significativo al processo di diffusione e condivisione dell'informazione geo-ambientale (fig. 1).

Progetti nazionali coordinati da ISPRA quali IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) o CARG (Carta Geologica d'Italia) hanno prodotto consistenti basi dati geografiche a scale di dettaglio (1:10.000 – 1:25.000) in logica di Sistema Informativo Geografico. Ciò ha consentito di superare lo schema della tradizionale cartografia

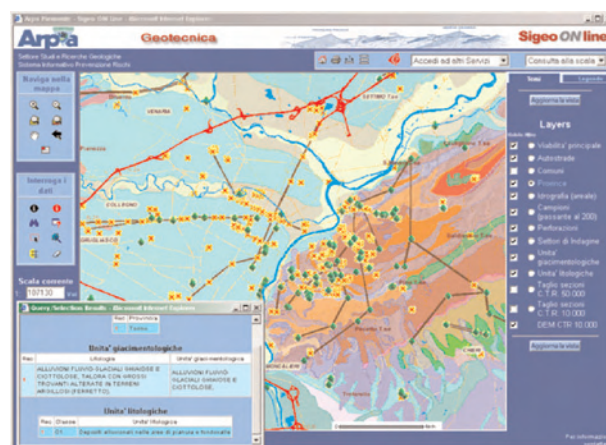


Fig. 1 – Servizio Web-gis di consultazione, condivisione e scarico dei dati geotecnici (rocce e terreni) contenuti nel sotto sistema geotecnica.  
- WebGIS service: consultation, sharing and download of geotechnical data.

tematica a favore di quello di banca dati geografica in cui le componenti geografiche e topologiche si integrano con quelle alfa-numeriche e descrittive, aprendo innumerevoli prospettive di studio e rielaborazione successive dei dati a partire dagli stessi inventari conoscitivi (fig. 2).

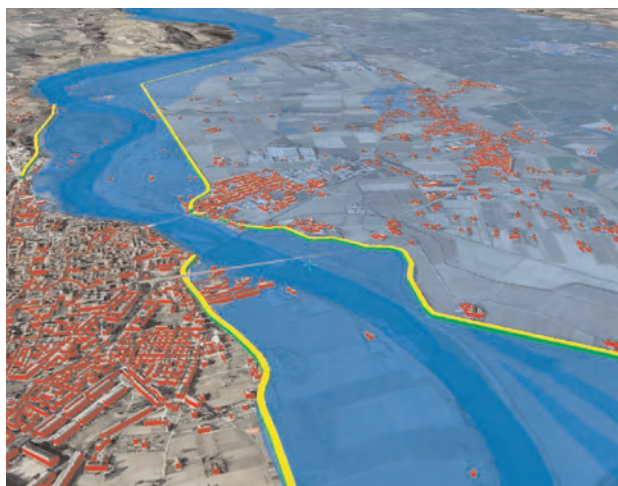


Fig. 2 – Simulazione tridimensionale dei campi di inondazione del Fiume Po indotti nell'area metropolitana casalese (Casale Monferrato) dall'evento alluvionale del novembre 1994.  
- 3D simulation of the Po river flooding (november 1994) in the urban area of Casale Monferrato.

Il notevole patrimonio informativo dei dati prodotti dal progetto di cartografia geologica volto alla conoscenza fisica e geologica del territorio nelle sue espressioni superficiali e sotterranee trova particolare valorizzazione se integrato con una serie cospicua di dati ancillari attinenti i processi morfodinamici modellanti l'ambiente (movimenti franosi e processi fluvio-torrentizi), il quadro del dissesto, i sistemi di controllo e monitoraggio le caratteristiche fisico-meccaniche dei suoli e delle rocce, ecc.

Esempi di analisi territoriali derivanti dalla mutua integrazione di più basi dati sono costituiti dalla rielaborazione della cartografia geologica in ottica di valutazione delle rocce potenzialmente contenenti minerali asbestiformi, dall'individuazione e zonizzazione dei fattori predisponenti specifiche tipologie di fenomeni franosi, dall'analisi di pericolosità e vulnerabilità, dagli studi per la sicurezza della rete viaria per fenomeni da crolli in roccia (fig. 3), ecc.

Il sistema informativo SIGeo struttura di servizio in grado di produrre, con tempestività e precisione, informazioni e dati nel campo della previsione e prevenzione dei rischi naturali è logicamente strutturato in più componenti specialistiche (sottosistemi) tra loro interagenti qui di seguito esposti.

## 2.1. - SOTTOSISTEMA PROCESSI ED EFFETTI

Si compone di strumenti finalizzati alla gestione delle informazioni inerenti i processi di versante, fluviali e torrentizi che interessano, o hanno interessato, il territorio piemontese in termini tipologici, di effetti e danni indotti. I dati sono tratti sia da fonti specialistiche, sia da pubblicazioni, perizie tecniche in senso lato (provenienti dall'attività ordinaria del Centro e di altri Enti), articoli di giornale, cronache locali, documentazione archivistica, sia dal rilevamento e dalle osservazioni dirette dei processi di instabilità naturali in atto. L'integrazione dei dati storici con quelli derivanti da studi ed osservazioni effettuati in sito rende possibile ricavare informazioni essenziali per una zonizzazione del territorio in funzione delle fenomenologie più ricorrenti. Gli archivi contengono al momento attuale oltre 30.000 singole segnalazioni (fig. 4).

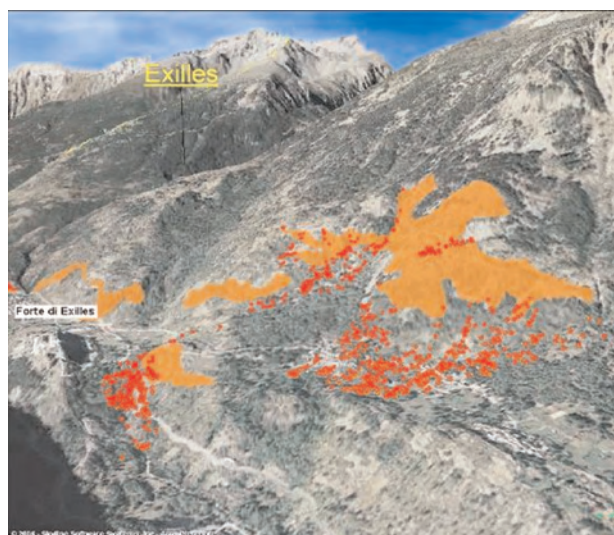


Fig. 3 – Simulazione tridimensionale delle aree suscettibile a fenomeni di caduta massi mediante l'impiego di un modello calcolo di tipo probabilistico.  
- 3D simulation of rockfall susceptibility area derived from probabilistic method.

## 2.2. - SOTTOSISTEMA FONTI E DOCUMENTAZIONE

Vengono ordinate le informazioni tratte da studi di carattere geologico-morfologico e geologico-tecnico che riguardano il territorio regionale: pubblicazioni scientifiche, monografie, studi per grandi opere, piani di bacino, studi territoriali a carattere ambientale, relazioni tecniche, fotografie aeree o altro, in grado di fornire informazioni utili nella caratterizzazione e conoscenza geologica e nell'analisi dei processi di instabilità. In quest'ottica risulta perciò trasversale rispetto agli altri sottosistemi.



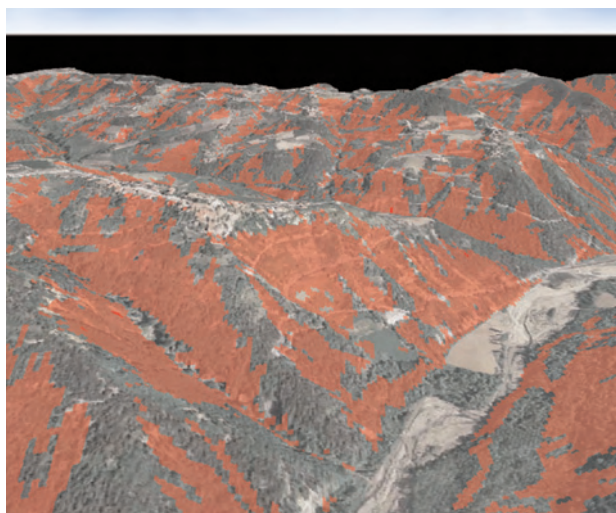


Fig. 4 – Applicazione di un modello fisicamente basato (meccanico-idrologico) per la simulazione degli effetti conseguenti la distribuzione areale delle frane superficiali in relazione a un determinato precursore meteorologico (pioggia cumulata sulle 24 h).

- *Physical-based model (mechanical-hydrological) produced for the simulation of the effects deriving from the interaction between the areal distribution of landslides and a given meteorological precursor (24 hours cumulate rainfall).*

### 2.3. - SOTTOSISTEMA GEOTECNICA

È finalizzato alla raccolta, omogeneizzazione ed analisi delle informazioni inerenti la caratterizzazione fisico-meccanica (*in situ* e in laboratorio) dei terreni, delle rocce intatte e degli ammassi rocciosi ed è a sua volta articolato nell'Archivio Sondaggi, nell'Archivio Prove ed Indagini in Sito e in Laboratorio (terreni e rocce) e nell'Archivio Ammassi Rocciosi. Le fonti sono costituite in massima parte da relazioni tecniche di progetti. A tutt'oggi il sottosistema contiene circa 6.500 descrizioni di dettaglio delle perforazioni di sondaggio, 5.500 schede di caratterizzazione geotecnica, oltre 200 prove di compressione triassiale, 450 prove di taglio diretto, 16.000 prove eseguite in foro, 200 prove di permeabilità numerose di caratterizzazioni dell'ammasso roccioso.

### 2.4. - SOTTOSISTEMA MONITORAGGIO DEI FENOMENI FRANOSI

Direttamente interrelato al Sottosistema Geotecnica, di cui condivide la base dati, è finalizzato alla gestione ed analisi dei dati provenienti dalla rete di monitoraggio regionale dei movimenti franosi. L'obiettivo del sottosistema è l'archiviazione, la gestione e l'elaborazione dei dati provenienti dai sistemi di controllo dei movimenti franosi installati sul territorio regionale. Attualmente i siti sotto controllo sono oltre 300 con una dotazione complessiva di oltre 1.000 strumenti (inclinometri convenzionali e fissi, piezometri, capisal-

di con controllo tramite GPS e teodolite, clinometri, distometri a nastro, estensimetri, di profondità, multi base in foro, TDR, termometri, spie fessurimetriche, ecc.).

### 2.5. - SOTTOSISTEMA GEOLOGIA DEL TERRITORIO

È alimentato dalle attività svolte in seno al Progetto CARG – Rilevamento ed informatizzazione della cartografia geologica d'Italia alla scala 1:50.000 che prevede, in base a quanto stabilito dal quadro normativo nazionale (Leggi nn. 183/1989, 305/1989, 438/1995, 226/1999, 363/2000) ed a specifiche convenzioni Arpa-APAT (ora ISPRA), il rilevamento ed il completamento di 11 fogli Geologici e 4 Geotematici diversamente distribuiti sul territorio regionale (fig. 5).

## 3. - LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ

Uno dei primi passi nella strategia della prevenzione è sicuramente connesso alla valutazione della pericolosità geologica ovvero all'individuazione della probabilità che uno specifico processo calamitoso si verifichi in una determinata area, in un determinato intervallo temporale e con una determinata intensità. È evidente che la valutazione della pericolosità geologica secondo l'accezione canonica e completa del termine, implica, dal punto di vista dell'applicazione a casi reali, una serie di problemi non trascurabili, a causa della molteplicità e dell'elevato grado di indeterminazione delle variabili in gioco.

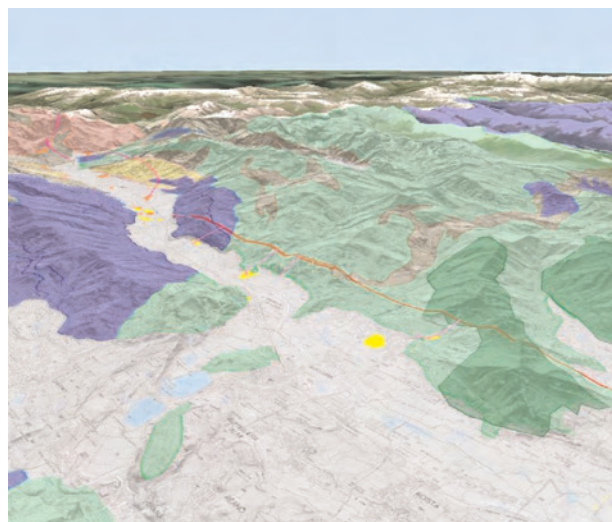


Fig. 5 – Rappresentazione tridimensionale della geologia della bassa Val Susa derivata dai rilievi effettuati per i fogli geologici 1:50.000 Susa e Torino ovest (progetto CARG).

- *3D geological representation of the lower Susa Valley derived from the CARG sheets (1:50,000) Susa and Torino Ovest (CARG Project).*

La stessa valutazione della pericolosità acquisisce diversa difficoltà in relazione all'estensione dell'area di riferimento. L'analisi di una limitata porzione del territorio consente una migliore definizione delle condizioni al contorno, della geometria del problema, una più dettagliata raccolta ed elaborazione degli elementi significativi, permette la conduzione contestuale di più metodi, comporta tempi e costi sufficientemente ridotti e, in conseguenza di tutte queste motivazioni, garantisce il raggiungimento di un livello di attendibilità piuttosto elevato e l'ottimizzazione dei risultati.

In contrapposizione, considerata la vastità areale, gli studi a carattere territoriale sono più difficilmente gestibili e necessitano quindi di approcci più consoni alla mole di informazioni trattate e al minor grado di dettaglio.

Si tratta in particolare, pur rimanendo in un'ottica di rigore scientifico, di introdurre alcune ipotesi semplificative in modo da poter impiegare modelli facilmente applicabili, valutandone comunque la capacità predittiva tramite confronto dei risultati ottenibili con effetti conosciuti.

I modelli impiegabili (generalmente *gis* basati) debbono rispondere pertanto a requisiti di facile e snella applicazione a vasti contesti territoriali, semplicità, piena compatibilità con le condizioni al contorno, economia di gestione, affidabilità e robustezza, attendibilità dei risultati, reale e concreta possibilità di utilizzo ai fini della gestione territoriale (fig. 6).

#### 4. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I Sistemi Informativi Geografici rappresentano oggi uno dei principali strumenti di gestione, elaborazione ed analisi delle conoscenze in campo geologico-ambientale grazie alla loro specifica capacità di rappresentare e modellare nello spazio fenomeni naturali complessi. Il loro utilizzo è fondamentale ed insostituibile per realizzare e gestire i livelli informativi di base, topografici e tematici, per l'analisi delle problematiche di rischio idrogeologico, per l'elaborazione delle carte numeriche di pericolosità e rischi utilizzabili ai fini della pianificazione ed il governo del territorio.

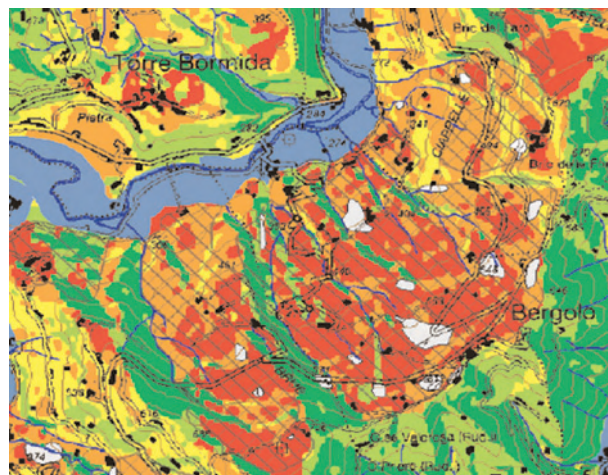


Fig. 6 – Stralcio di cartografia della pericolosità dei versanti : frane per scivolamento planare, Foglio 211 “Dego” in scala 1:50.000 (progetto CARG). Elaborato cartografico ricavato mediante l'applicazione di tecniche di analisi statistica multivariata.

- *Landslide hazard map: translational slides, Sheet 1:50,000 “Dego” (CARG Project). The elaboration is derived from multivariate statistical analysis techniques.*

Tutti i modelli di valutazione della pericolosità proponibili e tutti gli scenari che vengono formulati, derivando da una rappresentazione semplificata e sintetica della realtà, presentano caratteri di soggettività e devono pertanto essere letti ed interpretati tenendo conto delle ipotesi di partenza. In tale contesto si deve collocare il contributo fondamentale dell'esperto di dominio:

nel gestire l'incertezza insita nei modelli esplicitandone i limiti, i vantaggi, le problematiche e prospettandone le corrette modalità d'impiego, nel diffondere la conoscenza mediante una comunicazione: capillare, efficace, semplice, rigorosa e di qualità.

#### BIBLIOGRAFIA

- BONNARD C., FORLATI F. & SCAVIA C. (Eds.) 2005 – *Identification and mitigation of large landslide in Europe. Advances in risk assessment. IMIRILAND PROJECT*, European Commission, V Framework Program – Rotterdam, Balkema.
- CAMPUS S., FORLATI F. & NICOLÒ (Eds.) 2005 – *Note illustrative alla carta di pericolosità per instabilità dei versanti del Foglio 211 “Dego”, Arpa Piemonte, ISPRA.*



## Variabilità spaziale della subsidenza attuale nell'area veneziana

### *Spatial variability of the present land subsidence in the Venice area*

TOSI L. (\*), TEATINI P. (\*)(\*\*), CARBOGNIN L. (\*),  
BRANCOLINI G. (\*), RIZZETTO F. (\*)

**ABSTRACT** – A recent research has provided a high resolution map of the present land subsidence of the Venice coastland (Italy). The map, which refers to the 1992-2002 decade and covers an area of about  $100 \times 100 \text{ km}^2$ , has been obtained by the innovative “Subsidence Integrated Monitoring System” (SIMS) that efficiently merges the different displacement measurements obtained by spirit leveling, differential and continuous Global Positioning System (GPS), Synthetic Aperture Radar (SAR)-based interferometry.

The investigation points out a significant spatial variability of the ground vertical movements, both at regional and local scales, and displacement rates ranging from a slight (1-2 mm/yr) uplift to a serious subsidence of more than 10 mm/yr.

Tectonics, differential consolidation of the Pleistocene and Holocene deposits, and human activities, such as groundwater withdrawals, land reclamation of marshes and swamp areas, and farmland conversion into urban areas, superimpose to produce the observed displacements. In this work we have distinguished the displacement components on the basis of the depth of their occurrence.

Deep causes, acting at a depth generally greater than 400-600 m below m.s.l., refer to downward movements of the pre-Quaternary basement and land uplift (up to 2 mm/yr) most likely related to neo-tectonic activity connected with the Alpine thrust belts and a NW–SE fault system.

The displacement factors located in the medium depth interval, i.e. between 400 and 50 m below m.s.l., are of both natural and anthropogenic origin. The former refers to the Medium-Late Pleistocene deposits that exhibit a larger cumulative thickness of clayey compressible layers at the lagoon extremities with respect to the central lagoon area where stiffer sandy formations prevail. Land subsidence due to aquifer exploitation mainly occurs in the north-eastern sector of the coastland where thousands of active wells are located.

In a 10-15 km wide coastal strip thickness, texture, and sedimentation environment of the Holocene deposits play a significant role in controlling shallow causes of land subsidence. Other factors that contribute in increasing land sinking at a smaller areal extent are the salinization of clay deposits due to saltwater intrusion and biochemical oxida-

tion of outcropping peat soils. Even the load of buildings and structures after the conversion of farmland into urbanized areas cause local shallow compaction.

**PAROLE CHIAVE:** subsidenza, sollevamento del suolo, variabilità spaziale, Venezia.

**KEY WORDS:** land subsidence, spatial variability, uplift, Venice.

#### 1. - INTRODUZIONE

Fino alla fine del secolo scorso, le livellazioni geometriche sono state il solo metodo di rilievo altimetrico che consentisse di misurare correttamente l'entità della subsidenza “moderna” dell'area veneziana.

Verso la fine degli anni 1990 sono state sperimentate ed affinate le tecniche di misura che utilizzano le piattaforme satellitari: il GPS differenziale (DGPS) e in continuo (CGPS), il radar ad apertura sintetica (SAR) per l'interferometria differenziale tradizionale (InSAR) e l'analisi interferometrica su punti persistenti (IPTA).

Per potenziare le possibilità e la qualità del monitoraggio, sia in specifiche aree di interesse che a più ampia scala, nell'ambito del Progetto VENEZIA (2001-2003) e del Progetto INLET (2006-2009), finanziati rispettivamente dall'Agenzia Spaziale Europea e dal Magistrato alle Acque di Venezia e condotti da ISMAR-CNR, DMMMSA-UniPD e Gamma Remote Sensing-AG, è stato sviluppato il *Subsidence Integrated Monitoring System* (SIMS), un'originale procedura di integrazione dei risultati forniti dalle diverse metodologie (livellazione, CGPS, DGPS, InSAR e IPTA) in grado di superare i limiti di ogni singola

(\*) Istituto di Scienze Marine-Consiglio Nazionale delle Ricerche, Castello 1664/a, 30122 Venezia (I)

(\*\*) Dip. di Metodi e Modelli Matematici per le Scienze Applicate - Università di Padova, via Trieste 63, 35121

tecnica di rilevamento (TEATINI *et alii*, 2005).

Con questo metodo è stato possibile eseguire una analisi accurata della vasta area costiera veneta (circa 100x100 km<sup>2</sup>) compresa tra le foci dei fiumi Adige e Tagliamento e le colline euganee e trevigiane, dalla quale è emersa la forte variabilità dei movimenti verticali sia a scala “regionale” che “locale”.

Di seguito vengono sintetizzati alcuni risultati di una ricerca in corso mirata all'analisi della relazione tra la variabilità spaziale della subsidenza e delle componenti, naturali ed indotte, che la producono. Le forzanti sono esaminate in funzione della loro profondità.

Questa analisi è stata possibile grazie all'elevata risoluzione spaziale e all'accuratezza verticale dei dati altimetrici disponibili (TOSI *et alii*, 2000; TEATINI *et alii*, 2005) nonché alle numerose nuove informazioni sull'assetto geologico ed idrogeologico, derivanti da recenti progetti come il CARG (Fogli “Venezia” e “Chioggia-Malamocco”), Co.Ri.La. VOSS e 3.16, VECTOR – Cliven e ISES.

## 2. – RISULTATI

La mappa dei movimenti verticali del suolo per il periodo 1992-2002 è riportata in figura 1. La variabilità spaziale a scala “regionale” del processo di subsidenza è ben evidente: le velocità di subsidenza comprese tra 1 e 2 mm/anno nel settore costiero centrale aumentano fino a 10 mm/anno procedendo verso il settore costiero nord-orientale e quello meridionale. Sollevamenti sono osservati a nord di Treviso e sud di Padova.

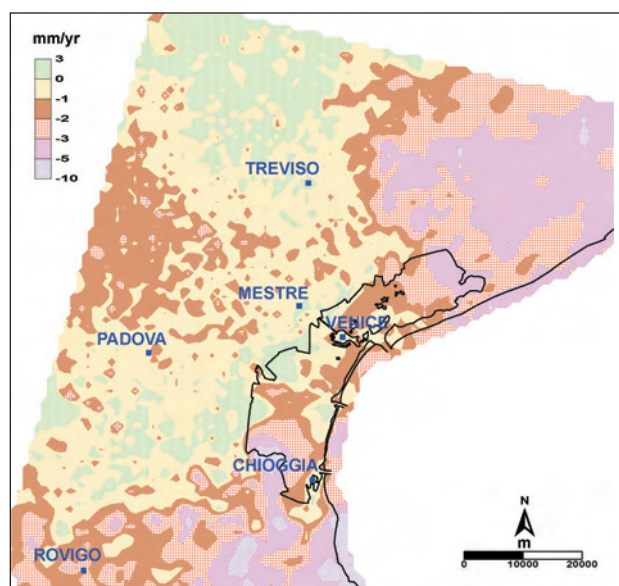


Fig. 1 - Velocità di spostamento verticale del suolo (mm/anno) relativo al periodo 1992-2002; valori negativi indicano subsidenza (da TEATINI *et alii*, 2005).  
- Ground vertical movement velocities (1992-2002); negative values mean land subsidence (after TEATINI *et alii*, 2005).

### 2.1. – COMPONENTI PROFONDE

Il contributo dovuto alle componenti profonde (indicativamente sotto i 400-600 m), che agiscono a scala “regionale”, è dato da:

$$\eta_n = \eta_t + \eta_{sl} + \eta_c + \eta_{gia}$$

dove  $\eta_t$  è il contributo della tettonica,  $\eta_{sl}$  il carico dei depositi,  $\eta_c$  la compattazione dei sedimenti e  $\eta_{gia}$  l'assessamento isostatico per la deglaciazione pleistocenica. CARMINATI & DI DONATO (1999) e CARMINATI *et alii* (2003) riportano per l'area veneziana valori di subsidenza naturale totale calcolati per l'intera serie quaternaria compresi tra -0.9 a -1.6 mm/anno.

Per quanto riguarda la componente dovuta alla tettonica, si è valutata la possibilità di correlazione tra le variazioni dei movimenti del suolo e la posizione di linee tettoniche regionali. Lungo la sezione di figura 2, ad esempio, le principali variazioni dello spostamento altimetrico, filtrato delle componenti locali, sembrerebbero essere in relazione con la presenza di faglie.

### 2.2. – COMPONENTI MEDIE

Le componenti della subsidenza che agiscono a media profondità (tra 400-600 e 50 m circa) sono sia naturali che indotte ed agiscono a scala “regionale”.

Un contributo naturale è la variabilità litologica dei depositi del Pleistocene medio-superiore nell'area lagunare. In figura 3 è riportato lo spessore cumulo dei depositi argillosi presenti fino a circa 400 m di profondità. La maggior presenza di sedimenti più comprimibili nei settori nord e sud rispetto a quello centrale, dove invece prevalgono i depositi sabbiosi, può giustificare parte delle variazioni del *trend* osservato in figura 1.

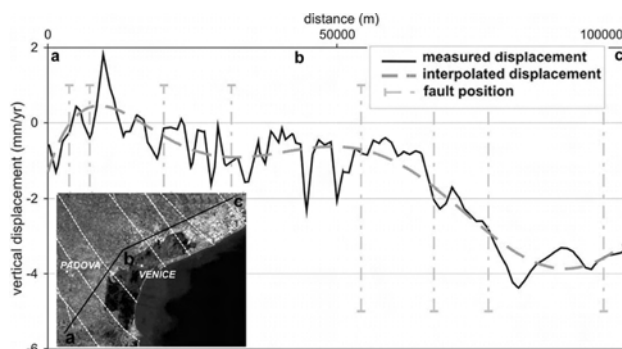


Fig. 2 - Relazione tra i movimenti del suolo 1992-2002 e la posizione di linee tettoniche. Nell'immagine satellitare sono indicate le posizioni delle faglie e la traccia del profilo (da TOSI *et alii*, 2009, modificata).  
- Vertical displacements obtained by slicing the map of figure 1 along the black alignment shown on the right. The dashed line represents the measured values and the continuous line their large scale behaviour (modified after TOSI *et alii*, 2009).



Fig. 3 - Mappa dello spessore cumulativo (m) dei depositi argillosi nei primi 350 m di sottosuolo (da TOSI *et alii*, 2009, modificata).  
- Cumulative thickness (m) of the clayey deposits in the upper 350 m depth of the Venice sedimentary sequence (modified after TOSI *et alii*, 2009).

Nella pianura veneta costiera sono presenti importanti risorse idriche sotterranee tra 50 e 600 m. Nell'ultimo ventennio, il crescente sfruttamento artesiano in varie parti della pianura veneta ha accelerato la subsidenza nell'area nord-orientale e nei settori a nord di Padova e a sud-ovest di Treviso dove si sono misurati tassi di subsidenza più elevati che altrove (fig. 1).

### 2.3. – COMPONENTI SUPERFICIALI

Le componenti superficiali (primi 50 m circa) sono sia naturali che indotte e si esplicano a varie scale spaziali.

I depositi olocenici generalmente hanno caratteristiche geotecniche differenti da quelle dei sedimenti tardo-pleistocenici (TOSI *et alii*, 2007a, 2007b). In particolare, l'indice di consolidazione dei depositi marino-lagunari è inferiore a quello dei depositi alluvionali. In figura 4 è riportata la mappa della profondità della base dei depositi olocenici, che in quest'area corrisponde grossomodo a quella del loro spessore, e un grafico con la variabilità dell'assetto della base dell'Olocene assieme a quella delle velocità di spostamento del suolo lungo la sezione a-c. Il *trend* dei movimenti si correla abbastanza bene a quello degli spessori olocenici; le divergenze sono dovute principalmente alla presenza di particolari strutture geomorfologiche (TOSI *et alii*, 2007a, 2007b; ZECCHIN *et alii*, 2008) e fattori antropici locali.

Anche la subsidenza dovuta alla diffusione di acque salate in formazioni argillose, originariamente sature di acqua dolce, comporta una con-

solidazione della matrice porosa. Il processo di intrusione salina, che in alcuni settori costieri del bacino scolante veneziano coinvolge i primi 30-50 m di sottosuolo, può contribuire alla subsidenza osservata. Studi specifici sono attualmente in corso. Altra componente superficiale è il processo di ossidazione biochimica del materiale organico affiorante nelle bonifiche. Questo comporta l'emissione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera con conseguente perdita di massa solida che si traduce in riduzione altimetrica (CARBOGNIN *et alii*, 2006).

Infine, nelle aree di recente sviluppo urbano, la compattazione del suolo indotta dal carico degli edifici assume un ruolo non trascurabile anche se limitato arealmente (figg. 5, 6).

### 3. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Recentemente, con l'utilizzo di tecniche di misura satellitare SAR è stata realizzata la mappa dei movimenti del suolo di una ampia area costiera veneta (100x100 km<sup>2</sup>). Grazie alla elevata risoluzione spaziale e all'accuratezza verticale del monitoraggio è emerso che il processo subsidenziale si esplica con una forte variabilità spaziale, sia a scala regionale che locale. L'analisi integrata dei dati altimetrici e delle numerose nuove informazioni sul sottosuolo, recentemente acquisite nell'ambito dei Progetti CARG, Co.Ri.La, VECTOR e ISES, ha permesso la caratterizzazione delle componenti della subsidenza dell'area veneziana in funzione della profondità alla quale agiscono.

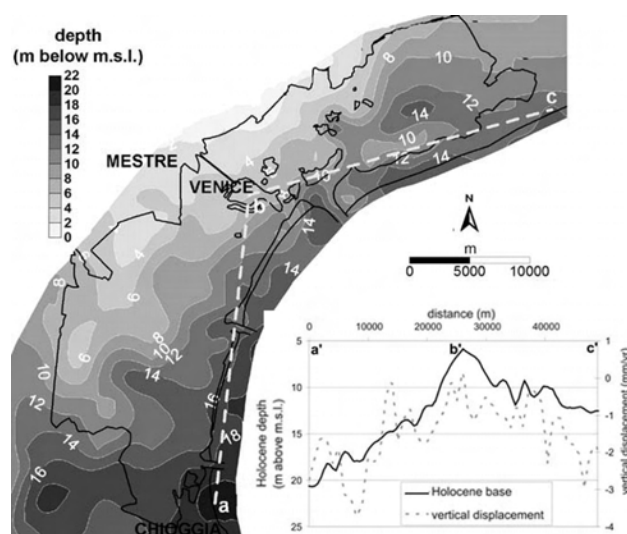


Fig. 4 - Mappa della profondità (m) della base dei depositi olocenici (pressappoco corrispondente a quella del loro spessore) e relazione tra il suo l'assetto e le velocità di subsidenza (mm/a) lungo la sezione a-c (da TOSI *et alii*, 2009, modificata).

- Map of the base of the Holocene deposits (c.a. their thickness, m below m.s.l.) and correspondence between the measured vertical displacements and the thickness of the Holocene deposits along the a-c cross section (modified after TOSI *et alii*, 2009).



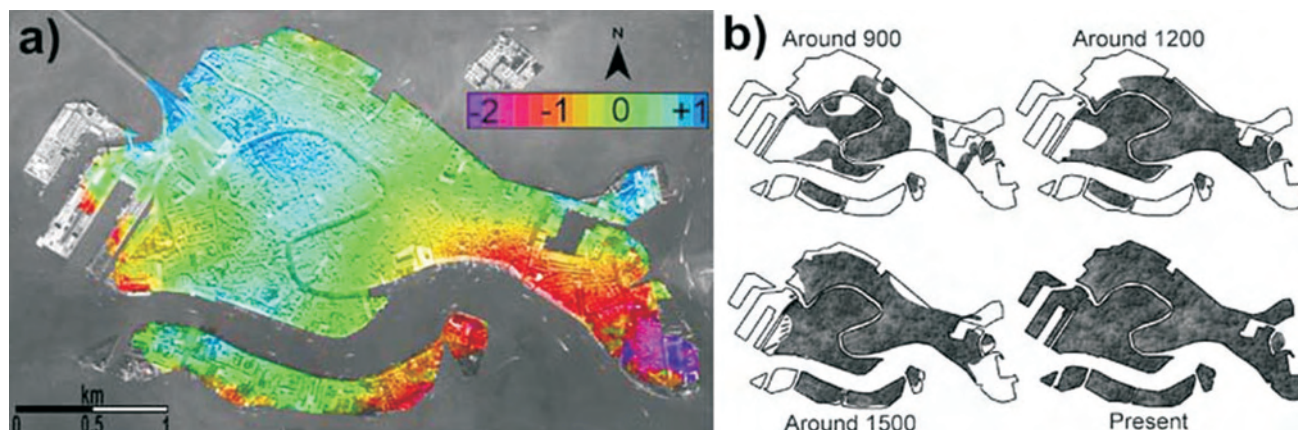


Fig. 5 - a) Movimenti verticali recenti di Venezia (mm/anno); b) Schema dell'espansione urbana di Venezia dal '900 (modificata da TOSI *et alii*, 2002).  
- a) Rates of ground vertical displacement (mm/yr); b) sketch of the Venice growth from 900 A.D. to the present (modify after TOSI *et alii*, 2002).

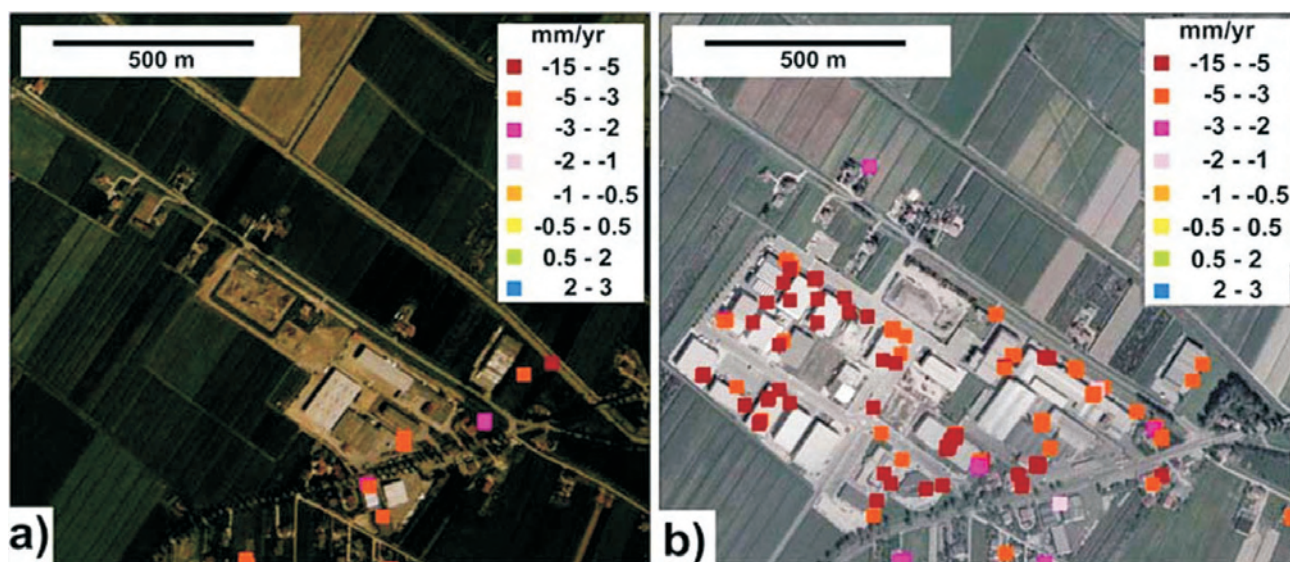


Fig. 6 - Esempio di variazione dei tassi di subsidenza connessi alla recente espansione urbana in un'area rurale vicino a Jesolo: a) 1992-2002, b) 2003-2007 (da TOSI *et alii*, 2009, modificata).

- Example of average vertical displacements measured by IPTA in a newly urbanized zone close to Jesolo: a) 1992-2002, b) 2003-2007 (modify after TOSI *et alii*, 2002).

## Ringraziamenti

Lavoro svolto con il contributo dei risultati dei progetti ISES, CARG, Co.Ri.La VOSS, Co.Ri.La 3.16., VECTOR-Cliven, ISES e CNR-RSTL n.156.

## BIBLIOGRAFIA

- CARBOGNIN L., GAMBOLATI G., PUTTI M., RIZZETTO F., TEATINI P. & TOSI L. (2006) - Soil contamination and land subsidence raise concern in the Venice watersbed, Italy. In: *Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards*. C. A. BREBBIA *et alii* (Eds.), WIT Press., 691-700.
- CARMINATI E. & DI DONATO G. (1999) - Separating natural and anthropogenic vertical movements in fast subsiding areas: the Po plain (N. Italy) case. *Geophys. Res. Lett.*, **26**(15): 2291-2294.
- CARMINATI E., DOGLIONI C. & SCROCCA D. (2003) - Apennines subduction-related subsidence of Venice (Italy). *Geophys. Res. Lett.* **30** (13), 1717.
- TEATINI P., TOSI L., STROZZI T., CARBOGNIN L., WEGMÜLLER U. & RIZZETTO F. (2005) - Mapping regional land displacements in the Venice coastland by an integrated monitoring system. *Remote Sens. Environ.* **98**: 403-413.
- TOSI L., CARBOGNIN L., TEATINI P., STROZZI T. & WEGMÜLLER U. (2002) - Evidences of the present relative land stability of Venice, Italy, from land, sea, and space observations. *Geophys. Res. Lett.* **29**, doi:10.1029/2001GL013211.
- TOSI L., RIZZETTO F., BONARDI M., DONNICI S., SERANDREI BARBERO R. & TOFFOLETTO F. (2007a) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 128 - Venezia. APAT, Dip. Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, SystemCart, pp. 164, Roma.
- TOSI L., RIZZETTO F., BONARDI M., DONNICI S., SERANDREI BARBERO R. & TOFFOLETTO F. (2007b) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 148-149 - Chioggia-Malamocco. APAT, Dip. Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, SystemCart, pp. 164, Roma.
- TOSI L., TEATINI P., CARBOGNIN L. & BRANCOLINI G. (2009) - Using high resolution data to reveal depth-dependent mechanisms that drive land subsidence: The Venice coast, Italy. *Tectonophysics*, 10.1016/j.tecto.2009.02.026.
- ZECCHIN M., BARADELLO L., BRANCOLINI G., DONDA F., RIZZETTO F. & TOSI, L. (2008) - Sequence stratigraphy based on high resolution seismic profiles in the late Pleistocene and Holocene deposits of the Venice area. *Marine Geology*, **253**: 185-198.

## I dati CARG e il governo del territorio: l'esempio della definizione della pericolosità locale per la riduzione del rischio sismico

*CARG data and territory government: the example of the definition of the local hazard for the seismic risk reduction*

MARTELLI L. (\*)

**ABSTRACT** – The local stratigraphic and morphological conditions can modify the seismic motion at the surface, determining local effects, i.e. amplification and instability phenomena.

Therefore, the knowledge of the geological features is fundamental to apply effective strategies of reduction of the seismic risk.

From the geological maps, surveyed and organized according to the CARG criteria, it is possible, through GIS, to elaborate in quick way and with contained costs maps of the local seismic hazard in which areas susceptible of local effects are highlighted.

These maps find application in all the territory government phases: from the earliest planning stages, to the design and to the activities of Civil Protection too.

**PAROLE CHIAVE:** banca dati CARG, cartografia geologica, effetti locali, governo del territorio, pericolosità sismica.

**KEY WORDS:** CARG data base, geological mapping, local effects, seismic hazard, territory government.

### 1. – PREMESSA

È noto che i risentimenti alla superficie di un terremoto dipendono anche dalle caratteristiche stratigrafiche e topografiche locali.

Il comportamento del terreno in caso di even-

to sismico definisce la “risposta sismica locale” (RSL). Un elevato contrasto di impedenza sismica (1) tra un deposito superficiale, ad esempio un deposito alluvionale o una coltre detritica di versante (che spesso costituiscono terreni di fondazione), e il suo substrato può determinare una variazione in ampiezza, frequenza e durata del moto sismico al passaggio delle onde dal substrato al deposito superiore. Queste variazioni possono produrre modificazioni temporanee e permanenti dell'ambiente (“effetti locali”).

La modificazione di maggiore interesse è l'amplificazione del moto nel deposito superficiale, che termina quando cessa il terremoto (deformazione reversibile, temporanea). In presenza di terreni granulari sciolti o poco addensati, di terreni coesivi poco consistenti o di coltri detritiche su pendii acclivi, il moto sismico, in particolare se amplificato, può causare anche fenomeni di instabilità (frane, liquefazione, densificazione, ...) che causano deformazioni permanenti del paesaggio come cedimenti e spostamenti.

Un terremoto di elevata magnitudo, e/o molto prossimo alla superficie, può provocare anche fagliazione superficiale, cioè deformazioni di taglio dannose per gli edifici e le infrastrutture.

(\*) Regione Emilia Romagna - Servizio geologico, sismico e dei suoli

(1) Impedenza sismica  $I = \rho_B V_{SB} / \rho_S V_{SS}$  dove  $\rho_B$  e  $V_{SB}$  sono rispettivamente la densità e la velocità delle onde S del substrato (*bedrock*) e  $\rho_S$  e  $V_{SS}$  la densità e la velocità delle onde S del deposito sovrastante



Per questi motivi da vari anni, le normative nazionali e regionali per la riduzione del rischio sismico richiedono che, prima in ambito di pianificazione territoriale e urbanistica poi per la progettazione e la realizzazione di opere, siano adeguatamente considerate le condizioni geologiche e morfologiche locali e che le scelte e gli interventi siano compatibili con la pericolosità sismica locale.

## 2. – INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A MAGGIORE PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Da quanto sopra è quindi evidente l'importanza delle conoscenze geologiche per la migliore definizione della pericolosità sismica locale.

La Regione Emilia-Romagna, con deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112/2007, ha approvato indirizzi per la microzonazione sismica in Emilia-Romagna, in cui sono indicate alcune procedure per la definizione della pericolosità sismica locale e per la microzonazione sismica del territorio da applicarsi nelle varie fasi della pianificazione urbanistica previste dalla LR 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" (BURER, 2007).

Questi indirizzi prevedono che gli studi di microzonazione sismica siano realizzati secondo diversi livelli di approfondimento, in funzione della pericolosità sismica locale e del valore espositivo dell'intervento da realizzare.

In particolare, il primo livello di approfondimento prevede l'individuazione delle condizioni geologiche e topografiche in grado di determinare effetti locali.

In tabella 1 sono elencati i principali elementi stratigrafici e topografici che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna.

I depositi elencati in tabella 1 sono facilmente individuabili dalle carte geologiche rilevate a scala di dettaglio (almeno 1:10.000) secondo criteri di descrizione e classificazione delle unità cartografiche che tengano conto della litologia, granulometria, genesi e grado di attività dei processi geologici e morfologici.

### 2.1. – PROCEDURA PROPOSTA

In figura 1 è schematizzata la procedura proposta dalla direttiva della Regione Emilia-Romagna per la realizzazione di carte delle aree suscettibili di effetti locali da dati preesistenti (vedi anche MARTELLI *et alii*, 2006; MANICARDI & MARTELLI, 2007).

Tab. 1 - *Condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da Allegato A1, Delibera Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna 112/2007).*

- Geological and morphological features which can determine local effects in Emilia-Romagna (from Annex A1, Deliberation of the Legislative Assembly of the Emilia-Romagna Region n.112/2007).

Effetto atteso: **AMPLIFICAZIONE**

**Depositi (spessore uguale o maggiore di 5 m):**

- a) detriti di versante (di frana, di falda, eluvio-colluviali, depositi morenici, depositi da geliflusso, ...)
- b) detriti di conoide alluvionale
- c) depositi alluvionali
- d) accumuli detritici pedemontani (falde di detrito e con di deiezione)
- e) depositi fluvio-lacustri
- f) riporti antropici
- g) rocce del substrato alterate e/o intensamente fratturate
- h) litotipi del substrato costituiti da argille poco o mediamente consistenti e da sabbie poco cementate (litotipi caratterizzati da Vs indicativamente minore di 750-800 m/s)

**Elementi morfologici (cfr. EC8):**

- creste, cocuzzoli, dorsale allungate e versanti con acclività maggiore di 15° e altezza maggiore di 30 m

Effetti attesi: **AMPLIFICAZIONE E CEDIMENTI**

- Depositi granulari fini sciolti, nei primi 20 m da p.c., con profondità media stagionale del tetto della falda acquifera minore di 15 m da p.c. (**fattori predisponenti al rischio di liquefazione e densificazione**)
- **Depositi (spessore uguale o maggiore di 5 m) con caratteristiche geo-meccaniche scadenti:** terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT minore di 15 o cu minore di 70 kPa o Vs30 minore di 180 m/sec
- Zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico - meccaniche molto diverse (comportamenti differenziali)
- Cavità sepolte (possibili comportamenti differenziali)

Effetto atteso: **INSTABILITÀ DEI VERSANTI**

- Zone instabili: **zone direttamente interessate da fenomeni franosi attivi**
- **Zone potenzialmente instabili:** zone in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (pendii con acclività maggiore di 15° costituiti da accumuli detritici incoerenti o da terreni prevalentemente argillosi o intensamente fratturati; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; zone prossime a frane attive; scarpate subverticali; aree detritiche prossime a orli di scarpata)

Le carte 1:10.000 rilevate per la Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (Progetto CARG), grazie ai criteri di rilevamento litostratigrafico per il substrato, litologico - granulometrico e genetico per i terreni di copertura e all'organizzazione delle informazioni in una banca dati GIS, possiedono tutte le caratteristiche richieste per realizzare il primo livello di approfondimento.

Fondamentale per questo tipo di elaborazione e gestione delle informazioni è l'organizzazione di una banca dati GIS.

La procedura proposta in figura 1 è conforme anche agli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e dal Dipartimento della Protezione Civile (GRUPPO DI LAVORO MS, 2008; in stampa) e può quindi essere applicata in tutte le aree in cui sono disponibili carte geologiche rilevate secondo i criteri CARG.

In particolare, l'elaborazione dei dati CARG è



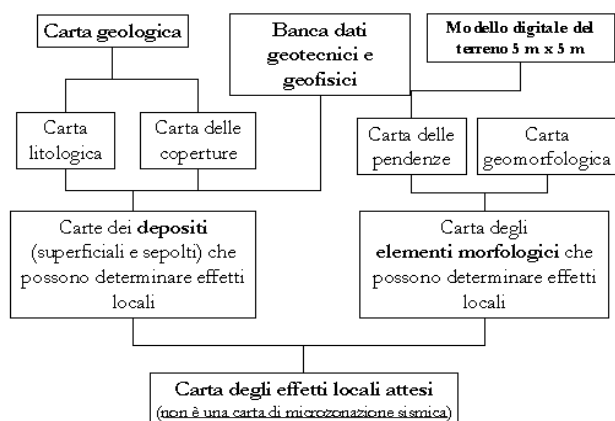


Fig. 1 - Schema per la realizzazione di carte degli effetti locali da dati preesistenti; primo livello di approfondimento di uno studio di microzonazione sismica.

- Flowchart for drafting of local effect maps from available data: first level of a seismic microzonation study.

descritta nel flusso di attività che permette di ottenere la carta dei depositi, superficiali e sepolti, che possono determinare effetti locali. Dalla carta geologica e dalla relativa banca dati è possibile selezionare le unità stratigrafiche (tutte, indipendentemente dal rango e dalla genesi) e le coperture che possono indurre effetti locali (vedi ad esempio tabella 1). Tale operazione sarà più rapida e meno onerosa se i dati sono organizzati in un GIS.

Il passo successivo consiste nell'accorpare le unità selezionate in classi che presumibilmente hanno un comportamento simile in caso evento sismico (Risposta Sismica Locale, RSL). Poiché la RSL, durante un determinato terremoto, dipende dalle proprietà meccaniche (densità) e dalle caratteristiche geometriche dei terreni, è di fondamentale importanza elaborare una carta in cui i terreni siano distinti e classificati secondo le caratteristiche litologiche (carta litologica).

In particolare devono essere ben caratterizzati i terreni recenti, soprattutto le coperture detritiche (alluvioni, detriti di versante, accumuli gravitativi) ed è quindi importante elaborare anche una mappa descrittiva dei terreni di copertura. Ciò anche perché le direttive nazionali e regionali generalmente prevedono particolari vincoli o strategie di intervento e gestione del territorio in presenza di terreni detritici recenti.

Poiché gli effetti locali si verificano soprattutto in terreni incoerenti con spessore di almeno 3 m al di sotto del piano di posa delle fondazioni, cioè in terreni indicativamente spessi almeno 5 m da p.c., è importante conoscere e rappresentare la profondità del *bedrock* sismico. Tale profondità può essere efficacemente rappresentata tramite isobate della superficie superiore (tetto). Per

*bedrock* sismico si intende quel corpo geologico al cui interno la  $V_s$  è significativamente maggiore (almeno doppia) di quella dei terreni soprastanti e aumenta gradualmente con la profondità. I valori di  $V_{S30}$  (velocità equivalente delle onde S nei primi 30 metri di profondità) delle coperture variano generalmente tra 150 e 350 m/s; misure sperimentali indicano che in Appennino terreni caratterizzati da  $V_s$  circa uguale a 650÷700 m/s si comportano da *bedrock* sismico (BORDONI *et alii*, 2007). Per definire quindi profondità e geometria del tetto del *bedrock* sismico, è importante mappare la profondità (tetto del *bedrock* sismico) al di sotto della quale la  $V_s$  è indicativamente maggiore di 700 m/s ( $V_s = 800$  m/s per le direttive europee e nazionali: vedi categoria di sottosuolo A dell'Eurocodice 8, parti 1 e 5, e del D.M. 14/1/2008 "Norme tecniche per le costruzioni") e cresce in maniera graduale, cioè senza contrasti di impedenza significativi verso il basso.

In assenza di misure e stime della  $V_s$ , la geometria e lo spessore dei terreni di copertura possono essere efficacemente rappresentati mappando la profondità del tetto del substrato geologico. Misure sperimentali (MARTELLI *et alii*, 2006) indicano però che alcune unità litostratigrafiche appenniniche (che costituiscono substrato geologico delle coperture), come ad esempio le argille e le sabbie post-evaporitiche del margine appenninico-padano (es.: Argille Azzurre, Argille a Colombacci, Sabbie di Imola) e in generale tutte le formazioni intensamente fratturate e deformate, sono caratterizzate da spessori anche di vari metri in cui  $V_s$  è simile a quella delle coperture (talora  $\leq 450\div 500$  m/s); tali terreni non possono essere quindi considerati *bedrock* sismico ed è perciò importante che siano evidenziati nella carta litologica.

La carta delle unità geologiche che possono determinare effetti locali è la sintesi delle carte sopra descritte (litologica e delle coperture).

Questo tipo di rappresentazione, sebbene qualitativa e speditiva, è di estrema importanza per tutte le attività di governo del territorio finalizzate alla riduzione del rischio sismico; permette di individuare le zone a maggiore pericolosità sismica locale, definire i livelli di approfondimento degli studi da realizzare e programmare in maniera più mirata le indagini da realizzare. Nella pianificazione di area vasta (Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali, PTCP) questo tipo di cartografia costituisce anche la base per formulare gli indirizzi per le successive fasi di pianificazione comunale (Piani Strutturali Comunali, PSC).

I dati CARG, così elaborati, possono essere utilizzati anche per attività di Protezione Civile, in

particolare per la definizione di scenari di danno che tengano conto della pericolosità locale e per la scelta delle aree destinate agli insediamenti provvisori.

### 3. – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalle carte CARG, grazie ai criteri di rilevamento (litostratigrafico per il substrato, litologico-granulometrico e genetico per i terreni di copertura) e dalle relative banche dati è possibile realizzare in automatico, tramite GIS, carte dei depositi che possono determinare effetti locali in caso di eventi sismici, sia a scala di area vasta che a scala di centro abitato (se rilevate a scala 1:10.000).

Ciò permette la realizzazione speditiva e a basso costo di mappe propedeutiche per gli studi di microzonazione sismica e per la programmazione delle indagini di approfondimento.

Questa procedura deriva dagli “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” della Regione Emilia-Romagna ed è conforme anche agli “Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica” approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e dal Dipartimento della Protezione Civile, attualmente in stampa.

Poiché l’analisi della risposta sismica locale e la microzonazione sismica, oltre a costituire efficaci strumenti per la riduzione del rischio sismico e investimenti per lo sviluppo delle aree a maggiore sismicità, sono anche obblighi di legge, in quanto

richieste dalle normative vigenti sia in materia di pianificazione urbanistica che di progettazione, è auspicabile che la cartografia geologica sia completata, ad una scala adeguatamente dettagliata (1:10.000 - 1:5.000), almeno nelle aree urbane e urbanizzabili (centri urbani, pianure, coste, vallate, e zone limitrofe).

### BIBLIOGRAFIA

- BORDONI P., HAINES J., DI GIULIO G., MILANA G., AUGLIERA P., CERCATO M., MARTELLI L., CARA F. & THE CAVOLA EXPERIMENT TEAM (2007) – *Cavola experiment site: geophysical investigations and deployment of a dense seismic array on a landslide*. Annals of Geophysics, **50** (5), October 2007: 627-649.
- BURER (2007) - *Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112/2007: Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*. Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna n. 64 del 17/5/2007.
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008) - *Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione civile. Roma, 3 vol. e 1 Cd-rom.
- MANICARDI A. & MARTELLI L. (2007) - *Prevenzione del rischio sismico: rappresentazione della pericolosità sismica locale per i piani territoriali provinciali*. Urbanistica, 59-132, gennaio-aprile 2007: 95-101.
- MARTELLI L., FILIPPINI M., BAGLI S., SEVERI P. & TOMASETTI F. (2006) - *Riduzione del rischio sismico nella pianificazione territoriale e urbanistica in Emilia-Romagna: definizione e rappresentazione della pericolosità sismica locale*. Il Geologo dell'Emilia-Romagna, Boll. Uff. d'Inf. Ordine Geologi. Regione Emilia-Romagna, anno 6/2006, n. 24: 7-17.

## Il Portale Geografico del Servizio Geologico d'Italia. Uno strumento di diffusione dei dati geologici

*The Geographic Portal of the Geologic Survey of Italy.  
A geological data dissemination tool*

BATTAGLINI L. (\*), CAMPO V. (\*), CIPOLLONI C. (\*),  
CONGI M.P. (\*), DELOGU D. (\*), VENTURA R. (\*)

**ABSTRACT** – The Geographic Portal of Geological Survey of Italy (ISPRA), now available at <http://serviziogeologico.apat.it/Portal>, was planned according to the standard criteria of the INSPIRE directive. ArcIMS services and at the same time WMS and WFS services had been realised to satisfy the different clients. For each database and web-services the metadata have been wrote in agreement with the ISO 19115. The management architecture of the portal allows it to encode the clients input and output requests both in ArcXML and in GML language. The web-applications and web-services have been realised for each database owner of Land Protection and Georesources Department concerning the geological map at the scale 1:50,000 (CARG Project) and 1:100,000, the IFFI landslide inventory, the boreholes due Law 464/84, the large-scale geological map and all the raster format maps.

**PAROLE CHIAVE:** INSPIRE Portal, WMS, WFS, Webservice

**KEY WORDS:** Portal, WMS, WFS, Webservice, INSPIRE

### 1. - IL PROGETTO

Il Portale Geografico del Servizio Geologico d'Italia, ISPRA (ex APAT), consultabile all'indirizzo <http://serviziogeologico.apat.it/Portal>, è stato progettato utilizzando una struttura basata sui criteri *standard* suggeriti anche dalla direttiva INSPIRE (*European Commission*, 2007) e nasce con lo scopo di consentire la condivisione, l'integrazione

e la consultazione delle banche dati del territorio italiano nel settore delle Scienze della Terra.

Al fine di mantenere la rappresentazione del dato più simile ai presupposti cartografici classici sono stati realizzati servizi ArcIMS (secondo *standard* cartografici nazionali).

Nella prima fase, per esigenze rappresentative e di sperimentazione, sia i metadati compilati secondo *standard* europei che i servizi relativi alle banche dati realizzate dal Servizio Geologico, sono stati pubblicati solo in lingua italiana.

In una seconda fase invece, per rispondere ad una crescente richiesta di fruibilità da parte di *partner* ed utenti internazionali, si è ritenuto opportuno realizzare metadati e servizi WMS (con *standard* europei) anche in lingua inglese. Il Portale Geografico adotta anche gli *standard* previsti da *OneGeology*, progetto patrocinato Unesco dall'ambito dell'Anno Internazionale del Pianeta Terra (consultabile all'indirizzo <http://www.onegeology.org/>).

Le banche dati disponibili presso i Dipartimenti Difesa del Suolo e Difesa della Natura dell'ISPRA strutturate in geodatabase sul Portale, sono state organizzate in strati informativi al fine di consentire una migliore fruizione delle informazioni.

(\*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia/Servizio Cartografico, coordinamento base dati e tavoli europei



## 2. - IL CONTENUTO INFORMATIVO DEL PORTALE

Il contenuto informativo è costituito dai metadati, dai servizi, dalle applicazioni e da documenti di interesse tecnico e divulgativo.

I metadati attualmente presenti sono esclusivamente quelli messi a disposizione dal Dipartimento della Difesa del Suolo ISPRA e relativi ai singoli strati informativi e ai servizi ArcIMS/WMS ricavati dai geodatabase, gestiti direttamente dal Dipartimento.

È intenzione nell'immediato futuro consentire l'inserimento di metadati, applicazioni e servizi disponibili presso tutte le strutture che collaborano in progetti di interesse nazionale (Regioni, Province Autonome, Arpa e Appa e Comunità Scientifiche) con il suddetto Dipartimento.

Per un accesso più immediato al contenuto informativo, svincolato dall'architettura del geodatabase, sono state realizzate delle "viste" SDE che hanno permesso di tematizzare notevolmente il numero degli strati informativi, rendendoli ancora più omogenei rispetto alla struttura iniziale, molto legata al modello di fornitura dati.

Le "viste" consentono la sostituzione delle complesse codifiche interne della banca dati con le dettagliate descrizioni dei domini.

Questa soluzione offre la possibilità di impiegare informazioni già interpretate ed elaborate, anche al fine di poterle integrare con servizi provenienti da server, sia locali che remoti.

Attualmente sono disponibili *on-line* sia servizi che presentano denominazioni esplicative del contenuto informativo, come ad esempio sorgenticarg (servizio che consente la visualizzazione delle sorgenti definite nel progetto CARG), sia quelli individuati dal nome del progetto con un contenuto informativo definito nel seguito tra parentesi:

- Progetto CARG: carg (visualizza il contenuto informativo completo dei dati del progetto CARG), cave\_miniere, franecarg, discariche\_geomorfologia\_puntuale, faglie\_sovrascorrimenti, geomorfologia\_carg, geounita\_epoca (unità geologiche classificate secondo l'epoca), geounita\_periodo (unità geologiche classificate secondo il periodo), sorgenticarg, stratimetria sondaggi\_manifestazioni\_localita;

- Progetto IFFI: iffi, (visualizza il contenuto informativo completo dei dati del progetto IFFI), frane\_iffi (tutte le tipologie di frane del progetto IFFI, identificate geometricamente da poligoni, linee e punti), frane\_danni\_iffi (solo le frane aree correlate ai danni);

- Carta Geologica al 100.000: cartageol (geologia\_100k) (visualizza il contenuto informativo

completo dei dati della cartografia geologica al 100.000, integrati dai vari sfondi raster disponibili);

- Sondaggi 464/84: sondaggi (visualizza il contenuto informativo completo dei dati dei sondaggi disponibili nell'archivio della Legge 464/1984), sondaggi\_profondita\_legge464 (visualizza il contenuto informativo dello strato informativo sondaggi, classificato secondo la profondità);

- Carta della Natura: nelle due scale 1:250.000 e 1:50.000;

- dati di interesse naturalistico: (aree protette, *Corine Land Cover*, regioni climatiche e unità ecopedologiche);

- Raster di sfondo: raster\_geologico\_100k, raster\_geologico\_500k, raster\_geologico\_50k, strutturale\_raster\_500k, abruzzo\_25K, raster\_topografico\_250k, toscana\_25k, trentino\_25k, valleaosta\_25k, veneto\_25k;

- Cartobase (dati di base): geologia\_500k (visualizza i tre strati informativi della geologia, litologia e complessi idrogeologici alla scala 1:500.000), altimetria\_geologia (consente una visione tridimensionale della geologia alle scale 1:500.000 e 1:100.000).

- Modelli 3D.

Tutti i servizi precedentemente indicati sono corredati da metadati, tutti reperibili attraverso gli strumenti di ricerca disponibili all'interno del portale. Le applicazioni ed i documenti esterni o anche interni all'ISPRA, invece, disponibili solo come link, non contengono metadati.

Per ovviare a tale problema si è notevolmente implementata la gestione dei canali tematici (lato destro della *homepage* del portale), che consente di realizzare una sorta di "indice" sui dati e metadati gestiti dal portale.

La gestione dei canali tematici è resa possibile dallo strumento "*Channel Editor*" (disponibile per il *download* all'interno del portale) che, una volta installato, consente di modificare ed aggiornare la struttura dei canali.

Dalla *home page* del Portale (fig. 1) è possibile effettuare la ricerca di metadati che possono esse-



Fig. 1 - Home page del Portale.  
- The Portal home page.

re associati al *dataset* e al *web-service* (WMS e/o ArcIMS):

- attraverso specifiche parole chiave;
- in modalità avanzata per parole chiave, temi ed aree geografiche;
- attraverso la selezione di argomenti specifici nella colonna destra della *home page*.

L'architettura utilizzata prevede oltre all'uso del GIS *Portal Toolkit* 3.0/3.1, anche di ArcIMS 9.1/9.2, come strumento per la gestione dei metadati e la pubblicazione di servizi cartografici interattivi in vari formati.

Per la pubblicazione dei servizi *web* viene utilizzato IIS 5.0 *Windows Microsoft* e *Apache Tomcat* 5.0.28 per le applicazioni Java.

GIS *Portal Toolkit* con il supporto di *Microsoft Search* (SQLServer) consente, una volta attivato e configurato, di ricercare attraverso il contenuto informativo dei metadati la consistenza e ubicazione dei dati territoriali gestiti direttamente dal

portale.

L'informazione ricavata dai metadati consente anche di determinare il tipo e la modalità della disponibilità del dato, ad esempio:

- dati *off-line* cioè non disponibili in rete;
- dati *on line* disponibili in rete tramite servizi

ArcIMS o applicazioni *web* intranet o internet; documenti tecnici.

Per la redazione dei metadati sono stati utilizzati i due *standard*, l'FDCG di origine americana (specialistico per i dati cartografici, utilizzato da tutte le strutture pubbliche nordamericane) e l'ISO 19115. Il caricamento dei metadati è avvenuto in parte in modalità *batch* per i metadati degli strati informativi editati precedentemente con ArcCatalog; in parte attraverso il *tool* di *editing* disponibile con GIS *Portal Toolkit* per i metadati relativi ai servizi.

Il *software* GIS *Portal Toolkit*, su cui si basa il portale del Servizio Geologico consente la tra-

**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Servizio Geologico d'Italia - Dipartimento Difesa del Suolo

**Metadata Portal**

- [Home](#)
- [Launch Map Viewer](#)
- Advanced Search**
- [Informazioni sul portale](#)
- [Elenco dei servizi WMS](#)
- Login
- Username:
- Password:
- 
- [Create a new account!](#)

**Advanced Search**

☒ Exact text search  
☐ Any word  
☐ All words

**Where**

☒ Anywhere  
☐ Find A Place

☐ Data must fall completely inside area

**What**

Data Category:   
 Type/Format:

**When (use 'YYYYMMDD' format)**

☒ Anytime  
☐ Time Period: From:  To:   
☐ Date Posted: After:

Sort results by:

Realizzazione a cura del Settore coordinamento base dati (SUO-MAP) & ESRI Italia  
 Amministrazione portale R.Ventura e F.A.Ventura  
 This is a GIS Portal Toolkit Computer System. Please read the [Disclaimer](#) and [Privacy](#).

Fig. 2 - Ricerca avanzata.  
- Advanced search.

sformazione “*on the-fly*” in altri sistemi di riferimento, questa trasformazione è abbastanza corretta nel caso in cui la scala di rappresentazione non sia di elevato dettaglio (fino alla scala 1:25.000) ma perde in qualità per scale di maggior dettaglio.

Le informazioni geologiche sono principalmente caratterizzate dall'uso di una apposita simbologia, che di fatto ha imposto la scelta, per alcuni servizi, del formato ArcIMS poiché nel formato WMS, la simbologia adottata sarebbe stata incompatibile.

Infine per quanto concerne il sistema geografico di riferimento, il Dipartimento Difesa del Suolo utilizza l'UTM ED50 che al momento è ancora lo *standard* cartografico maggiormente utilizzato nel territorio nazionale.

Infine dall'*home page* del Portale, nel lato destro sotto la voce Data Categories-Modelli 3D, si trova il *link* che consente l'accesso alla pagina dell'ISPRA [http://serviziogeologico.apat.it/modelli3d/index/3d\\_web.htm](http://serviziogeologico.apat.it/modelli3d/index/3d_web.htm) sul progetto GeoIT3d in cui è possibile la consultazione di dati 3D su specifiche zone d'Italia.

### 3. - METODOLOGIA

La metodologia finora impiegata e gli *standard* utilizzati consentono di guardare con tranquillità alle evoluzioni future cui si aggiungono le potenzialità offerte dai nuovi *standard* di linguaggio informatico per la geologia (GeoSciML), peraltro già inglobato nel portale. Quindi, pur operando in un settore in continuo divenire, influenzato dall'evoluzione tecnologica e da incessanti nuove richieste, il sistema costruito ha ormai dato l'avvio per l'instaurarsi di un “processo virtuoso” di progressivo e costante aumento della conoscenza del territorio e della qualità dei dati: l'auspicio è quello di vedere nel breve la partecipazione di altri soggetti che contribuiscano all'arricchimento del contenuto informativo disponibile, in modo da poter arrivare ad un vero e proprio portale di interesse nazionale.

### BIBLIOGRAFIA

- AUTORI VARI (1996) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida alla rappresentazione cartografica*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia Serie III, **2**. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (1996), Roma.
- AUTORI VARI (1995) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Guida all'informatizzazione*. Quaderni Serie III, **3**. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (1995), Roma.
- AUTORI VARI (1997) - *Carta Geologica d'Italia 1:50000. Banca dati geologici: linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia Serie III, **6**. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (1997), Roma.
- BATTAGLINI L., CAMPO V., CARVELLI A., CIPOLLONI C., CONGI M.P., DELOGU D., VENTURA F.A. & VENTURA R. (2006) - “*Il portale geografico del Servizio Geologico d'Italia. Dipartimento Difesa del Suolo. APAT - Italia*”, Conferenza AM/FM, 110-116.
- CARA P. & CRYAN S. (1993) - *Guida all'informatizzazione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: note tecniche per la fornitura dei dati geologici digitali alla scala 1:25.000*. Boll. Serv. Geol. d'It., **110** (1991). Boll. Serv. Geol. d'It., **109** (1990). Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (1993), Roma.
- CARA P. ET ALII (1993) - *Il disegno logico della base informativa territoriale del Sistema Informativo Geologico Nazionale*. Boll. Serv. Geol. d'It., **109** (1990). Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (1993), Roma.
- AUTORI VARI (1993) - *Linee guida per il rilevamento della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia Serie III, **1**. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (1993), Roma.
- COMMISSIONE DELLE COMUNITÀ EUROPEE 2004 - *Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità (INSPIRE)*.
- EUROPEAN COMMISSION (2007) - “*Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*”. Official Journal of the European Union, L. 108, **50**: pp. 14, [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2007/l\\_108/](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2007/l_108/)
- EN ISO 19115 (2005) - “*Geographic information – metadata*”. ISO 19115:2003.
- OGCTM (2004) - “*OGC Web Map Service Interface*”. OGC 03-109r1, V1.3.0, 2004-01-20. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- OGCTM (2005) - “*Web Feature Service Implementation Specification*”. OGC 04-021r3, V1.1.0, 2005-05-03. <http://www.opengeospatial.org/standards/cat>
- VENTURA F.A. (2005) - *Sviluppo ed omogeneizzazione delle applicazioni informatiche del Dipartimento Difesa del Suolo*, Rapporto interno, APAT, ottobre 2005.



## Integrazioni geotematiche al rilevamento geologico: il caso del foglio “Antrodoco”

### *Geothematic Integration to Geological Map Survey: the “Antrodoco” Case Study*

AMANTI M. (\*)

**ABSTRACT** – The Antrodoco project starts in 2004 in order to directly test “in house” the entire procedure to survey and print a geological map together with its related notes. In the project, geothematic maps are surveyed too, to add additional information to those that constitute the geological base map.

From a general point of view geothematic maps can be obtained by extraction from an already existing set of data, selecting one or more features of outcropping terrains, can be surveyed *ad hoc*, through the work of specialists, or may be elaborated combining information coming from both the previous ones.

An example of the first possibility is a map of the terrain according to their genesis, information already existing on a geological map.

An example of the second hypothesis is the landslide distribution map, information gathered directly in the field by expert surveyors.

An example of the third case is an hydrogeological map, which takes into account the information obtained from underground and surface geology, but that requires qualitative and quantitative information on water, obtained from surveys and direct measurements on springs and river beds. In this paper the results obtained so far are briefly presented; in particular, the covered topics are: hydrogeology and source for geological hazard of slope instability, human activities (quarries and landfill), karstification. Field surveys have been carried on by Applied Geology and Hydrogeology Service of the Soil Protection Department / Geological Survey of Italy.

**PAROLE CHIAVE:** Cave, Carsismo, Dissesti, Geotematismi, Idrogeologia.

**KEY WORDS:** Quarries, karstification, landslides, geothematic maps, hydrogeology.

## 1. – INTRODUZIONE

Il progetto Foglio “Antrodoco” nasce nel 2004 con lo scopo di testare direttamente “in casa” l’intera procedura per il rilevamento e la stampa di un foglio geologico e delle relative note illustrative.

Nel progetto, al rilievo geologico vengono affiancati dei geotematismi, ovverosia dei *set* di informazioni selezionate o aggiuntive rispetto a quelle geologiche che costituiscono la carta di base.

Dal punto di vista generale un geotematismo può essere ricavato per estrazione da un set di dati già esistente, evidenziando una o più caratteristiche dei terreni affioranti, può essere rilevato *ad hoc*, attraverso il lavoro di specialisti del settore, o può essere elaborato da un insieme dei set di dati precedenti.

Un esempio della prima possibilità è una carta dei terreni in base alla loro genesi, informazione già presente sulla carta geologica.

Un esempio della seconda ipotesi è rappresentato dalla carta dei movimenti di versante, o della distribuzione delle sorgenti, informazioni raccolte direttamente in campagna da esperti del settore.

Il terzo caso è rappresentato ad esempio dalla carta idrogeologica, che tiene conto delle informazioni superficiali e sotterranee ricavate dalla geologia, ma che necessita di informazioni qualitative sulle acque, ricavabili da indagini e misurazioni dirette su sorgenti e alvei fluviali.

In questo lavoro vengono brevemente presen-

(\*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia/ Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia

tati i risultati finora acquisiti su alcuni dei rilievi geotematici che hanno affiancato il rilevamento geologico, più specificamente quelli prodotti dal Servizio di Geologia Applicata e Idrogeologia del Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia. In particolare i temi trattati sono: idrogeologia e sorgenti, pericolosità geologica per instabilità dei versanti, attività antropiche (cave e discariche), carsismo.

## 2. - IDROGEOLOGIA

Nell'ambito dei rilievi idrogeologici sono stati realizzati: 1) censimento delle principali sorgenti (circa 250); 2) esecuzione di misure della portata di magra dei principali corsi d'acqua (fiumi Velino, Ratto e Aterno) e dei loro tributari a regime perenne (circa 45 sezioni di misura); 3) costituzione di una rete di monitoraggio con cadenza mensile delle portate di sorgenti (circa 70) e dei corsi d'acqua principali (circa 10 sezioni); 4) acquisizione *in situ* dei parametri chimico-fisici delle acque (temperatura, conducibilità elettrica specifica e pH) e analisi chimica delle acque sorgive ritenute più rappresentative.

Inoltre, sono stati definiti in via preliminare i complessi idrogeologici, le principali strutture idrogeologiche, le relazioni di scambio idraulico tra le acque sotterranee e superficiali, le direttrici di flusso delle acque sotterranee, nonché le variazioni e relazioni stagionali, annuali e storiche dei parametri idrogeologici delle sorgenti rispetto alle informazioni termo-pluviometriche. Un geodatabase idrogeologico è stato appositamente costruito per gestire i dati raccolti, a valle di un dettagliato lavoro di organizzazione e validazione dei dati stessi.

Riguardo alla discussione dei dati idrogeologici misurati nelle varie stazioni della rete di monitoraggio, è stato evidenziato un simile andamento della portata fluviale rispetto al tempo (morbida marzo-aprile, magra ottobre-novembre) ed è stato possibile nel dettaglio raggruppare le sorgenti aventi *trend* portata-tempo compatibili. Tali gruppi potranno essere quindi associati a strutture idrogeologiche specifiche e/o aventi simili caratteristiche. Invece, i valori di temperatura, pH e conducibilità elettrica delle acque sorgive non mostrano *trend* significativi rispetto al tempo. Ad ogni modo, riguardo alla conducibilità elettrica, è stato possibile distinguere in intervalli discreti i valori medi caratteristici delle varie sorgenti (228-305, 306-390, 391-460, 461-520, 521-660, 661-880, >880 mS/cm), che sarà possibile prendere in considerazione per una discussione di dettaglio.

La cartografia idrogeologica preliminare proposta in figura 1, oltre alle caratteristiche relative

ai bacini idrografici ed alle linee tettoniche principali, rappresenta anche i complessi idrogeologici distinti in base alla permeabilità relativa, le sezioni di misura in alveo, le sorgenti e le caratteristiche dei principali corsi d'acqua. In particolare, questi ultimi due elementi sono stati rappresentati utilizzando i dati quantitativi raccolti in campagna.

Infatti, sulla base delle misure di portata sequenziali in regime di magra dei principali corsi d'acqua, è stato elaborato un bilancio degli scambi tra acque sotterranee e superficiali lungo le aste fluviali stesse. È stato evidenziato che il F. Velino ha settori discontinui sia drenanti (circa 50 l/s per km lineare) nella zona di monte del bacino idrografico (MARTARELLI *et alii*, 2007), sia disperdenti (circa 100 l/s per km) nella restante porzione ricadente nell'area del foglio Antrodoco. Il F. Ratto è sede di una moderata azione drenante delle acque sotterranee (circa da 2-5 a 10-15 l/s per km; MARTARELLI *et alii*, 2007) lungo tutto il suo corso. Il F. Aterno mostra settori drenanti discontinui (media 25 l/s per km), ma localmente anche settori dove elevate quantità di acqua vengono disperse verso la falda acquifera (circa 50-150 l/s per km). All'interno dell'area del Foglio sono stagionalmente secchi il settore d'origine del F. Ratto, il settore di valle del F. Velino (interessato da una consistente derivazione di acque a scopo idroelettrico) ed il settore di valle del F. Aterno.

I valori delle portate sorgive sono generalmente bassi (<10 l/s), ad eccezione di alcune sorgenti pedemontane o di fondovalle (10-100 l/s) e di una sorgente che raggiunge poche centinaia di l/s, e quindi è stato ritenuto opportuno rappresentare le sorgenti in relazione ai valori di conducibilità elettrica specifica. Escludendo le poche sorgenti sulfuree, è possibile riconoscere che la conducibilità delle acque delle emergenze che hanno interagito con i terreni dei complessi idrogeologici calcareo, calcareo-marnoso, marnoso-calcareo e marnoso è compresa tra valori da bassi ad intermedi (228-460 mS/cm), mentre quella delle acque associate al complesso dei flysch ha valori medio-alti (391-880 mS/cm).

## 3. - PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

La valutazione della pericolosità geologica relativa alla instabilità dei versanti è un argomento trattato nell'ambito del programma CARG attraverso specifici finanziamenti. Al momento sono 4 i fogli sperimentali realizzati o in fase di realizzazione e più precisamente: Dego (Piemonte), Castelnuovo in Garfagnana (Toscana), Marmolada (Trento, Bolzano, Veneto) e S. Bartolomeo in Galdo (Puglia).

Nell'area di Antrodoco si è programmata una sequenza di attività iniziate con la raccolta, l'organizzazione e l'integrazione dei dati esistenti. Partendo dall'inventario frane di IFFI (APAT, 2008) i dati relativi ai fenomeni di versante sono stati raccolti e inseriti in un apposito database cartografico, integrati con verifiche e osservazioni di campagna, rilievi foto interpretativi, indagini storiche su archivi.

Il risultato è la carta della distribuzione dei dissesti, avente un grado di dettaglio alla scala 1:10.000, in cui ad ogni fenomeno è collegata una scheda contenente i dati sul modello IFFI.

In totale, sono state censite ad oggi 367 aree in frana, per una superficie complessiva di circa 10 km<sup>2</sup>.

Le frane interessano prevalentemente la formazione del flysch della Laga (41%) e le successioni carbonatiche di piattaforma, scarpata e bacino (30%). In misura minore sono interessate la formazione delle Marne a Cerrognola (17%), le successioni calcareo-marnoso-argillose (10%) e i depositi di detrito (2%).

Per quanto riguarda la tipologia del movimento, se si considera il numero degli eventi franosi, prevalgono le frane da crollo (56%), cui seguono gli scivolamenti traslativi (18%). Se si considera l'estensione delle aree in frana, ponendo a parte le DGPV, i fenomeni di crollo continuano a essere tra i più rappresentati, anche se superati in estensione dalle frane complesse.

Ai fini di un approfondimento dell'analisi delle relazioni tra tipologia e distribuzione dei fenomeni franosi e caratteristiche del paesaggio, si è proceduto alla individuazione di areali caratterizzati da una relativa omogeneità dell'assetto morfologico, litologico e strutturale, e dal prevalere di alcuni processi morfodinamici rispetto ad altri, che costituiscono le Unità di Paesaggio.

Le Unità di Paesaggio individuate sono:

- 1) Rilievi carbonatici molto elevati della successione Umbro-marchigiana; 2) Rilievi carbonatici della successione Umbro-marchigiana; 3) Rilievi carbonatici della unità M. Giano-M. Gabbia; 4) Rilievi carbonatici della unità G. Sasso-Cittareale; 5) Rilievi calcarei, calcareo-argillosi e marnosi; 6)

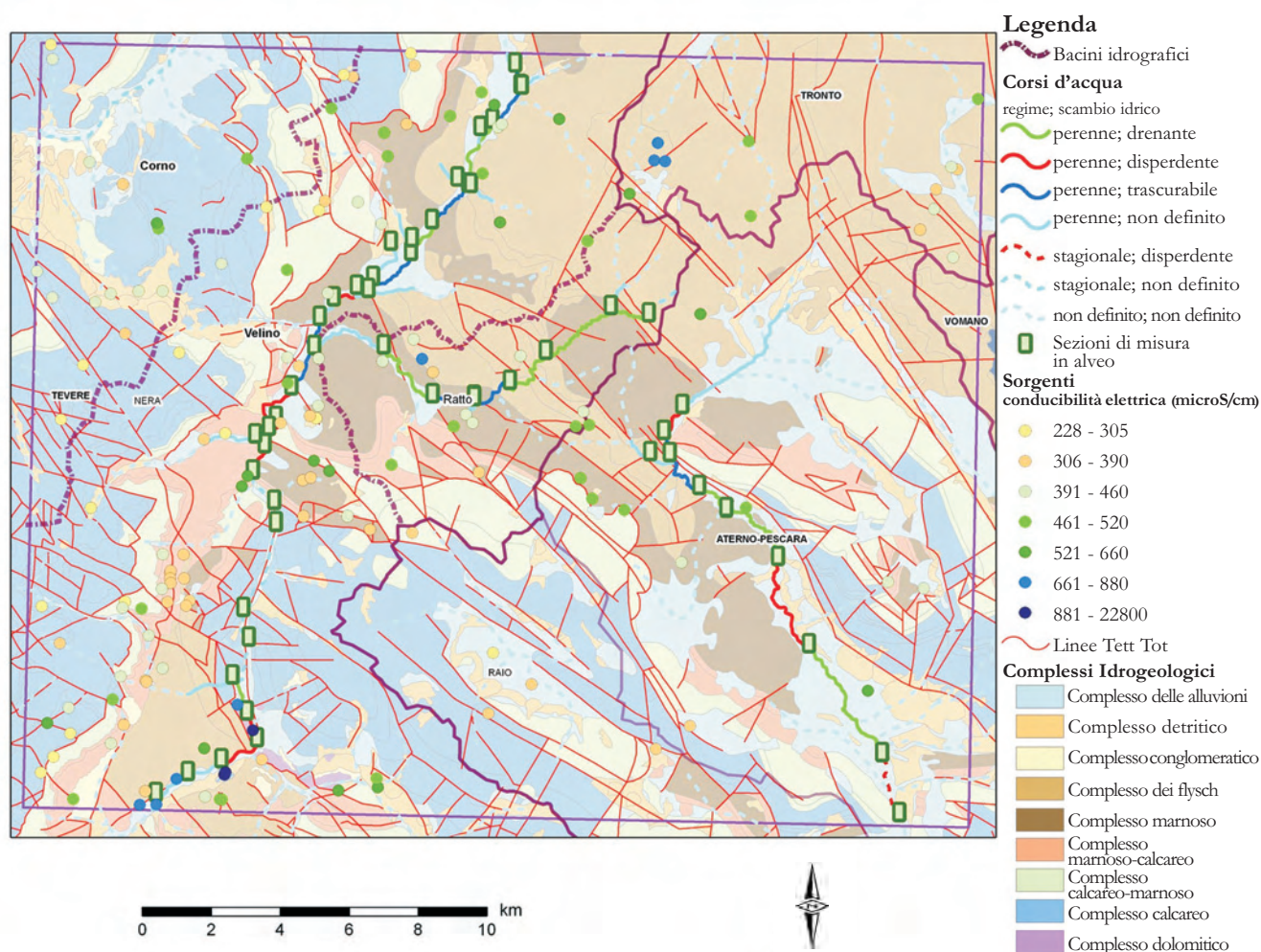


Fig. 1 - Carta Idrogeologica preliminare dell'area del Foglio Antrodoco. Le sorgenti sono state distinte rispetto alla conducibilità elettrica.  
- Preliminary hydrogeological map of Antrodoco sheet area. Springs are classified according to their electrical conductivity.



Rilievi marnosi; 7) Rilievi in successioni flyschoidi arenaceo-siltose; 8) Conche intramontane e valli principali.

Lo studio della distribuzione delle frane in funzione delle Unità di paesaggio consente di analizzare in maniera più mirata i settori del foglio maggiormente interessati dai fenomeni, segnatamente quelli ricadenti nelle unità 1 (fig. 2), 5 e 7.

Nell'unità 4. *Rilievi carbonatici della unità G. Sasso-Cittareale*, un aspetto peculiare è dato dalle caratteristiche forme di erosione pseudocalanche presenti nelle aree di affioramento delle formazioni calcareo-dolomitiche del Calcare Massiccio e della Corniola (fig. 3).

#### 4. - ATTIVITÀ ANTROPICHE

Le attività estrattive, soprattutto quelle in superficie, hanno da sempre dato origine ad uno dei maggiori impatti negativi per l'ambiente.

Per anni il controllo sulle attività è stato attuato dal Corpo delle Miniere del Min. Industria (R.D. 29.07.1927 n. 1443), poi con l'istituzione delle Regioni, le competenze ed i controlli in materia di "cave" sono diventate competenze regionali (D.P.R. 616/1977).

Nonostante le normative regionali ed i regolamenti vigenti in materia di impatto Ambientale (D.P.C.M. 10/08/88 n. 377) in special modo sul "Recupero delle aree degradate a seguito di attività estrattive", ancor'oggi si notano moltissime attività di cava abbandonate che lasciano un segno indelebile per moltissimi anni all'ambiente circostante.

In generale si nota che sono pochi gli interventi di recupero ambientale e di regimazione ma, soprattutto, pochi sono i controlli sull'utilizzo delle aree di cava un volta abbandonate o dismesse.

Dall'esame delle varie banche dati è emerso che esse sono prevalentemente finalizzate all'acquisizione dei dati sulle nuove concessioni e nello specifico riguardanti quelli: minerari, vincolistici, statistico-amministrativi (tipo di lavorazioni, metodi di estrazione, quantità di materiale estratto, ecc.). Risultano però carenti per gli aspetti geologici, morfologici, lo stato dell'ambiente, gli impatti sul recupero ambientale a seguito dei lavori, soprattutto non riportano notizie sulle cave dismesse e/o abbandonate e sui lavori di ripristino ambientale.

È stata quindi approntata una nuova scheda raccolta dati, modificando quanto proposto in VALLARIO & DE GAUDIO (2007), che tenesse conto di tali esigenze di tipo ambientale, quali la scelta dei luoghi e dei metodi di coltivazione, con un maggior rispetto dell'ambiente, una migliore

pianificazione dello sfruttamento delle risorse e un migliore recupero ambientale.

La scheda cartacea è composta di 4 parti.

La prima parte riporta a dati generali quali: ubicazione regione, comune con codice istat, località, bacino principale e secondario; Tipo di attività (Cava o Miniera), materiale estratto, stato dell'attività (attiva, sospesa, dismessa, abbandonata, ecc.).

La seconda parte raccoglie indicazioni morfologiche quali: contesto dell'attività di pianura di collina e di monte (piedimonte, mezzacosta, culmine); indicazioni morfometriche: quote, lunghezza, esposizione; sistema di coltivazione (gradoni, ad imbuto, a platea, altro); tipo d'escavazione (unico, rettilineo, subsferico, multiplo, ecc.).

La terza parte comprende le indicazioni sulle caratteristiche litologiche, sull'aspetto geomeccanico, sul grado di fratturazione; è data una indicazione sul tipo e grado di permeabilità (porosità, fatturazione carsismo, ecc.), valutata sulla base della litologia affiorante. Nel campo descrittivo sono riportate le principali caratteristiche geologiche in senso lato e note non indicabili in scheda (l'impatto visivo, l'alterazione della morfologia, ecc.) e notizie di recupero ambientali (quali opere di rimodellamento dei versanti, di regimazione delle acque e piantumazioni, ecc.).

La quarta parte si riferisce infine all'iconografia, una o due foto significative dell'area, con uno stralcio cartografico in scala adeguata (IGMI 1:25.000, CTR 1:10.000).

Il progetto Antrodoco ha permesso di testare operativamente la "Scheda censimento attività estrattiva".

L'obiettivo principale è stato quello di eseguire, non solo un mero censimento ma, in particolare modo quello di valutare le attività estrattive nel rispetto del contesto geologico, geomorfologico, geomeccanico, idrogeologico ed ambientale.

Dall'esame della documentazione disponibile è stato possibile tracciare un quadro abbastanza completo della situazione attuale nell'area di studio. Sopralluoghi di campagna su segnalazione dei rilevatori del foglio geologico hanno permesso di integrare le informazioni disponibili e di testare l'utilizzazione della scheda.

I dati sono stati implementati nel database collegato al GIS del progetto Antrodoco.

È risultato che nell'area sono presenti 8 attività estrattive in esercizio (fig. 4), di cui 4 nella provincia di Rieti e 4 nella provincia de L'Aquila; una trentina sono quelle abbandonate e solo alcune sospese.

È stato infine effettuato un tentativo di valutazione speditiva delle cubature estratte da ciascun sito attraverso semplificazioni di tipo geometrico, a partire di dati planimetrici ed altimetrici ricavati





Fig. 2 - Scivolamenti superficiali di detrito.  
- *Superficial debris slides.*





Fig. 3 - Forme di erosione pseudocalanchive.  
- *Pseudocalanchi erosion features.*





Fig. 4 - Cava attiva nell'area di studio.  
- Active quarry in the study area.

dal modello digitale del terreno. Tali dati calcolati hanno trovato una discreta corrispondenza con quelli direttamente calcolati sul terreno in 2 cave abbandonate usate come aree test. Tale metodologia potrebbe essere usata per la valutazione del prelievo delle risorse sul territorio.

In conclusione il test di raccolta dati nell'area ha evidenziato che l'utilizzo di una scheda di censimento delle attività estrattive su basi informatizzate assume una grande importanza per raccogliere dati non solo geologici e morfologici ma anche per una valutazione delle risorse disponibili e già utilizzate.

La raccolta dei dati tramite tale scheda potrebbe essere inserita anche nel programma CARG per il rilevamento della Carta Geologica di base alla Scala 1:50.000. In questo caso i rilevatori geologici dovrebbero soltanto aggiungere, al loro lavoro di rilevamento geologico, ulteriori notizie geologico-tecniche facilmente rilevabili su un fronte d'escavazione che già di per se costituisce per un rilevatore un profilo geologico sul quale fare misurazioni e campionamenti.

## 5. - CARSISMO

La natura litologica dei terreni affioranti nell'area evidenzia, in generale, uno sviluppo limitato delle forme carsiche ipogee ed epigee. In particolare le forme carsiche riscontrabili sul terreno sono essenzialmente superficiali e direttamente riconducibili alla tettonica dell'area.

Nell'area ad Est, compresa lungo la dorsale tra Capitignano e Zizzoli, le forme carsiche superficiali sono rappresentate da piani alti con assorbimento molto lento.

Nell'area centrale, inclusa tra Cagnano Amiterno, Gabbia e Vallemare, i terreni affioranti sono eminentemente rappresentati dai "Calcarei Liassici- Cretacici". In questa vasta zona le forme carsiche superficiali sono rappresentate da un paesaggio riconducibile a un carso d'alta quota. In particolare sono evidenti le forme di bacini endoreici allungati secondo la direzione SE-NW quali i Piani di Cascina, di Termine, Prata di Foce, Piani di Cinno, Pozzo di Nunzio, Piano del Monte, Piana di Brignola e Piana delle Sorgenti del Lago.

Una dolina dalla forma classica è presente sul versante Ovest di Monte Gabbia, a sud della località Pozzo della Stalla.

Nella Piana di Cascina è situato l'evidente "Inghiottitoio attivo di Palanzano". Le acque superficiali, che vengono convogliate nel suo interno, vanno ad alimentare le "Sorgenti Cascinesi", poste ai piedi di Monte Giano lungo il corso del Velino. Queste sorgenti presentano un regime di carattere fondamentalmente intermittente con portate improvvise (anche di alcuni metri cubi al secondo) ma con tempi di ritorno anche decennali.

Anche nella Piana di Monte Cagno, la cui morfologia è il risultato di una superficie carsica, è presente un inghiottitoio attivo (fig. 5).

Le forme carsiche superficiali più scenografiche si possono notare lungo tutto il versante Ovest della dorsale compresa tra Monte Giano, Monte Cagno, nel tratto delle Gole del Velino (Grotte di Romualdo), lungo le Gole di Antrodoco (Madonna delle Grotte) ed in particolare nella località "La Portella" (al termine della Via Salaria dismessa) dove la forma della forra ricorda quella di un pozzo verticale crollato.

All'altezza di Sigillo, in riva sinistra del Velino, si riscontrano due forme subaeree particolari il cui fenomeno carsico è stato fortemente influenzato dalla tettonica, riconducibili a doline di crollo: Pozzo dell'Arnaro e Pozzo dei Corvi.

In generale le forme carsiche ipogee sono piuttosto limitate e poco sviluppate. Nell'area sono state catalogate dal "Catasto Grotte" soltanto due "grotte percorribili":

la prima, posta nella Piana del Termine (Grotta di Zarrante) e la seconda alla base delle pendici di Monte Porrillo prossima alla località di San Quirico.



Fig. 5 - L'inghiottitoio di Prata Cagno.  
- Prata Cagno Carsic sinkhole.

#### Ringraziamenti

*Il gruppo di lavoro che ha effettuato i rilievi geotematici nel foglio "Antrodoco" è composto da: Giovanni Conte, Vittorio Chiessi, Guido Motteran, Lucio Martarelli, Angelantonio Silvi, Roberto Serafini, Paolo Guarino, Gennaro Monti. Per il rilievo dei fenomeni carsici ha collaborato Laura Bortolani. Per la parte informatica hanno contribuito Valerio Vitale e Renato Ventura.*

#### BIBLIOGRAFIA

- DEL GAUDIO A. & VALLARIO A. (2007) - *Attività estrattive: cave, recuperi, pianificazione*. Liguori Editore (Na).
- MARTARELLI L., SCALISE A.R. & SILVI A. (2007) - *Preliminary results of a hydrogeologic study in the upstream sector of the Velino River Basin (Rieti, Latium, Central Italy) (poster abs.)*. In: Atti del 6° Forum FIST GeoItalia 2007, Rimini, settembre 2007.
- APAT (2007) - *Rapporto sulle frane in Italia – Il progetto IFFI, Metodologia, risultati e rapporti regionali*. APAT, Rapporti, 78/2007, Roma.



## Il Progetto CARG e la geologia marina. Esperienze cartografiche per la conoscenza delle aree marine

*The CARG Project and marine geology.  
Mapping of submerged areas*

D'ANGELO S. (\*), FIORENTINO A. (\*)

**ABSTRACT** - Within the national geological mapping programme (basic geological maps at 1:50.000 scale including both emerged and submerged areas), rules for marine areas have been tuned to represent both the basic geological knowledge and the applied aspects of the seafloor and sub-bottom features. At present, approximately 20% of the total coastal maps at 1:50.000 scale, extending generally till the edge of the continental shelf, have been surveyed.

The cartography is focused both on the postglacial stratigraphy and on present-day distribution of sediments whereas depositional systems are obtained by means of both geophysical methods and seafloor samplings.

The mapping rules have also been homogenised to those defined for the terrestrial sectors, i.e. considering the unconformities as boundaries of stratigraphic units and applying sequence stratigraphy concepts. The latter are very useful when dealing with the stratigraphy of the shelf that is the result of the interplay between relative sea level changes, sedimentary feeding, basin morphology and depositional processes acting at local scale.

Main aspects of the mapping rules related to marine areas:

- uniform criteria for geological survey and cartographic restitution;

- homogeneity with features illustrated in the terrestrial sectors i.e. considering the Unconformity Bounded Stratigraphic Units and applying Sequence Stratigraphy concepts;

- usability for applied purposes.

- readability of the map.

Cartography of outcropping units is focused on:

- stratigraphy: i.e. postglacial depositional sequence interpretation of sedimentary processes within an evolutive frame;

- morphology and sedimentology of seafloor: i.e. present-day distribution of sediments and depositional systems.

The official mapping of the Italian continental shelf is still being carried on cooperating with several institutions such as University, CNR Institutes and public organizations (Hydrographic Navy Institute). A single method of representation, including depositional systems and the main biocenoses, is applied and all maps are georeferenced.

A national geodatabase at 1:25.000 scale stores all information obtained during surveying (morphology, seismic analysis, sequence stratigraphic analysis of the Pleistocene-Holocene interval, etc.). The geodatabase structure is under continuous development and contents are updated regularly.

**PAROLE CHIAVE:** Carta geologica, geologia marina, linee guida, metodo geofisico, rilevamento subacqueo.

**KEY WORDS:** Geophysical methods, geologic maps, guidelines, marine geology, sea-floor survey.

### 1. - INTRODUZIONE

La cartografia geologica dei fondali marini a livello nazionale inizia con il progetto CARG e più precisamente con la legge 183 del 1989, che contiene le “norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”. Con questa legge, per la prima volta, il termine territorio viene esteso anche ai fondali marini e in particolare alla piattaforma continentale e alla fascia costiera, quest’ultima interessata in quasi tutto il suo svolgimento da fenomeni di dissesto o di

(\*) ISPRA-Servizio Geologico d'Italia/Servizio Geologia e Geomorfologia



arretramento, con molte situazioni di rischio per le strutture che vi sono insediate (centri abitati, ferrovie, strade, porti).

L'elemento innovativo di questa nuova cartografia è consistito nel fatto che la geologia dei fondali marini non viene trattata come ambito tematico, separato in qualche modo dalla geologia di base, ma diventa parte integrante della cartografia geologica. L'intero territorio, emerso e sommerso, viene rappresentato alla scala 1:50.000 per descrivere oggettivamente situazioni specifiche. È da tenere presente che su 8.000 chilometri di coste, solo il 29% sono coste libere da manufatti (MANAINI *et alii*, 2005). Risulta sempre più importante conoscere lo stato di salute delle aree sommerse e quale sia la dinamica della sedimentazione attuale e recente per un uso sostenibile e per la tutela delle zone costiere e delle aree di piattaforma.

Il rilevamento geologico delle aree marine ha inizio nel 1976 con il "Progetto finalizzato oceanografia e fondi marini" del CNR, cui afferivano numerose Unità Operative, distribuite in diverse Università e centri di ricerca. In una bibliografia del Progetto, stilata nel 1982, sono presenti 897 citazioni di lavori, distribuiti fra le diverse realtà delle zone costiere nazionali (CNR, 1982). Partendo da questi dati e individuando le unità di ricerca più attive sul territorio nazionale il Servizio Geologico d'Italia ha stipulato delle Convenzioni per il rilevamento delle aree sommerse dei Fogli ed ha istituito un gruppo di lavoro per stabilire quali criteri utilizzare per la cartografia delle aree marine e come questa si dovesse inserire nella nuova carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

L'esperienza scaturita dal progetto CARG in questi anni, frutto della collaborazione attiva di numerosi gruppi universitari e del CNR, ha portato alla realizzazione, per il 75% già in fase avanzata, di 47 fogli costieri comprendenti la cartografia delle aree marine e alla definizione delle linee guida per la realizzazione e la cartografia delle aree marine presenti nelle carte alla scala 1:50.000.

## 2. - LE LINEE GUIDA

Una delle priorità nello stabilire le regole per la cartografia delle aree marine è stata quella di utilizzare un criterio unico di rappresentazione con le aree emerse.

Con l'esperienza di questi venti anni di geologia marina nel progetto CARG, gli aspetti principali su cui sono focalizzate le linee guida per la rappresentazione delle aree marine sono:

- uniformità dei criteri nella rappresentazione pur nella estrema variabilità geologica dei fondali italiani (ai colori corrisponde un'età, ai toni dello stesso colore differenti sistemi deposizionali, ai soprassegni una caratterizzazione biologica o granulometrica);
- coerenza di criteri all'interno della carta (come per la cartografia dei depositi quaternari vengono mappati corpi tridimensionali inquadrati cronostratigraficamente, attraverso i concetti delle unità a limiti inconformi e della stratigrafia sequenziale)
- omogeneità con gli elementi cartografati nelle aree emerse (vengono cartografate aree con spessori significativi delle coperture di sedimenti e la loro caratterizzazione in sistemi deposizionali).

Non ultimo, abbiamo voluto tenere presente l'utilizzabilità della cartografia geologica per studi applicativi preliminari e per l'identificazione di problemi gestionali, ma soprattutto, la leggibilità della carta.

Per la caratterizzazione dei fondali rocciosi vengono utilizzati i criteri litostratigrafici, in analogia con quanto avviene sulla terraferma; quando possibile, i litotipi presenti sul fondo marino sono campionati e correlati con quelli affioranti a terra.

Dei sedimenti non consolidati vengono definite le caratteristiche tessiturali e composizionali necessarie al loro inserimento in ambienti deposizionali, in funzione dell'interpretazione degli elementi morfostrutturali rilevati e della dinamica degli ambienti sedimentari attuali. Inoltre, queste litofacies vengono inquadrare stratigraficamente attraverso l'analisi stratigrafica sequenziale e differenziate in sistemi deposizionali. Per caratterizzare meglio i fondali marini vengono inoltre evidenziati i principali lineamenti morfologici, gli elementi neo-tettonici emergenti o sepolti desumibili dalle registrazioni sismiche, le principali bioce-nosi significative dal punto di vista sedimentologico e ambientale.

## 3. - CASI DI STUDIO

Il rilievo ombreggiato in figura 1 mostra l'estrema variabilità morfologica dei fondali marini italiani. Questo aspetto, unito alla storia geologica relativamente recente del bacino tirrenico e agli eventi glacio-eustatici plio-pleistocenici, determina un assetto fisiografico talmente articolato da rendere molto complicata quella funzione di omogeneizzazione della cartografia a livello nazionale richiesta dal Progetto CARG e l'individuazione delle diverse metodologie di rilevamento più idonee a caratterizzare oggettivamente le aree investigate. Alcuni esempi mostrano questa complessità.



Fig. 1 - Alcuni esempi mostrano le diverse caratteristiche delle aree marine italiane, in funzione dell'aspetto fisiografico, della quantità dei sedimenti che raggiungono i margini continentali e della loro persistenza nel tempo.

- Examples showing the different characters of the Italian marine areas as: the physiographic setting, the amount of sediment reaching the margin and its persistence during time.

### 3.1. - FOGLIO 258/271 "SAN REMO"

Il Foglio "San Remo" ci ha portato a considerare una piattaforma molto poco estesa al traverso della costa, dissecata da canyon in forte regressione, in cui agisce il trasporto di torbida, e la cui testata arriva fin quasi sottocosta. Una tettonica attiva provoca movimenti di instabilità gravitativa su cui si sono innescati numerosi fenomeni franosi. I metodi di rilevamento più consoni ad una realtà del genere sono stati un rilevamento *multibeam* di dettaglio, a cui è stato affiancato un rilievo sismico ad altissima risoluzione che fornisce un'immagine acustica in sezione del sottofondo marino tramite la ricezione di echi riflessi dalle discontinuità presenti (fig. 2).

### 3.2. - FOGLIO 353 "MONTALTO DI CASTRO"

Il foglio "Montalto di Castro" presenta un'area sommersa interamente costituita da una piattaforma continentale a debole pendenza, che termina in un ciglio posto alla profondità di 140 metri. Attraverso le linee sismiche ad alta risoluzione è

possibile ottenere un'immagine molto dettagliata delle geometrie dei corpi deposizionali ed i movimenti tettonici. Tramite l'interpolazione tra differenti sezioni, è possibile definire la struttura e la distribuzione delle diverse successioni geologiche.

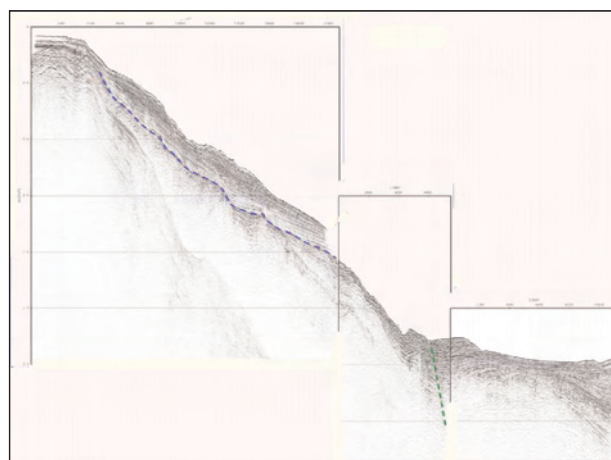


Fig. 2 - Il rilievo sismico ad altissima risoluzione consente la correlazione diretta tra la tettonica e i fenomeni gravitativi.

- Correlation between seismo-tectonics of the margin and gravitative collapses.



La correlazione terra-mare si basa sul riconoscimento in sezione degli effetti delle variazioni del livello del mare. A terra i cicli delle unità più recenti ricoprono, ma soprattutto erodono le unità più antiche, mentre a mare le prospezioni sismiche ad altissima risoluzione permettono di seguire le principali discontinuità legate all'ultima sequenza deposizionale post-glaciale.

### 3.3 - FOGLIO 413 "BORGO GRAPPA" (ISOLE PONTINE)

I sistemi deposizionali attuali e sub-attuali dell'Arcipelago Pontino Occidentale presentano delle caratteristiche peculiari rispetto a quelli tipici delle piattaforme italiane, per la predominanza di una sedimentazione carbonatica rispetto a quella silicoclastica. Alla generale sottoalimentazione della piattaforma si aggiunge un idrodinamismo mediamente elevato che previene la deposizione dei sedimenti pelitici, favorendo lo sviluppo di popolamenti bentonici tipici delle biocenosi del detritico costiero e del coralligeno.

I dati morfo-acustici (fig. 3) hanno permesso di delineare la geometria di dettaglio della distribuzione dei sedimenti o delle biocenosi bentoniche, e contemporaneamente di individuare i principali lineamenti morfo-strutturali, come ad esempio scarpate e incisioni o canali di origine tettonica o vulcano-tettonica, eventualmente riprese da processi erosivi.

### 3.4 - FOGLIO 593 "CASTELLAMMARE DEL GOLFO"

La Penisola di Capo San Vito costituisce una dorsale allungata in senso nord-sud, al cui margine orientale le rocce carbonatiche delle unità panormidi si sovrappongono ai depositi argilloso-marnosi delle unità trapanesi, dando luogo a fenomeni di deformazione gravitativa profonda.

In relazione alle profondità variabili dei vari piani di sovrascorrimento e all'esistenza di sistemi di faglie e fratture prevalentemente orientate in senso nord-sud, i fenomeni gravitativi sono spesso accompagnati da fenomeni franosi che ne costituiscono lo stadio più avanzato. I numerosi

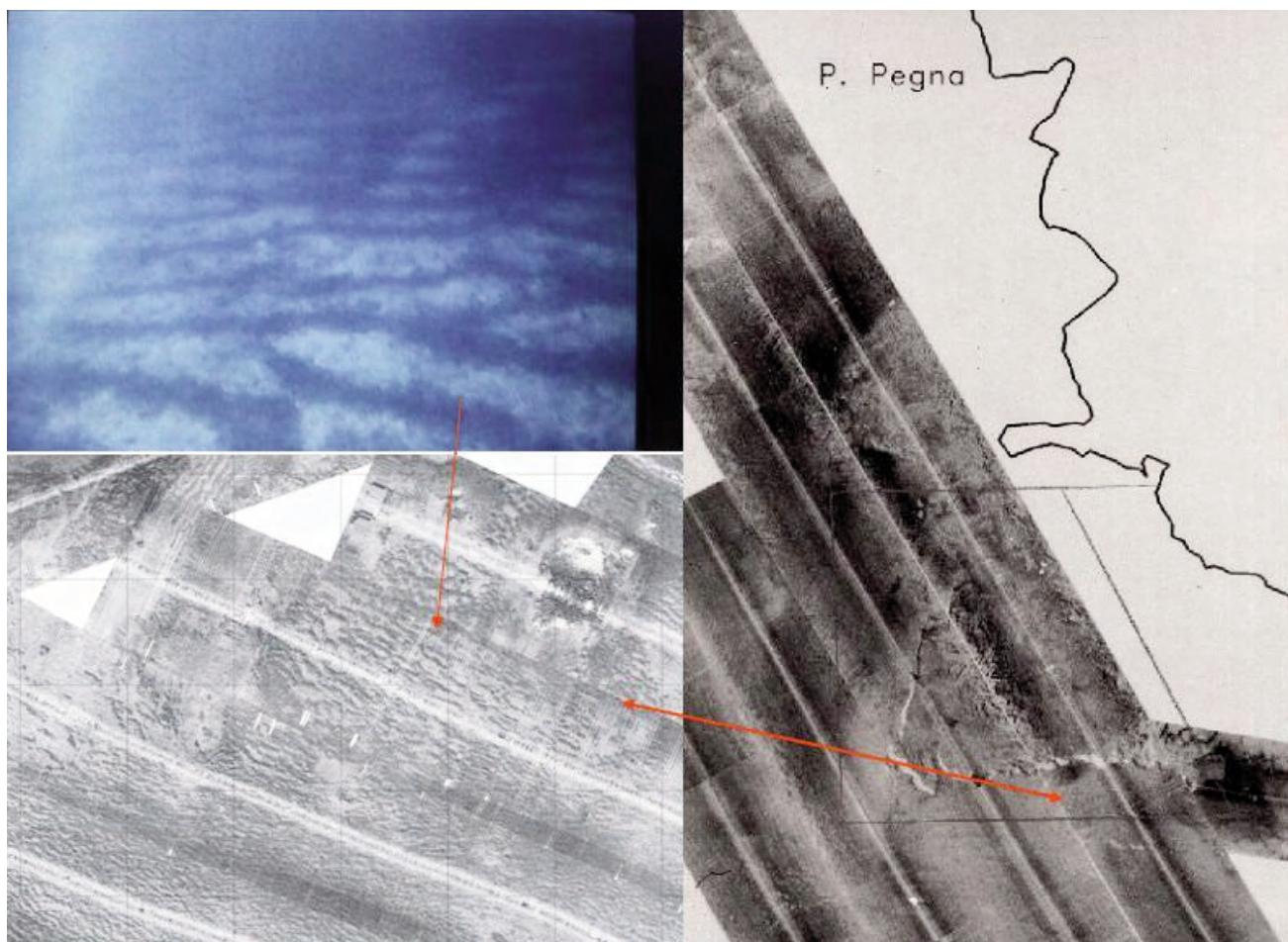


Fig. 3 - Il side scan sonar consente di mappare le caratteristiche dei sedimenti attuali.  
- Reconstruction of present-day sedimentary processes is performed by side scan sonar.



corpi di frana cartografati ad ovest della penisola si estendono per oltre 6 chilometri verso il largo, fino a 600 metri di profondità.

Il corpo della frana di Scopello (AGNESI *et alii*, 1995) si estende in continuità al traverso dell'abitato per circa un chilometro oltre la linea di costa (fig. 4, riquadro in rosso).

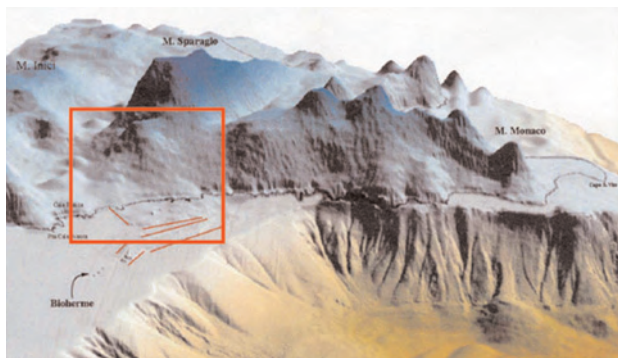


Fig. 4 - Il rilievo *multibeam* rivela il dettaglio delle strutture morfologiche.  
- *Multibeam surveying allows to identify the main morphological.*

### 3.5. - LE CARTOGRAFIE REGIONALI. IL FOGLIO 465 "ISOLA DI PROCIDA" ALLA SCALA 1:25.000

I principi generali delle linee guida per la cartografia delle aree marine alla scala 1:50.000, inoltre, sono stati trasposti nel progetto di cartografia geologica della Regione Campania, che ha realizzato parallelamente le carte geologiche alle scale 1:10.000 e 1:25.000.

Per garantire l'omogeneizzazione dei criteri e l'integrazione dei dati nelle rispettive cartografie, la Regione e il Servizio Geologico Nazionale hanno collaborato per ottenere il completamento verso mare delle strutture emerse e il raccordo dei dati ottenuti con i rilevamenti marini più profondi. In tal modo si è ottenuta la congruenza delle cartografie alle varie scale, delle rispettive banche dati e, all'interno di ogni foglio, dei dati terrestri, subacquei e marini profondi. In particolare la Regione Campania ha finanziato il rilevamento della fascia costiera nella sua continuità, per una cartografia regionale di maggior dettaglio che potesse focalizzare l'attenzione sulle aree costiere, emersa e sommersa. A tale scopo sono state messe a punto le procedure e le metodologie per il rilevamento geologico subacqueo (fig. 5).



Fig. 5 - Il rilevamento subacqueo permette di cartografare gli elementi sottocosta con estremo dettaglio.

- *The detailed mapping, aimed at the management of coastal areas, is carried out by scuba diving as well.*

Un esempio è costituito dal Foglio 465 "Isola di Procida", un'area ad intensa attività vulcanica attuale e recente. I campionamenti diretti sottocosta con metodi subacquei hanno permesso di identificare con certezza la continuazione delle formazioni vulcaniche oltre la linea di costa. L'attività vulcanica attuale è dimostrata dalle numerose manifestazioni gassose, spesso associate a deposizione di zolfo; i manufatti di epoca romana testimoniano la subsidenza di quest'area legata ad un vulcanismo recente e ancora attivo.

#### Ringraziamenti

È doveroso ringraziare i coordinatori e i direttori delle aree marine dei Fogli, e tutte le équipe di rilevatori, analisti, esperti di informatizzazione e GIS, che come noi si sono formati col CARG e senza i quali non si sarebbero raggiunti questi risultati. Un ringraziamento particolare ai coordinatori delle aree terrestri che hanno accolto l'ingombro di questa parte sommersa.

#### BIBLIOGRAFIA

- AGNESI V., DI MAGGIO C. & MACALUSO T. (1995) – *Deformazioni gravitative profonde e superficiali nella penisola di S. Vito. Mem. Soc. Geol. It.*, **50**: 11-21.
- CNR (1982) – *Progetto finalizzato oceanografia e fondi marini – Bibliografia (1976 – 1982)*. CNR, Roma.
- MANAINI V., FELLI L., COLAGROSSI A. & BARBANO A. (2005) – *Analisi della pressione antropica sulle coste italiane*. VIII Conferenza Mondo GIS. Geoesplora. Roma, 25-26 marzo 2005.

# La conoscenza geologica e la progettazione di grandi infrastrutture

## *Geological knowledge and infrastructural design*

BOERIO V. (\*), POLATTINI S. (\*\*),  
TOGNALA B. (\*\*)

**ABSTRACT** – In this article we illustrate the way in which SPEA uses geological bibliographical data, with the precise reference to the National Geological Cartography (CARG). So, we will use a specific example, referring to the Genova motorway section, as this lay-out follows an extremely complex geological-structural context. It is clear that the geological configuration can influence technological choices (a choice related to the use of the most efficient systems to carry out the excavation of the tunnels, e.g. perforation – shot, TBM, EPB, etc.), or can determine the geotechnical feasibility of certain works. It is also evident that the geological bibliography should supply a significant additional value to engineering projects, provided that the limits of the models expressed are respected. In order to define these limits, the universal principles of linguistic modelling are used (BANDLER, 1982) and in particular the following elements:

(1) generalisation, (2) cancellation (3) deformation.

In conclusion, we confirm that any geological map designed by those with technical and engineering expertise contains information which are mostly different with respect to a similar map conceived on a geological-scientific basis; as a consequence, it would be impossible to make a geological model of the other, without carrying out specific on-site activities (geological-technical surveys and investigations).

**PAROLE CHIAVE:** Autostrada, CARG, Genova, Geologia, Progetto, SPEA.

**KEY WORDS:** CARG, Design, Genova, Geology, Motorway, SPEA.

### 1. - PROGETTAZIONE E GEOLOGIA

Progettare, costruire e mantenere infrastrutture autostradali, cioè opere che attraversano il territorio senza soluzione di continuità, significa adottare un punto di vista che integri gli aspetti tecnici di dettaglio a quelli territoriali; da qui deriva il ruolo prioritario degli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici. In particolare si intende focalizzare l'attenzione sia sul valore dei dati bibliografici, sia sui limiti intrinseci al loro utilizzo, ciò in conformità con le indicazioni contenute nelle nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (Decreto 14 gennaio 2008). Il legislatore sancisce infatti la necessità di scindere le indagini di progetto in due distinte fasi ed in particolare di concepire una prima fase di “caratterizzazione e modellazione geologica del sito” ed una seconda fase di “indagine, caratterizzazione e modellazione geotecnica”.

La prima fase rappresenta l'oggetto dei progetti preliminari, i quali perseguono i seguenti obiettivi prioritari: ricostruzione dei caratteri litologici, dei rapporti stratigrafico - strutturali, degli elementi geomorfologici e degli elementi idrogeologici; cioè la definizione di tutto ciò che possa esse-

(\*) SPEA Ingegneria Europea - Responsabile Ufficio Geologico

(\*\*) SPEA Ingegneria Europea - Ufficio Geologico

re riferito al concetto di “pericolosità geologica del territorio”.

Mediante un esempio specifico, riferito al tratto autostradale di potenziamento del Nodo Genovese, si intende illustrare la prospettiva adottata dalla SPEA per l'utilizzo di dati bibliografici quali ad esempio quelli della Cartografia Geologica Nazionale (CARG).

## 2. - DATI PROGETTUALI DI BASE

La prima attività da svolgere, propedeutica a qualsiasi progettazione preliminare, consiste nella ricerca dei dati di base. Tale indagine viene svolta sia presso enti pubblici, sia presso enti privati, con il fine di collezionare i seguenti elementi:

- cartografia tematica (es. CARG, PAI, studi geologico - applicativi e scientifici);
- cartografia degli strumenti urbanistici (es. piani strutturali, PTCP);
- indagini geognostiche pregresse (es. c/o Autostrade, Province, Regioni, ISPRA);
- censimento pozzi e sorgenti (es. c/o ARPA, Province, enti gestori delle reti acquedottistiche);
- dati pluviometrici (es. c/o ARPA, servizi idrografici ed idrologici).

## 3. - PROGETTO PRELIMINARE DI POTENZIAMENTO DEL NODO DI GENOVA

Il Nodo stradale e autostradale di Genova prevede:

1) la realizzazione di un nuovo tratto in variante rispetto all'autostrada esistente tra Vesima e Genova Ovest (16,5 km di tracciato con sviluppo prevalentemente sotterraneo: “Gronda di Ponente”);

2) l'adeguamento dell'autostrada A7 nel tratto compreso tra Begato e Genova Ovest e la sua continuazione verso la zona portuale di Sampierdarena;

3) la realizzazione della nuova carreggiata est dell'autostrada A12 tra Begato e Genova Est;

4) vari interventi di svincolo e di connessione alla viabilità ordinaria preesistente.

Per quanto attiene alla cartografia geologica generale si è fatto riferimento all'atlante cartografico geologico del comune di Genova alla scala 1:10.000, oltre che ai Fogli “Pegli” e “Genova” della cartografia CARG, in particolare degli elaborati alla scala 1:25.000.

Per quanto attiene alla cartografia strutturale di base si è fatto riferimento principalmente al modello strutturale d'Italia del CNR alla scala 1:500.000 ed all'inquadramento strutturale CARG alla scala 1:25.000.

Il quadro generale evidenzia la presenza di

unità metamorfiche derivanti da rocce di crosta oceanica e dalle relative coperture sedimentarie; in particolare si individua:

a) un settore occidentale interessato da metamorfismo in facies scisti blu, con successiva riequilibratura in facies scisti verdi;

b) un settore orientale contraddistinto da metamorfismo decrescente dalla facies scisti blu, fino ad una totale assenza di metamorfismo;

c) la presenza diffusa in parecchie aree di sedimenti non metamorfici tardo e post orogenici. Dal punto di vista strutturale si riconosce:

I) la giustapposizione dei domini orogenici alpino ed appenninico;

II) la presenza di tre distinte zone con differenti stili deformativi (Gruppo di Voltri, zona Sestri - Voltaggio, dominio dei flysch appenninici);

III) una distribuzione deformativa molto eterogenea nell'ambito delle differenti litologie;

IV) una complessa evoluzione polifasica, soprattutto nel Gruppo di Voltri (fig. 1).

Nell'ambito di un contesto geologico-strutturale di tale complessità si ravvisa la presenza di numerosi elementi tali da influenzare sia le scelte tecnologiche (scelta dei sistemi di scavo per le gallerie fra perforazione-sparo, TBM, EPB, ecc.), sia la fattibilità geotecnica di alcune opere.

A titolo d'esempio si citano tre elementi di rilievo dal punto di vista delle ripercussioni progettuali:

1) presenza di litotipi molto eterogenei e di elementi tettonici regionali, che si esplica sia in termini di resistenze molto variabili, sia in termini di estrema deformabilità di alcune porzioni d'ammasso;

2) differenti modalità di circolazione idrica negli ammassi rocciosi tettonizzati, che determina afflussi idrici in pressione nelle gallerie;

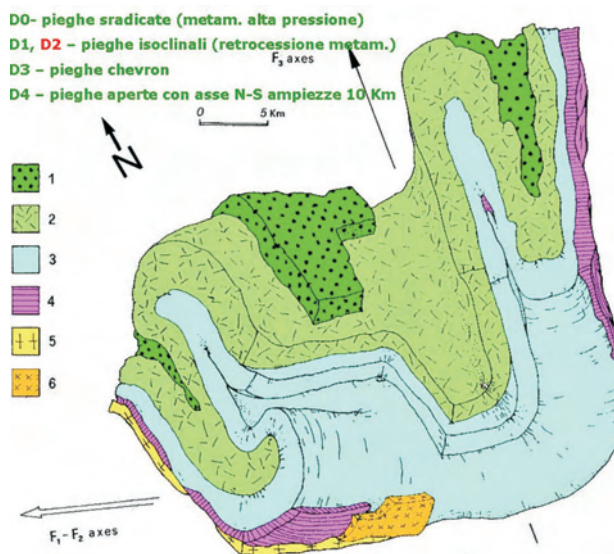


Fig. 1 - Schema strutturale del Gruppo di Voltri, (CAPPONI *et alii* 1994).  
- Tridimensional interpretation of the Voltri Group (CAPPONI *et alii* 1994).



3) presenza di dissesti interferenti con le opere.

La definizione di tali aspetti ha implicato lo sviluppo delle seguenti attività a tema geologico:

- programmazione ed esecuzione di indagini geognostiche in sito (1.490 m di carotaggio continuo, 1.000 m di sismica a rifrazione, 1.300 m di stendimenti geoelettrici) ed in laboratorio (prove geotecniche);

- rilievo geologico e geomorfologico in sito alla scala 1:5.000 (55 km<sup>2</sup>);

- analisi geomorfologica e strutturale dei fotogrammi aerei;

- censimento in sito dei punti d'acqua;

- studio sull'amianto naturale;

- esecuzione di rilievi geostrutturali.

Gli elaborati tecnici prodotti sono consistiti in alcuni rapporti sulle indagini, in una relazione geologica ed idrogeologica ed in una serie di carte tematiche alla scala 1:5.000, in particolare: carta geologica (fig. 2), carta strutturale (fig. 3), carta geomorfologica, carta idrogeologica, carta dei vincoli, profilo geologico – geomeccanico, studio relativo alla presenza di amianto naturale.

#### 4. - MECCANISMI DI MODELLAMENTO

I dati bibliografici, quali ad esempio quelli derivabili dalla Cartografia Geologica Nazionale (CARG), forniscono un significativo valore aggiunto per i progetti ingegneristici, ciò a patto che siano rispettati i limiti dei modelli che rappresentano. Al fine di definire tali limiti è possibile ricorrere ai principi universali del modellamento

(BANDLER, 1982) ed in particolare ai modelli linguistici, con i loro tre meccanismi di base, che possono essere facilmente espressi anche in un contesto di modellazione geologica:

1) meccanismo di “generalizzazione”, che consiste nell’assimilare ciò che viene osservato a modelli mentali costruiti sulla base delle specifiche esperienze dei singoli rilevatori;

2) meccanismo di “cancellazione”, che consiste nell’ignorare tutti gli elementi che esulano dallo specifico scopo che persegue il rilevatore;

3) meccanismo di “deformazione”, che consiste nel distorcere il significato di ciò che viene osservato e nell’adattarlo al modello mentale più “comodo” tra quelli che il rilevatore si è costruito nel corso del rilevamento.

A questo punto risulta evidente come una carta geologica, costruita da geologi che posseggono esperienze per lo più tecnico – ingegneristiche e che operano con finalità di tipo applicativo, possa contenere informazioni differenti rispetto ad un elaborato concepito su base scientifica per gli scopi della Cartografia Geologica Nazionale.

Risulta altresì evidente come non sia possibile derivare un modello geologico dall’altro, nemmeno in fase di progettazione preliminare, se non a valle di specifiche attività conoscitive condotte in sito (rilevamento geologico – tecnico ed indagini geognostiche).

A titolo d’esempio si citano le serpentiniti presenti in corrispondenza del Nodo autostradale di Genova: si tratta di un litotipo che, nell’ambito della legenda CARG è stato differenziato in funzione delle paragenesi metamorfiche, il che ha



Fig. 2 - Progetto preliminare potenziamento del Nodo di Genova (planimetria e profilo geologico). SPEA Ingegneria Europea 2008.  
- Gronda di Genova, geological advanced preliminary project. SPEA Ingegneria Europea 2008.

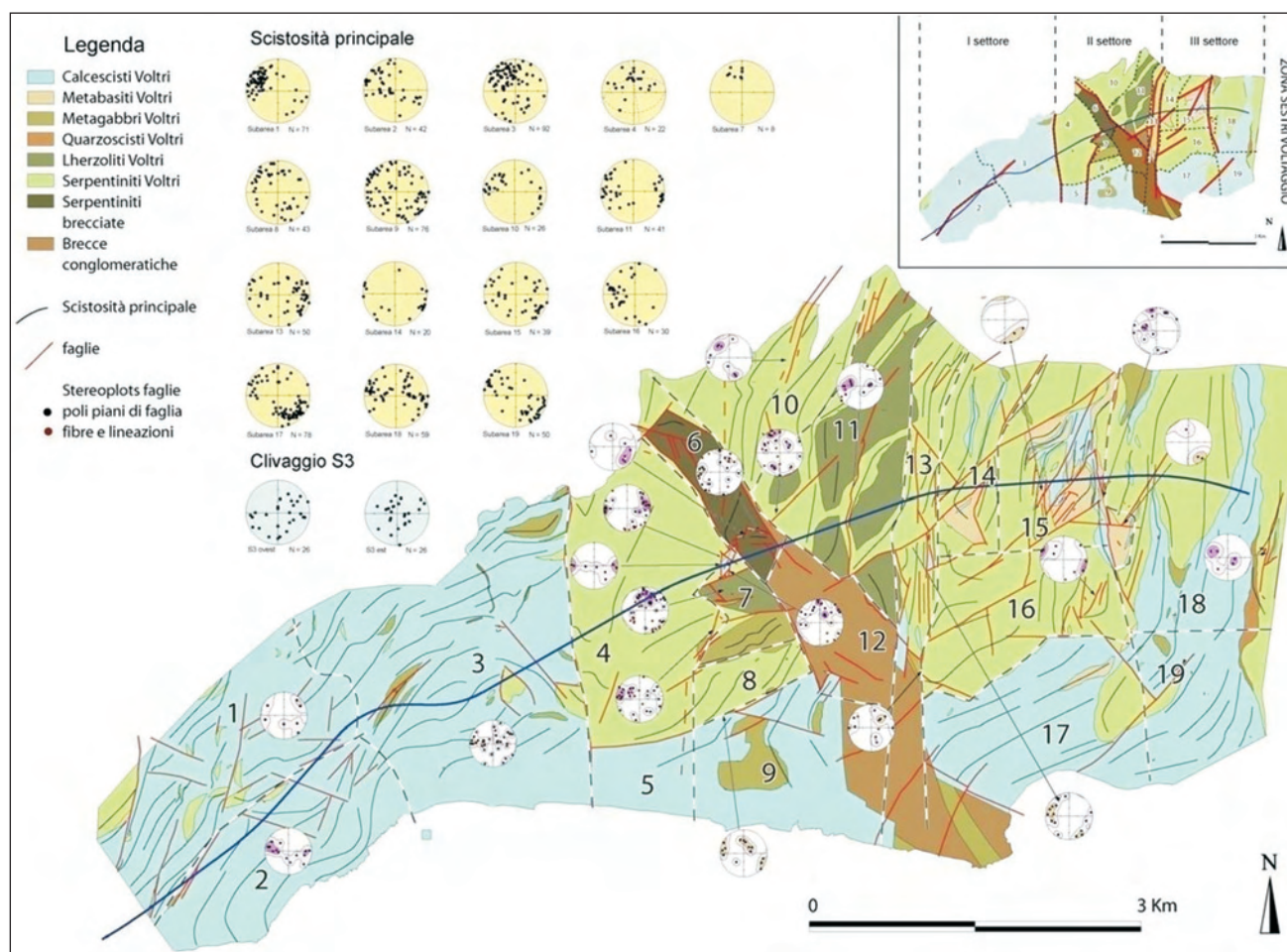


Fig. 3 - Progetto preliminare potenziamento del Nodo di Genova (studio strutturale con analisi di scistosità e clivaggio). SPEA Ingegneria Europea 2008.  
- Gronda di Genova, structural geology advanced preliminary project. SPEA Ingegneria Europea 2008.

determinato l'identificazione di quattro unità tettoniche che si differenziano in modo netto dal punto di vista petrografico (Figogna, Cravasco-Voltaggio, Palmaro-Caffarella e Voltri), ma che sono del tutto assimilabili dal punto di vista meccanico. Viceversa nell'ambito della legenda geologico-tecnica predisposta da SPEA viene aggiunta una suddivisione in funzione degli elementi tessuturali e strutturali, che generano un significativo riscontro meccanico (serpentiniti massicce-foliate, tessitura brecciata, tessitura cataclastica fissile, foliazione spinta fino a milonisi). Le serpentiniti massicce – foliate rappresentano rocce resistenti (40 – 100 MPa), con un indice qualitativo d'ammasso GSI di 40-50; le serpentiniti brecciate sono materiali rocciosi deboli (10 – 20 MPa), con un indice qualitativo GSI di 20-30; le serpentiniti cataclastiche sono materiali molto deboli (4 – 15 MPa), con indice qualitativo GSI di 12-22.

#### Ringraziamenti

Oltre ai colleghi che quotidianamente contribuiscono alla costruzione del patrimonio d'esperienza della SPEA, un particolare ringraziamento al Dr. D. Battaglia ed alla Dr.ssa A. Cavaliere.

#### SINTESI BIBLIOGRAFICA

- Foglio 213-230 "Genova" – Sezioni 213-2 Genova e 213-3 Pegli (scala 1:25.000). Progetto CARG.
- BANDLER R. (1982) – *Programmazione Neurolinguistica; lo studio della struttura dell'esperienza soggettiva*. Astrolabio Ubaldini edizioni.
- CAPPONI G. & CRISPINI L. (2002) – *Structural and metamorphic signature of alpine tectonics in the Voltri Massif*. Eclogae geol. Helv, **95**: 31-42.
- CAPPONI et alii (1994) – *Carta geologico strutturale del settore centro meridionale del Massiccio di Voltri e note illustrative*, Boll. Soc. Geol. It, 113: 383-394.
- COMUNE DI GENOVA, LIGURIA REGIONE INTEGRATA, AMGA spa (scala 1:10.000) – *Atlante cartografico geologico del comune di Genova*.

## Il rilievo Geofisico-Geologico del Lago Trasimeno (F. 310 Passignano sul Trasimeno)

*Geophysical-Geological survey of Lake Trasimeno  
(F. 310 Passignano sul Trasimeno)*

---

GASPERINI L. (\*)

**ABSTRACT** - An integrated geological/geophysical survey of a shallow-water lake (Trasimeno lake, Central Italy) has been carried out in the frame of the Italian Geological-Map Project (CARG). Multibeam bathymetry, single- and multi-channel reflection seismic and magnetometric data were collected, together with sediment samples, to reconstruct the geological history of the lake and its possible connections with regional geo-tectonic features. First results of our study suggest a complex history of water-level changes that overprint a regional record of continuous subsidence driven by normal faults. This extensional tectonic regime, recorded up to the recentmost sedimentary deposits of the lake, do not shows important changes during the lake lifetime, and seems responsible for its long-term preservation.

Our study suggests that shallow-water environments are interesting for geological studies since they fits geophysical and geological constraints to obtain high-quality images of the subsurface and high-resolution stratigraphic records, not characteristics of other continental environments.

**PAROLE CHIAVE:** Appennino Centrale, Geologia Marina, Lago Trasimeno, Rilievo geofisico.

**KEY WORDS:** Central Apennine, Lake Trasimeno, Geophysical survey, Marine Geology.

### 1. - INTRODUZIONE

Nell'ambito della compilazione del Foglio Geologico n. 310, *Passignano sul Trasimeno* è stato realizzato uno studio geologico-geofisico del

Lago Trasimeno, utilizzando tecniche sperimentali di Geologia Marina. L'acquisizione di dati geofisici in un ambiente caratterizzato da profondità d'acqua estremamente basse ha costituito la difficoltà principale, affrontata con soluzioni *ad hoc*.

### 2. - IL LAGO TRASIMENO

Il Lago Trasimeno è il più ampio specchio lacustre dell'Italia peninsulare, con una superficie di oltre 120 km<sup>2</sup>, ed è situato interamente in territorio umbro. Il suo bacino è localizzato a nord-ovest della costa settentrionale del lago, e confina con quello del Fiume Tevere collegato al Trasimeno attraverso l'emissario artificiale ed i corsi d'acqua Caina e Nestore. Dal punto di vista tettonico il Trasimeno si trova all'interno della catena appenninica settentrionale, caratterizzata nel corso della sua evoluzione da una migrazione verso est dei *pattern* di deformazione, marcati dalla presenza di bacini di avanfossa progressivamente più giovani verso l'esterno. Come risultato di questa evoluzione tettonica, l'Appennino Settentrionale può essere diviso in due domini strutturali distinti in base a caratteristiche geologiche e geofisiche differenti: un *dominio occidentale*, dove la deformazione estensionale ha dislocato la fascia

---

(\*) Istituto di Scienze Marine, ISMAR-CNR, Geologia Marina, via Gobetti 101, 40129, Bologna



compressiva pre-esistente, ed un *dominio orientale*, dove le strutture compressive si sono preservate intatte: il Lago Trasimeno viene a localizzarsi all'interno del dominio strutturale orientale, interessato attualmente da deformazioni estensionali.

Vari modelli di evoluzione strutturale sono stati proposti per il Lago Trasimeno, ritenuto anticamente di origine alluvionale; i lavori scientifici più recenti, però, mostrano un certo accordo nel proporre per la fossa del Trasimeno un'origine causata da processi tettonici, a partire dal tardo Pliocene (AMBROSETTI *et alii*, 1989; CATTUTO & GREGORI, 1993; CATTUTO *et alii*, 1995). Infatti, dopo che il sollevamento generale del substrato al fronte della catena ha causato l'emersione del territorio ed il ritiro del mare verso ovest (processo completato definitivamente nel Pleistocene inferiore), le fosse tettoniche al retro della catena hanno richiamato il deflusso idrico superficiale in aree più o meno circoscritte dove si sono formati ambienti palustri, la cui evoluzione ha occupato un lungo intervallo temporale.

Possiamo quindi immaginare che tutto il territorio circostante il Lago Trasimeno si sia venuto a trovare in questa situazione paleogeografica dal Pliocene (o più frequentemente dal Pleistocene inferiore) fino ai giorni nostri: il lago costituirebbe quindi l'ultimo lembo di questi ambienti palustri preservato al colmamento.

### 3. - METODI

Il rilievo geofisico del Lago Trasimeno è stato realizzato in due fasi successive, la Campagna TRASI-04 e la Campagna TRASI-05 (BORTOLUZZI *et alii*, 2005), nel Dicembre 2004 e nel Giugno 2005, rispettivamente. Nel corso delle due campagne realizzate da ISMAR-Bologna nell'ambito di una convenzione con il Servizio Geologico della Regione Umbria, sono stati acquisiti dati di:

- a) batimetria e morfologia del fondale per mezzo di ecoscandagli a fascio singolo e multifascio;
- b) sismica a riflessione superficiale, utilizzando un sistema *Chirp-Sonar* che ha permesso di ottenere immagini acustiche dei primi 30-40 m del sottofondo lacustre con risoluzione decimetrica;
- c) sismica a riflessione profonda, con una sorgente di tipo "*water-gun*" e un cavo di ricezione multicanale.

I dati geofisici sono stati integrati dal campionamento di sedimenti del fondo lago, ottenuti utilizzando una benna e un carotiere acqua-sedimento. Una carota SW, della lunghezza di 53 cm, è stata analizzata per determinare il tasso di sedimentazione a scala secolare.

### 4. - RISULTATI

La nuova carta batimetrica del Lago Trasimeno (fig. 1) mostra come dal punto di vista morfologico il lago abbia l'aspetto di una conca piatta, con una lievissima pendenza verso la zona centrale dove si osservano profondità massime di circa -6 m rispetto allo zero idrometrico. La caratteristica più interessante è la presenza di due depocentri, uno approssimativamente baricentrico rispetto alle coste, il secondo localizzato nel settore nord-occidentale del lago. I gradienti topografici sono molto bassi e costanti quasi ovunque, eccetto che nei pressi della costa e delle isole dove si osserva un addensamento molto rapido delle isobate. L'analisi della riflettività superficiale, validata dalla raccolta di campioni dei sedimenti del fondo (fig. 2), ha permesso di dare indicazioni sulla distribuzione areale dei sedimenti.

Il fondale del lago è caratterizzato da una grande omogeneità litologica, dominata dalla presenza di sedimenti a granulometria fine (silt e argilla). I sedimenti più riflettivi, che raggiungono la granulometria massima delle sabbie, sono concentrati lungo le coste.

Lo studio integrato tra i dati superficiali e i dati geofisici profondi ha messo in evidenza come il lago sia interessato da subsidenza progressivamente maggiore da est a ovest: la progressiva "rotazione" verso est del substrato crea lo spazio per l'accumulo di uno spesso cuneo di sedimenti le cui geometrie interne sono controllate dalle variazioni di livello del lago (fig. 3). La presenza di una marcata discontinuità erosiva e di un corpo progradazionale sepolto sotto sedimenti più trasparenti è probabilmente da mettere in relazione ad uno o più episodi di variazione del livello del lago, e in particolare ad una fase abbastanza prolungata e persistente di stazionamento basso.

L'acquisizione di profili sismici multicanale "profondi" (fino a 600 m di profondità) ha permesso di studiare l'intera successione sedimentaria al di sotto del fondale lacustre. È stata riconosciuta una principale *unconformity* che separa due unità a *facies sismica* molto differenti al di sopra del basamento acustico completamente "sordo":

1) un'unità inferiore, che mostra la presenza di riflettori marcati, di grande ampiezza e continuità laterale, tipici di depositi marini o transizionali;

2) un'unità superiore, che marca l'instaurarsi di condizioni lacustri e la presenza di sedimenti omogenei acusticamente trasparenti, che raggiungono lo spessore massimo di 250 metri in

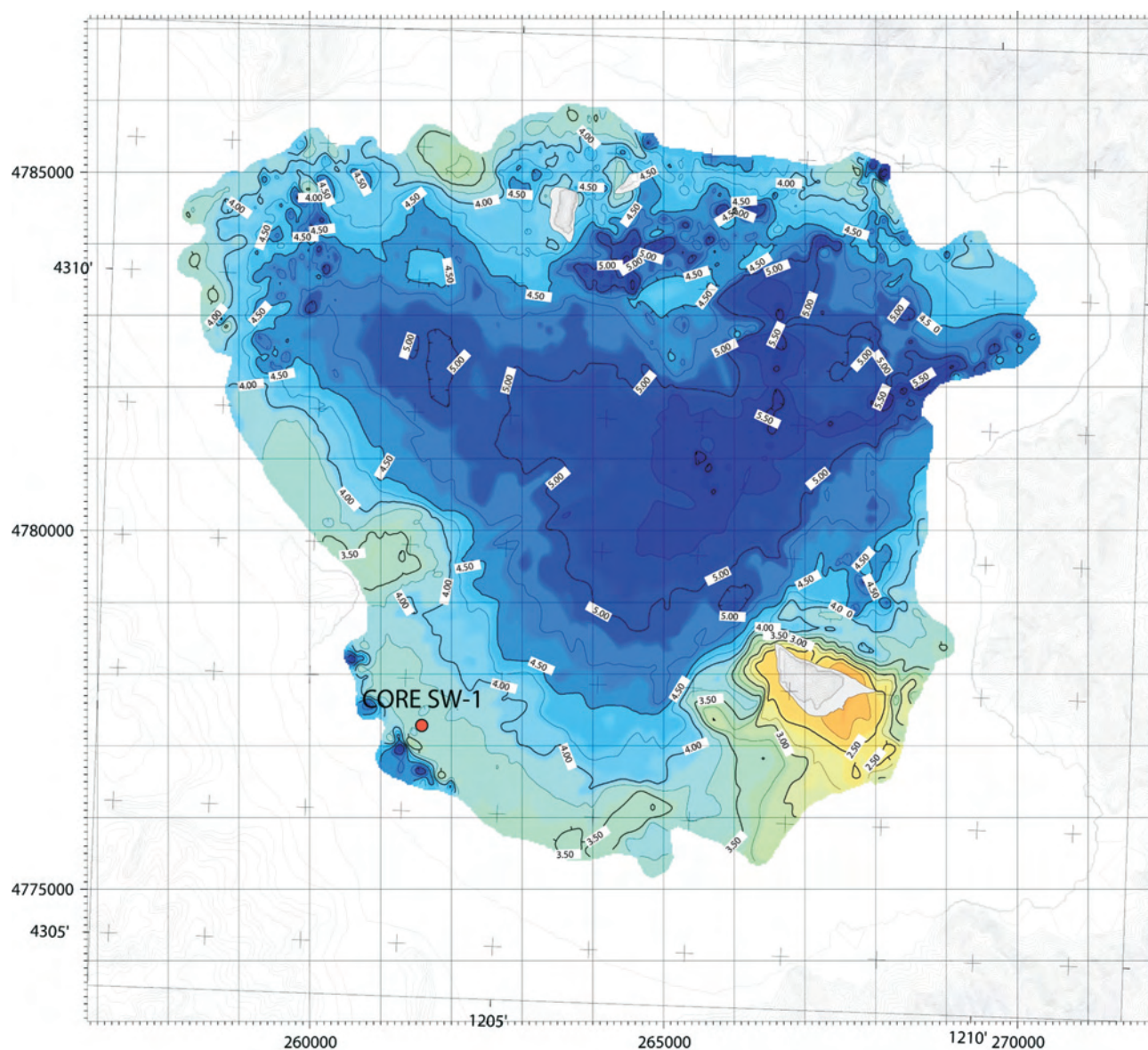


Fig. 1 - Mappa morfobatimetrica del Lago Trasimeno ottenuta dai dati delle campagne TRASI-04 e TRASI-05.  
 - Morphobathymetric map of Trasimeno Lake derived from TRASI-04 and TRASI-05 surveys.

vicinanza della costa orientale del lago. Entrambe le unità appaiono progressivamente ruotate verso E e registrano una subsidenza regionale guidata da un sistema di faglie normali ad alto angolo.

Le correlazioni con i dati stratigrafici raccolti a terra (BARCHI & MARRONI, 2007; GASPERINI *et alii*, in prep.) ci indicano che, a partire dal Pliocene inferiore, ma per tutto il Pleistocene e il Quaternario, il bacino del Trasimeno è stato interessato da una tettonica estensionale che ha contribuito a preservare il lago dal colmamento depositando una successione quasi continua di depositi lacustri omogenei.

## 5. - CONCLUSIONI

L'analisi dei dati raccolti ci ha consentito di fornire informazioni utili alla compilazione del Foglio 310 che permettono di ricostruire la storia del bacino sedimentario del Lago Trasimeno a partire dal Pliocene inferiore. D'altra parte, la raccolta di questi dati ha permesso di stimolare altre linee di ricerca, che vanno dall'analisi ambientale all'archeologia, e ci fanno ritenere che il Lago Trasimeno, come potenzialmente molti altri bacini continentali, siano ambienti molto promettenti per studi di questo tipo, sia per la qualità dei dati geofisici che si riescono ad ottenere, che per la presenza di successioni



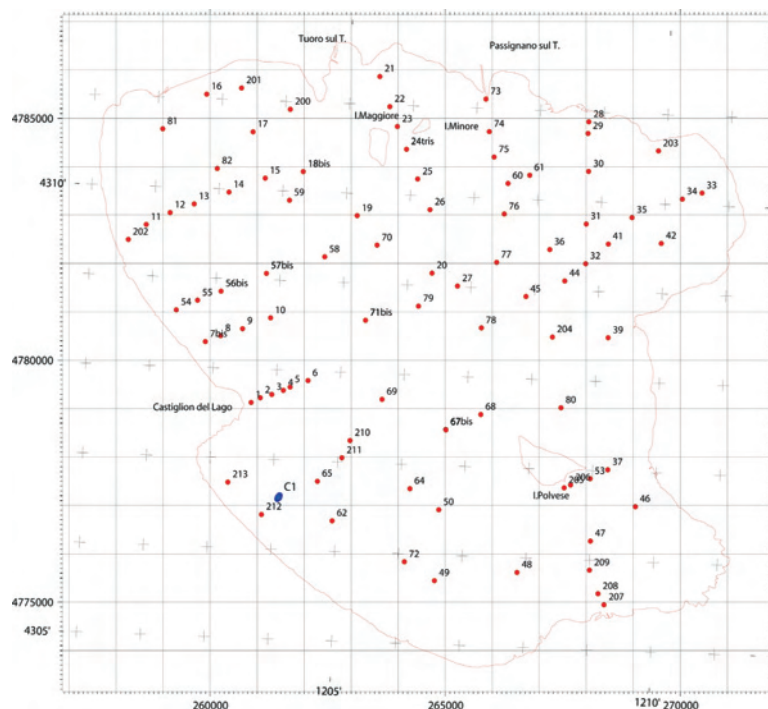


Fig. 2 - Carta dei campioni superficiali di sedimento prelevati durante la Campagna TRASI-05.

- Ubication map of superficial sediment samples from the TRASI-05 survey.

sedimentarie relativamente continua che possono preservare *record* geologici estesi e dettagliati.

#### Ringraziamenti

Si ringraziano tutti i partecipanti all'acquisizione e all'analisi dei dati. Il "Progetto Trasimeno" è frutto principalmente dell'impegno di Arnaldo Boscherini e Andrea Motti, del Servizio Geologico della Regione Umbria, che non solo ne hanno deciso l'esecuzione e la pianificazione, ma hanno contribuito a realizzarlo con idee e lavoro sul campo.

#### BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI P., CATTUTO C. & GREGORI L. (1989) - *Lineamenti geomorfologici dell'area a sud del L. Trasimeno: bacino di Tavernelle/Pietrafitta*. Il Quaternario, (1), 57-64.
- BARCHI, M.R. & MARRONI M. (2007) - *Note illustrative del Foglio 310, Passignano sul Trasimeno*. Progetto CARG (CARTografia Geologica), ISPRA.
- BORTOLUZZI *et alii* (2005) - *Ricerche Geofisiche nel L. Trasimeno*, ISMAR-CNR Bologna, Rapporto Tecnico N.97, Novembre 2005, Bologna.
- CATTUTO C. & GREGORI L. (1993) - *Origine ed evoluzione del L. Trasimeno*. Conferenza Auditorium Urbani. 15 Marzo (Assessorato della cultura-Passignano S.T. Università degli Studi di Perugia).

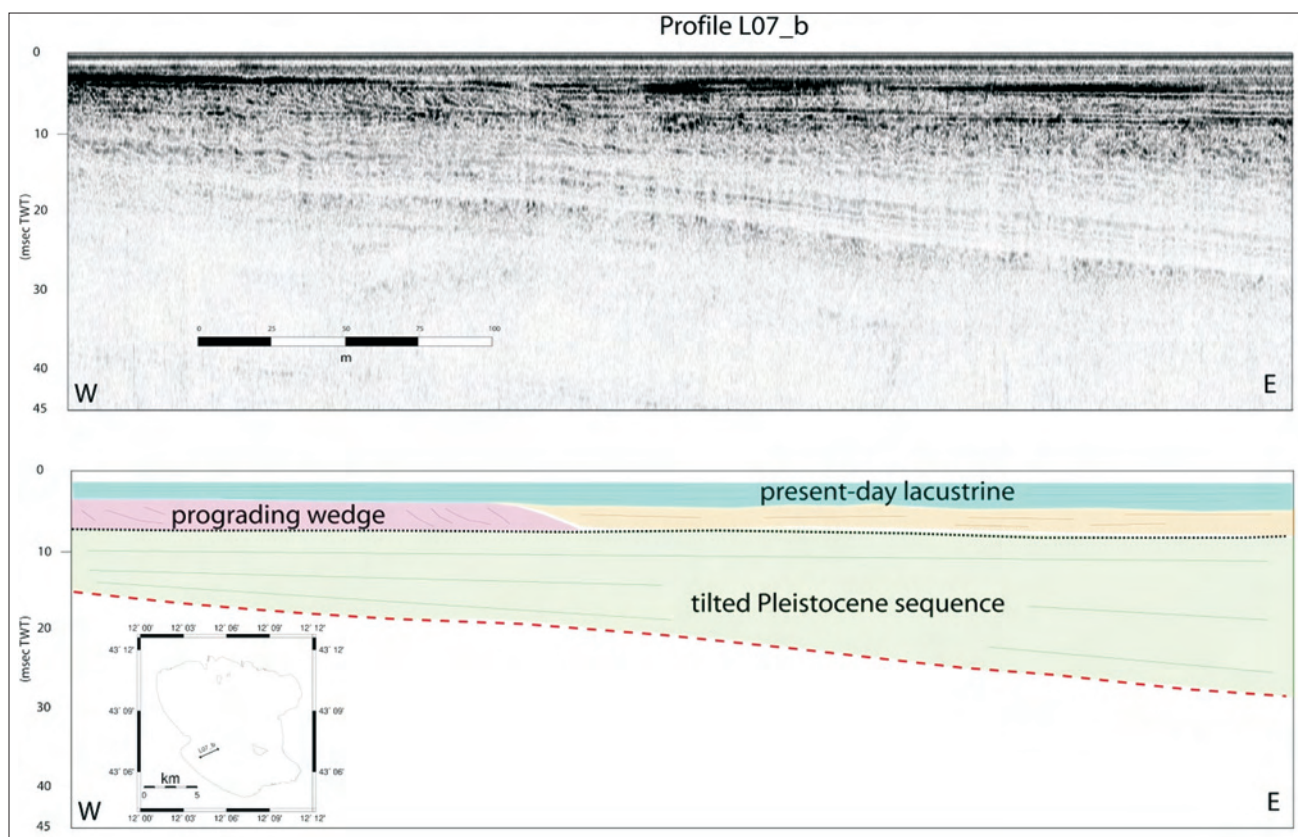


Fig. 3 - Profilo sismico a riflessione ad alta risoluzione acquisito in prossimità della costa occidentale del lago. Si notino la successione sedimentaria Pleistocenica ruotata verso E e la presenza di un corpo progradazionale al di sopra di una superficie erosiva che marca un episodio recente di stazionamento basso del livello del lago.

- High resolution seismic reflection profile located near the west coast of the lake. The Pleistocene sedimentary succession is tilted toward E and a recent lowstand stage is highlighted by a prograding wedge above an erosional surface.



# Le informazioni geologiche nelle attività di protezione civile

## *Geological Information and Civil Protection activities*

---

DI BUCCI D. (\*)

**ABSTRACT** – The activities of the Italian Department of Civil Protection (DPC) are valuably supported by the information provided by geological maps and, more in general, by geological data. In particular, three main aspects concern the use of these data: the institutional role of coordination played by the DPC, the national scale at which the DPC operates, and the data integration within the Early Warning National System. The DPC activities are strongly imprinted by these aspects, which make the Department a typical end-user of new-generation geological data such as, for instance, the products of the CARG Project.

**PAROLE CHIAVE:** Protezione civile, Coordinamento, Integrazione dei dati, Scala nazionale.

**KEY WORDS:** Civil Protection, Coordination, Data integration, National scale.

### 1. - INTRODUZIONE

L'utilizzo e le applicazioni della cartografia geologica e, più in generale, dei dati geologici nelle attività di protezione civile svolte dal Dipartimento della Protezione Civile (DPC) ruotano intorno a tre aspetti principali: il ruolo di coordinamento svolto dal DPC, la scala nazionale a cui il Dipartimento opera e l'integrazione dei dati all'interno della Rete dei Centri Funzionali per la gestione del Sistema Nazionale di Allertamento. Questa nota breve è organizzata sviluppando sinteticamente tali punti.

### 2. - IL COORDINAMENTO

Il Servizio nazionale della protezione civile, istituito con la Legge 225 del 1992, è un sistema complesso in quanto la stessa legge, in maniera innovativa, configura la protezione civile come materia multilivello, a competenza mista tra Stato-Regioni-Enti Locali, comunità scientifica, volontariato e numerose altre Istituzioni, anche private (GALANTI *et alii*, 2007). Secondo questa legge, sono Amministrazioni componenti del Servizio nazionale di protezione civile lo Stato, le Regioni, le Province, i Comuni e le Comunità montane.

Inoltre, l'art. 11 della stessa legge individua le strutture operative nazionali del Servizio nazionale della protezione civile:

- a) il Corpo nazionale dei vigili del fuoco quale componente fondamentale della protezione civile;
- b) le Forze armate;
- c) le Forze di polizia;
- d) il Corpo forestale dello Stato;
- e) i Servizi tecnici nazionali;
- f) i gruppi nazionali di ricerca scientifica (omissis), l'Istituto nazionale di geofisica ed altre Istituzioni di ricerca;
- g) la Croce rossa italiana;
- h) le strutture del Servizio sanitario nazionale;
- i) le organizzazioni di volontariato;

---

(\*) Dipartimento della Protezione Civile Ufficio III - Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico. Via Vitorchiano, 4 - Roma  
daniela.dibucci@protezionecivile.it

g) il Corpo nazionale soccorso alpino-CNSA (CAI).

Questa varietà di Amministrazioni, Istituzioni ed Enti, successivamente modificata e integrata, fornisce una misura della complessità del sistema e della necessità di un coordinamento. In questo quadro normativo, la protezione civile viene pertanto caratterizzata come un'organizzazione composita diversificata, con un coordinamento unitario a livello nazionale. Il ruolo di coordinamento viene svolto dal Presidente del Consiglio o da un'Autorità da lui delegata, al cui supporto opera il DPC (GALANTI *et alii*, 2007).

A sostegno della necessità di regolamentare, in maniera condivisa, il coordinamento nell'ambito del Servizio nazionale di protezione civile svolgono le loro attività il Comitato operativo della protezione civile e la Commissione nazionale per la previsione e la prevenzione dei grandi rischi (Legge 401 del 2001, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile). Il Comitato operativo della protezione civile opera presso il DPC ai fini della direzione unitaria e del coordinamento delle attività di emergenza (DPCM 2 Marzo 2002). La Commissione nazionale per la previsione e la prevenzione dei grandi rischi opera presso il DPC quale organo consultivo tecnico-scientifico e propositivo del Dipartimento stesso in materia di previsione e prevenzione delle varie ipotesi di rischio (DPCM 12 Aprile 2002).

### 3. - LA SCALA NAZIONALE

Il coordinamento operato dal DPC è su scala nazionale, fatto comunque salvo il principio di sussidiarietà per il quale alcune attività possono essere svolte anche ad altre scale di maggior dettaglio. In particolare, il DPC opera in emergenze alla scala nazionale o di rilevanza nazionale per la complessità del coordinamento e per il numero di Istituzioni coinvolte. Gli ambiti sono quelli tipici del Servizio nazionale di protezione civile, che ha il fine di tutelare l'integrità della vita, i beni, gli insediamenti e l'ambiente dai danni derivanti da calamità. Le specifiche attività di quest'ultimo, rispetto ai diversi tipi di rischio, sono:

- la previsione;
- la prevenzione;
- il soccorso;
- il superamento dell'emergenza.

In tutte queste attività, dati e cartografia geologica a copertura nazionale trovano concreta collocazione.

### 4. - L'INTEGRAZIONE DEI DATI NEL SISTEMA DEI CENTRI FUNZIONALI

La Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 Febbraio 2004, "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale, statale e regionale, per il rischio idrogeologico e idraulico", stabilisce che la gestione del Sistema Nazionale di Allertamento è assicurata dal DPC, dalle Regioni e dalle Province autonome attraverso la Rete dei Centri Funzionali, nonché le strutture regionali e i Centri di Competenza chiamati a concorrere funzionalmente e operativamente a tale rete. La Direttiva fornisce, in particolare, gli indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del Sistema di Allertamento Nazionale e Regionale, ai fini di protezione civile, attraverso la Rete dei Centri Funzionali.

I Centri Funzionali sono strutture che, sulla base delle reti informative e della conoscenza delle criticità sul territorio, vengono chiamate a fornire il supporto tecnico alle decisioni di protezione civile. Compito della Rete dei Centri Funzionali, organizzata in un Centro Funzionale Centrale che ha sede presso il DPC e ventuno Centri Funzionali Regionali (non ancora tutti attivi), è quello di far confluire, concentrare ed integrare tra loro:

- i dati qualitativi e quantitativi rilevati dalle reti strumentali di monitoraggio a terra e dalle diverse piattaforme satellitari disponibili per l'osservazione della Terra;
- i dati cartografici, territoriali e ambientali;
- le modellazioni degli eventi e degli effetti sulla popolazione, i beni e l'ambiente;
- le informazioni non strumentali ottenute dai presidi territoriali e dalle strutture operative.

La finalità di tale compito è quella di fornire un servizio continuativo per tutti i giorni dell'anno e, se necessario, sull'arco delle 24 ore giornaliere, che sia di supporto alle decisioni delle Autorità competenti per gli allerta e per la gestione dell'emergenza, nonché assolvere alle necessità operative dei sistemi di protezione civile.

In tale ambito merita di essere sottolineata la necessità di disporre di dati acquisiti secondo degli *standard* condivisi, che ne permettano un'analisi integrata anche qualora, come di fatto accade abitualmente, siano forniti da Enti diversi.

Il Sistema Nazionale di Allertamento, gestito dal DPC e dalle Regioni attraverso la Rete nazionale dei Centri Funzionali, si avvale inoltre del supporto dei "Centri di Competenza". Senza voler entrare ulteriormente nel dettaglio sull'architettura e il funzionamento della Rete dei Centri

Funzionali, può qui valere la pena specificare la differenza tra questi ultimi e i Centri di Competenza stessi.

I Centri Funzionali sono unità operative che possono raccogliere, elaborare e scambiare ogni tipo di dato per specifiche tipologie di rischio (meteorologico, idrogeologico, idraulico, sismico, vulcanico, industriale, ...) e che forniscono un supporto multiplo per le decisioni di protezione civile. Il Centro Funzionale Centrale coordina le attività definendo le linee guida, le procedure e gli standard operativi, nonché supportando le regioni in cui il Centro Funzionale Regionale non è ancora stato attivato.

I Centri di Competenza sono invece Enti e Istituzioni che forniscono servizi, informazioni, dati, elaborazioni e contributi tecnico-scientifici per specifici tipi di rischio. Molti di questi sono Istituti di ricerca. Secondo la Direttiva del 2004, i Centri di Competenza sono definiti annualmente per decreto e riguardano vari tipi di rischio. Attualmente i Centri di Competenza che svolgono compiti e funzioni per il DPC sono 41.

Riassumendo:

- coordinamento;
- scala nazionale;
- integrazione dei dati nei Centri Funzionali;

in questo quadro di riferimento rientrano appieno le informazioni geologiche a copertura nazionale, in formato digitale, vettoriale, georiferito.

## 5. - L'ESEMPIO DEL RISCHIO SISMICO

Nella sua forma originaria, la Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 Febbraio 2004 identifica l'attivazione dei Centri Funzionali per i rischi idrogeologico e idraulico ma, progressivamente, diventa necessario estendere l'attività dei Centri Funzionali anche alle altre tipologie di rischio. Si arriva così al concetto di Centri multirischio.

In generale, l'elenco dei rischi rispetto ai quali opera il DPC comprende:

- terremoti;
- eruzioni e fenomeni vulcanici;
- frane;
- alluvioni;
- maremoti o tsunami;
- viabilità (incidenti; avverse condizioni meteo);
- neve e valanghe;
- crisi idriche;
- ondate di calore;
- incendi boschivi;

- incendi domestici;
- *black out*;
- incidenti industriali;
- epidemie/Pandemie influenzali;
- attentati (NBCR; esplosivi).

Scegliendo il rischio sismico a titolo d'esempio, quelle che seguono rappresentano alcune possibili applicazioni di *database* geologici per l'intero territorio nazionale:

- conoscenza del territorio nazionale (assetto tettonico, faglie,...) nelle attività di prevenzione e pianificazione, compresi i piani di protezione civile;
- effetti di sito alla scala nazionale per studi di pericolosità;
- localizzazione e caratterizzazione speditiva dei siti di reti strumentali (ad esempio della Rete Accelerometrica Nazionale);
- informazioni omogenee sul territorio nazionale in fase di emergenza (frane, depositi liquefacibili, ...).

A conferma della necessità di utilizzare tali tipi di *database* geologici, può valere la pena di ricordare che, nel Settembre del 2000, fu stipulato un Accordo di Programma per un ammontare di £ 1.050.000.000 tra l'allora Servizio Geologico Nazionale, il Servizio Sismico Nazionale (oggi "Ufficio valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico" del DPC) e l'ANAS.

L'obiettivo era quello di acquisire in formato *raster* e vettoriale, georiferito, tutti i fogli geologici della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 nella loro edizione più recente. Un primo prodotto delle attività svolte nell'ambito di tale Accordo di Programma fu un cofanetto di tre CD-rom contenente, in formato *raster* di facile consultazione, tutti i fogli geologici oggetto dell'accordo stesso (AMANTI *et alii*, 2003). Un'applicazione del prodotto finale, cioè della cartografia in formato vettoriale, può essere invece trovata tra i prodotti realizzati nell'ambito della Convenzione tra DPC e Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per il triennio 2004-2006 (Progetto S4; [http://legacy.ingv.it/progettiSV/Progetti/Sismologici/sismologici\\_con\\_frame.htm](http://legacy.ingv.it/progettiSV/Progetti/Sismologici/sismologici_con_frame.htm)). Infatti, sulla base della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 in formato vettoriale è stata elaborata una mappa del territorio nazionale secondo le classi di roccia previste dall'Eurocodice 8 (Eurocode 8, 2001) in base alle velocità delle onde S.

## 6. - CONCLUSIONI

Il coordinamento di tutte le componenti del Servizio nazionale di protezione civile; la scala nazionale nelle azioni di previsione, pre-



venzione, emergenza e ritorno alla normalità; la necessità di uno scambio rapido ed efficace di dati e informazioni tra i Centri Funzionali Centrale e Regionali, al fine di fornire un corretto supporto tecnico-scientifico alle Autorità di protezione civile chiamate a responsabilità decisionali, tutti questi sono elementi che caratterizzano il DPC e lo rendono un *end-user* esperto, ad ampio spettro, di informazioni geologiche di nuova generazione, quali quelle prodotte in ambito CARG. La concreta applicazione di dati da parte del DPC, per contro, rappresenta un valore aggiunto per questi dati, in quanto ne ratifica l'effettiva applicabilità in materia di protezione civile a livello governativo nazionale e sovranazionale.

#### Ringraziamenti

*Si ringraziano Chiara Cardaci e Mauro Dolce per i commenti e la revisione critica del testo.*

#### BIBLIOGRAFIA

- AMANTI M., BONTEMPO R., CARA P., CONTE G., DI BUCCI D., LEMBO P., PANTALEONE N.A. & VENTURA R. (Eds.) (2003) – *Carta Geologica d'Italia Interattiva, Interactive Geological Map of Italy, 1:100.000*. SGN, SSN, ANAS. 3 CD-rom.
- EUROCODE 8 (2001) – *Design of structures for earthquake resistance. PART 1: general rules, seismic actions and rules for buildings*. DOC CEN/TC250/SC8/N306, DRAFT n. 4.
- GALANTI E., PORZIO G., ROSSI S. & SALUSTRI GALLI C. (2007) – *Compendio delle principali leggi, decreti, circolari relative al Sistema di Protezione Civile in Italia*. Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, pp. 127.

15 ottobre 2008



*Il contributo del progetto CARG  
all'avanzamento delle  
conoscenze scientifiche*



*Applicazioni del progetto CARG:  
carte geologiche e geotematiche*



## Stratigrafia e carte geologiche

### *Stratigraphy and geological maps*

---

CITA M.B. (\*)

**ABSTRACT** – The article consists of two parts: the first one summarizes the history of the Italian Commission on Stratigraphy (CIS) originated in the sixties within the Geological Survey, resurrected in 1988 within the Geological Society and renovated in 2004 to include the Paleontological Society, AIQUA and the Geological Survey. Its present composition is announced. The second part presents the results of a seven year long research carried out by CIS and funded by the CARG project: a guide to stratigraphic classification and terminology published in 2003 and a catalogue of the formations defined in Italy, published from 2000 to 2007. Three of them describe formations validated by the commission, two invalidated units and two traditional names. All these information can be download ed freely from <http://www.accordo-carg.it>.

**PAROLE CHIAVE:** guida stratigrafica, Italia, catalogo, unità litostratigrafiche.

**KEY WORDS:** catalogue, lithostratigraphic units, stratigraphic guide.

#### 1. - PREMESSA

La stratigrafia ha sempre rappresentato una parte essenziale delle Scienze della Terra, fin dai tempi remoti, quando a poco a poco la geologia ha iniziato a svilupparsi come scienza naturale, basata sullo studio delle rocce e dei fossili. Negli ultimi decenni si sono sviluppate diverse metodologie di studio come la magnetostratigrafia, la stratigrafia isotopica, l'astrociclostratigrafia che, aggiunte alla stratigrafia classica, permettono di raggiungere un alto grado di risoluzione temporale

le nonché correlazioni a largo raggio. La stratigrafia gioca un ruolo molto importante nella cartografia geologica, e l'inglese William Smith è considerato il padre di questa branca della geologia, in quanto autore della prima carta geologica. Il presente convegno fa parte delle numerose iniziative realizzate in tutto il mondo nell'ambito dell'anno internazionale del Pianeta Terra (TYPE) ed è legato al progetto *OneGeology*, al quale l'Italia partecipa attivamente. La prima carta geologica di William Smith è stata presentata nella cerimonia di apertura del 33° convegno Internazionale di Oslo, come emblematica di *OneGeology*. Le legende delle carte al milione di questo progetto hanno carattere generale mentre quelle delle carte geologiche tradizionali e le note illustrative che accompagnano i fogli del progetto CARG (alla scala 1:50.000) devono essere corrette e aggiornate, rispettando le regole internazionali della classificazione stratigrafica.

#### 2. - LA PRIMA COMMISSIONE ITALIANA DI STRATIGRAFIA

Negli anni Sessanta del secolo XX vi è stata presso il Servizio Geologico d'Italia una intensa attività per il completamento della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, coordinata dal Comitato Geologico presieduto da Ardito Desio e composto dai più noti e affermati geologi di quella generazione, che comprendevano fra gli

---

(\*) Università di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra "Ardito Desio". Presidente Commissione Italiana di Stratigrafia 1988-2008



altri i professori TREVISAN, MERLA, DAL PIAZ, LEONARDI, BONI. Fu nominata una Commissione di Stratigrafia che, oltre ai sopramenzionati, si avvaleva anche dei professori AZZAROLI e CITA, quest'ultima con la funzione di segretaria. A loro venne affidato l'incarico di redigere un Codice Italiano di Stratigrafia che si uniformasse alle regole internazionali che venivano elaborate in quegli anni negli Stati Uniti (AA.VV. 1962; HEDBERG, 1976) e di pubblicare in fascicoli dedicati a) tutte le nuove formazioni descritte secondo le norme internazionali e b) le formazioni descritte nelle recenti pubblicazioni che potevano essere accettate come valide.

Tutto questo lavoro venne tempestivamente pubblicato (AZZAROLI & CITA, 1968) nei fascicoli delle formazioni geologiche (AA. VV. 1968-70, 1972).

La legge Sullo n. 68/60 permise il completamento delle carte geologiche, ma l'attività di coordinamento e aggiornamento stratigrafico venne interrotta quando i fondi speciali della legge Sullo furono esauriti, e la Commissione Italiana di Stratigrafia cadde in letargo e si dissolse.

### 3. - LA NUOVA COMMISSIONE ITALIANA DI STRATIGRAFIA

Negli anni Settanta, terminata la legge Sullo e le attività in campo stratigrafico della ormai defunta Commissione di Stratigrafia del Servizio Geologico, si sviluppò una rete internazionale di sottocommissioni di Stratigrafia nell'ambito *International Commission on Stratigraphy* (ICS) della IUGS. Numerosi stratigrafi italiani che si erano fatti un nome in campo internazionale con le loro ricerche svolte in Italia e altrove vennero invitati a farne parte. Di seguito sono elencati gli studiosi che ebbero e/o rivestono tuttora il ruolo di presidenti di varie sotto commissioni (una per ogni sistema o periodo):

- PREMOLI SILVA (Paleogene dal 1984 al 1989; Cretaceo dal 2004 al 2008, confermata per un secondo mandato).
- CITA (Neogene dal 1989 al 1996, due mandati; ISSC - *International Subcommission on Stratigraphic Classification* - dal 2002 al 2008, ossia un mandato e mezzo);
- PAVIA (Giurassico dal 1996 al 2000);
- GAETANI (Triassico dal 1996 al 2000);
- RIO (Neogene dal 1996 al 2000);
- BALINI (Triassico dal 2008 al 2012).

La partecipazione a questa attività internazionale veniva in passato finanziata dal CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), attraverso richieste occasionali di fondi per "altri interventi".

Col passare degli anni si ravvedeva la necessità di creare un legame solido e permanente fra questi validi scienziati che rappresentavano l'Italia (non solamente se stessi) in campo internazionale e un'istituzione di indiscusso prestigio. Dopo aver valutato tre possibilità (il Consiglio Nazionale delle Ricerche, il Servizio Geologico d'Italia e la Società Geologica Italiana) la scelta cadde su quest'ultima. Fondata da QUINTINO SELLA nel 1881, essa contava allora circa 3000 soci e pubblicava regolarmente il Bollettino della SGI e occasionalmente Memorie e Rendiconti. La proposta venne avanzata nel 1988, quando D'ARGENIO era presidente, CITA era vice presidente e nel consiglio figuravano, fra gli altri, ABBATE, PRATURLO e CIARAPICA. La proposta avanzata in sede di Consiglio venne prontamente approvata e vennero nominati CITA presidente e GAETANI segretario. I membri erano complessivamente una ventina e comprendevano tutti i partecipanti con diritto di voto alle attività internazionali, più vari esperti di settore. Annualmente vennero pubblicati sui periodici della SGI resoconti sull'attività svolta. Maggiori dettagli si trovano in GERMANI & ANGIOLINI (2003) alle pagine 11-12 e in CITA (2008b) pp. 7-8.

### 4. - RIFORMA DELLA COMMISSIONE ITALIANA DI STRATIGRAFIA.

A oltre quindici anni dalla sua ricostituzione, in occasione del 32° Congresso Geologico Internazionale tenutosi a Firenze nel 2004, la Commissione Italiana di Stratigrafia venne riformata profondamente. Si erano infatti sviluppate delle circostanze che suggerivano di allargare la partecipazione ad altre società scientifiche nonché al Servizio Geologico d'Italia e precisamente:

- a) alla Società Paleontologica Italiana (SPI), che conta oltre 500 soci, fra cui molti degli studiosi che fanno parte delle sottocommissioni internazionali;
- b) all'AIQUA (Associazione Italiana per lo studio del Quaternario) che conta oltre 400 soci, rappresenta formalmente l'Italia in ambito INQUA, ed è considerata essenziale per la stratigrafia del Quaternario;
- c) al Servizio Geologico d'Italia, con il quale era stato avviato ed era in corso un importante progetto di validazione delle unità litostratigrafiche (vedere più avanti).

Nella sua prima formulazione la rinnovata CIS era formata da CITA (presidente), D'ARGENIO (vice presidente) e CIARAPICA per la SGI, CHERCHI e MAZZEI per la SPI, CIARANFI e COLTORTI per l'AIQUA, PAMPALONI per il

Servizio Geologico d'Italia. Segretari vennero nominati BALINI e LIRER.

Negli anni fra il 2004 e il 2008 la CIS ha organizzato due riuscitissimi *workshop* di due giorni ciascuno, in occasione dei congressi FIST. Il primo a Spoleto nel 2005, il secondo a Rimini nel 2007. Mentre del primo non vi è un resoconto pubblicato, al secondo è dedicato un numero speciale del periodico AIQUA "Il Quaternario" (CITA, 2008a).

Il 13 giugno 2008 si è svolta a Roma, presso la sede della SGI, una riunione formale della CIS per il passaggio di consegne alla nuova Commissione, composta dai nuovi membri designati dalle rispettive istituzioni, che sono i seguenti:

- SGI: CIARAPICA e VAI (eletto vice presidente);
- SPI: BALINI (eletto presidente) e COCCIONI;
- AIQUA : CIARANFI e BERTINI;
- Servizio Geologico d'Italia: PAMPALONI (alternato PICCHEZZI).

Sono stati nominati segretari LIRER e NICORA.

## 5. - COLLABORAZIONE SETTENNALE CARG-CIS

L'ultimo Comitato 05 (GEOLOGIA) del Consiglio delle Ricerche venne eletto nel 1994.

Esso era presieduto dal prof. MANETTI di Firenze e ne facevano parte, fra gli altri, CONTI come segretaria, CESI come rappresentante del Servizio Geologico e CITA come rappresentante del Ministero dell'Università e della Ricerca scientifica. Il programma CARG era iniziato e cominciavano a sorgere problemi di nomenclatura stratigrafica fra i fogli in via di realizzazione da parte dei vari operatori, dato il proliferare di nuovi nomi formazionali istituiti dopo la pubblicazione di tutti i fogli alla scala 1:100.000 finanziati dalla Legge Sullo. Su iniziativa di MANETTI, venne ravvisata nella Commissione Italiana di Stratigrafia presieduta da CITA una entità che poteva - se opportunamente finanziata - effettuare un vaglio delle unità proposte via via nei nuovi fogli e controllare l'utilizzabilità di quelli già noti e descritti in bibliografia. Si richiedeva pure un aggiornamento del Codice, o Guida alla nomenclatura e terminologia stratigrafica, essendo ormai superati sia quello di AZZAROLI & CITA (1968) che quelli internazionali (HEDBERG, 1976; SALVADOR, 1994). Siccome però la CIS non era in grado di firmare un contratto, la collaborazione scientifica venne realizzata mediante diverse procedure, come qui di seguito specificato:

- un primo accordo di programma della durata di tre anni, iniziato nel 1998. Esso prevedeva la compilazione di un Catalogo delle Formazioni

Geologiche definite in Italia e la redazione di una guida alla classificazione e terminologia stratigrafica;

- un secondo accordo di programma biennale, seguito al primo senza interruzioni, prevedeva la prosecuzione del catalogo e la pubblicazione dei risultati ottenuti;

- una convenzione biennale (secondo la nuova normativa gli accordi di programma non esistevano più) che doveva catalogare e definire i cosiddetti "nomi tradizionali" come Scaglia, Dolomia Principale, Rosso ammonitico e simili, di largo e consolidato uso, ma soggetti a interpretazioni diverse.

In tutti i casi i contraenti erano, da una parte il Servizio Geologico d'Italia nelle sue varie espressioni, dall'altra il professor MANETTI come presidente del Comitato 05 CNR o in altra forma.

Responsabile scientifico era la Commissione Italiana di Stratigrafia nella persona del suo presidente.

In tutta questa attività il Servizio Geologico d'Italia era rappresentato da Rita M. PICCHEZZI e M. Letizia PAMPALONI, inoltre, ad alcune riunioni dei Comitati di Area hanno partecipato Fabrizio GALLUZZO e Marco PANTALONI.

### 5.1. - CATALOGO DELLE FORMAZIONI

Dopo una larga e costruttiva riunione tenutasi al CNR nel 1998 e destinata alla programmazione del lavoro e in particolare alla creazione di un *WORKSHEET* che raccogliesse in forma concisa ma completa tutti i dati richiesti per la validazione delle formazioni, il lavoro venne strutturato nel modo seguente:

- a) un'unità operativa per l'Italia settentrionale con sede a Milano (responsabile CITA) doveva schedare tutte le unità proposte per le regioni Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Veneto, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia e Sicilia;

- b) un'unità operativa con sede a Firenze (responsabile ABBATE) si occupava di Liguria, Toscana, Emilia-Romagna, Marche, Umbria e Sardegna;

- c) una unità operativa con sede a Roma (responsabile CONTI) si occupava di Lazio, Campania, Abruzzo, Molise, Puglia, Basilicata e Calabria.

Ai tre coordinatori originari del progetto si aggiunse in corso d'opera Gianluca GROPELLI del CNR, per curare la parte informatica e l'assemblaggio degli elaborati per la stampa.

Gli operatori venivano assunti con contratti a termine (precari) gestiti dal CNR. A Milano operò per cinque anni con molto successo Luca

DELFRATI, che abbandonò alla fine per l'ARPA, sostituito da Daniela GERMANI, che aveva già collaborato alla Guida (vedere più avanti). A Firenze operò per tutta la durata del progetto Paola FALORNI. A Roma Riccardo PAMPALONI per i primi tre anni e successivamente Fabio PETTI. Pasquale IZZO e Barbara ALDIGHERI collaborarono con GROPELLI per l'allestimento dei fascicoli.

I coordinatori locali indirizzavano i giovani operatori alla scelta delle unità da censire, controllavano i dati raccolti, e sceglievano i revisori esterni per una verifica. Si tenevano riunioni periodiche di coordinamento alternativamente a Milano, Roma o Firenze per controllare i progressi del lavoro. Quando il fascicolo era assemblato, veniva inviato ai membri CIS per commenti e correzioni. Riunioni di coordinamento con i Comitati d'Area venivano indette quando richieste. Ad esempio, CITA partecipò a diverse riunioni di questo tipo tenutesi a Milano, Verona, Palermo, Bolzano e Cagliari. Il rigido schema dei *worksheets* utilizzato fino ad allora non si adattava alla raccolta dei dati sui "nomi tradizionali" pertanto ci si rivolse, specialmente per il settore alpino, a volontari esterni, ossia a noti stratigrafi che avevano operato nell'area-tipo ed erano impegnati nel progetto CARG. L'intervento di Piero GIANOLLA esemplifica questo tipo di collaborazione.

Tutto il Catalogo è stato pubblicato in sette fascicoli del volume 7 dei "Quaderni del Servizio Geologico d'Italia Serie III". (DELFRATI *et alii*, 2000; 2002a; 2002b; 2006a; 2006b; CITA *et alii*, 2007a; 2007b). Inoltre è consultabile in rete sul sito <http://www.accordo-carg.it>. Tutte le schede compilate sono disponibili sul medesimo sito, dove è possibile trovare l'elenco di tutte le formazioni e unità suddivise per regione e per età. Inoltre, sono disponibili schede sintetiche di oltre 100 formazioni, non formalizzabili allo stato attuale, ma utilizzabili nella compilazione delle legende dei Fogli CARG (CITA *et alii*, in stampa).

## 5.2. - GUIDA ALLA CLASSIFICAZIONE E ALLA TERMINOLOGIA STRATIGRAFICA

La redazione della Guida venne eseguita in due tempi e affidata a due valide giovani appartenenti allo "zoccolo duro" della scuola di Milano dove avevano conseguito il dottorato di ricerca su temi di stratigrafia: Lucia ANGIOLINI e Daniela GERMANI. Lo schema del lavoro era stato discusso a monte con il Servizio Geologico d'Italia, per incontrare le loro esigenze. I testi sono circolati una prima volta fra i componenti CIS, una seconda volta fra tutti i docenti di stratigrafia delle università italiane per raccogliere i loro commenti.

Finalmente, la Guida, volume 9 dei Quaderni del Servizio Geologico d'Italia Serie III, è stata pubblicata nel 2003 ed è consultabile in rete sul sito <http://www.accordo-carg.it>.

## 6. - EPILOGO E COMMENTI

La stratigrafia rappresenta una parte essenziale di ogni carta geologica e deve essere aggiornata e corretta, seguendo le norme accettate internazionalmente. La Commissione Italiana di Stratigrafia esiste, è stata ristrutturata recentemente ed è sempre disponibile a collaborare perchè considera fondamentale la produzione di carte aggiornate e valide.

La stratigrafia del Quaternario merita un commento particolare. Infatti, nei fogli CARG vengono utilizzate unità a limiti inconformi (UBSU) come sintemi, subsintemi, supersintemi con legende molto lunghe e complesse dove non è semplice distinguere osservazioni e interpretazioni. La Commissione Italiana di Stratigrafia non è stata consultata in questa scelta, e sconsiglia di formalizzare le unità a limiti inconformi, che considera tentative e sperimentali. Solo dopo una approfondita verifica della sperimentazione si potrà pensare eventualmente a definirle in modo formale. Del resto, la stratigrafia del Quaternario è soggetta oggi a discussioni accese in campo internazionale sia per quel che riguarda la definizione stessa di Quaternario, che la sua durata e suddivisione temporale. Dopo lunghissime discussioni la Commissione Italiana di Stratigrafia ha sponsorizzato la ridefinizione del piano Calabrian del Quaternario (CITA *et alii*, 2008c). Si consiglia quindi di utilizzare questo termine cronostratigrafico analogamente a quanto avviene per il Messiniano, Zancleano e Gelasiano.

Ciò che abbiamo fatto nei sette lunghi anni di stretta collaborazione è pubblicato ed è consultabile in rete. Speriamo che sia di qualche utilità e che non venga ignorato. Ritengo anzi che il lavoro fatto sinora debba proseguire per continuare a supportare il progetto CARG e le Carte Geologiche in via di realizzazione.

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1962) – *Codice di nomenclatura stratigrafica secondo i Nord-Americani*. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, **68** (1): 115-148.
- AA.VV. (1968-1970) – *Studi illustrativi della Carta geologica d'Italia. Formazioni Geologiche*. Fasc. 1-5. Servizio Geologico d'Italia, MICA. Nuova Tecnica Grafica, Roma.
- AA. VV. (1972) - *Formazioni Geologiche*. Fasc. 6. Boll. Serv. Geol. d'It., **92** (1971) (Supplemento). Nuova Tecnica Grafica, Roma.



- AZZAROLI A. & CITA M.B. (1968) - *Codice Italiano di Nomenclatura stratigrafica*. Boll. Serv. Geol. d'It., **89**: 1-22.
- CITA M.B. (2008a) - *La stratigrafia in Italia. Inquadramento storico stato dell'arte dibattito sui problemi emergenti (breve resoconto sul workshop)*. Il Quaternario-Italian Journal of Quaternary Sciences, **21** (1A): 5-6.
- CITA M.B. (2008b) - *I codici di nomenclatura stratigrafica negli ultimi cinquant'anni*. Il Quaternario-Italian Journal of Quaternary Sciences, **21** (1A): 7-8.
- CITA M.B., ABBATE E., ALDIGHIERI B., BALINI M., CONTI M.A., FALORNI P., GERMANI D., GROPPPELLI G., MANETTI P. & PETTI F.M. (Eds.) (2007a) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni - Unità tradizionali (1) Fascicolo VI*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **7** (6): pp. 318.
- CITA M.B., ABBATE E., BALINI M., CONTI M.A., FALORNI P., GERMANI D., GROPPPELLI G., IZZO P., MANETTI P. & PETTI F.M. (Eds.) (in stampa) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni. Fascicolo VIII - Nomi utilizzabili*, Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **7** (8): pp. 142.
- CITA M.B., ABBATE E., BALINI M., CONTI M.A., FALORNI P., GERMANI D., GROPPPELLI G., MANETTI P. & PETTI F.M. (Eds.) (2007b) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni - Unità tradizionali (2) Fascicolo VII*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **7** (7): pp. 382.
- CITA M.B., CAPRARO L., CIARANFI N., DI STEFANO E., LIRER F., MAIORANO P., MARINO M., RAFFI I., RIO D., SPROVIERI R., STEFANELLI S. & VAI G.B. (2008c) - *The Calabrian Stage redefined*. Episodes **31** (4): 1-11.
- DELFRATI L., FALORNI P., GROPPPELLI G. & PAMPALONI R. (2000) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni. Fascicolo I - Unità validate*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **7** (1): pp. 228.
- DELFRATI L., FALORNI P., GROPPPELLI G., PAMPALONI R. & PETTI F.M. (2002a) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni. Fascicolo II - Unità non validate (Unità da riclassificare e/o da abbandonare)*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **7** (2): pp. 282.
- DELFRATI L., FALORNI P., GROPPPELLI G. & PETTI F.M. (2002b) - *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni. Fascicolo III - Unità validate*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **7** (3): pp. 208.
- DELFRATI L., FALORNI P., IZZO P. & PETTI F.M. - (2006b) *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni. Fascicolo V - Unità validate*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **7** (5): pp. 210.
- DELFRATI L., FALORNI P., IZZO P. & PETTI F.M. - (2006a) *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni. Fascicolo IV - Unità non validate (Unità da riclassificare e/o da abbandonare)*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **7** (4): pp. 222.
- GERMANI D. & ANGIOLINI L. (2003) - *Guida Italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica*. Quaderni, Dipartimento Difesa del Suolo, Serie III, **9**: pp. 155.
- HEDBERG H. (1976) - *International Stratigraphic guide*. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure. 1-200. Winley & Sons, New York.
- SALVADOR A. (1994) - *International Stratigraphic Guide*. Second Edition. Geological Society of America: pp. 214.

## Mesozoic faults and folds in the South-Alpine and Austroalpine upper crust and its sedimentary cover

*Sudalpino e Austroalpino: faglie e pieghe mesozoiche nella crosta superiore e loro coperture sedimentarie*

BERNOULLI D. (\*)

The Alps locally preserve structures that are related to its pre-Alpine history. These structures include not only Variscan and older elements visible in the continental-basement nappes but also extensional and compressional structures related to continental rifting preceding the opening of the Alpine-Mediterranean Tethys during the Jurassic. In part, these structures have been reactivated during the Alpine orogeny whereby the mechanical heterogeneities inherited from (early Permian extension and) Jurassic rifting led to pronounced strain partitioning; in other cases such structures survived the Alpine orogeny and can be observed particularly well in the upper plate of the Alpine subduction zone, i.e. in the Austroalpine orogenic lid or in the South-Alpine retrowedge. These Mesozoic, mainly extensional structures occur at different levels in the crust and in the cover sediments; deformation typically occurred under retrograde conditions (e.g. MANATSCHAL 1999; DESMURS *et alii* 2001), in near-surface environments or in non-consolidated sediments.

In the South-Alpine–Austroalpine–South-Pennine (Err- and Platta nappes) domain, two major phases of rifting can be distinguished. During a first phase, active from late Norian to about middle Liassic time, the South-Alpine–Austroalpine continental crust was moderately thinned ( $b < 2$ , MANATSCHAL *et alii* 2007). Extension, decoupled from the lower crust and mantle lithosphere, was accommodated more or less symmetrically by listric faults soling at about 10 km depth at the brittle-ductile transition whereas the middle crust was ductilely extended. With cooling and embrittlement of the entire

crust, upper and lower crust were no longer decoupled and extension became localized in the future distal margin where low-angle detachments, cutting into the sub-continental mantle, exposed ultramafic rocks at the sea floor during the second phase of rifting in late Liassic to middle Jurassic times.

The first phase of rifting is particularly well documented in the Lombardian sector of the Southern Alps and the Upper Austroalpine nappes (Silvretta s.l., Ortles), where early on abrupt changes in sediment thickness and facies suggested the presence of active faults and fault scarps in Liassic times (BERNOULLI 1964; CASTELLARIN 1972; EBERLI 1988). Locally, such faults are sealed by post-rift sediments (EBERLI 1988), and tilted blocks of pre-rift sediments are unconformably overlain by post-rift deposits (BALLY *et alii* 1981). The listric geometry of master faults, bounding syn-rift basins about 25 to 30 km across can, in cases, be reconstructed from depositional geometries and the distribution of fault rocks (BERTOTTI 1991, BERTOTTI *et alii* 1993). In the early-cemented shallow-water carbonates of the late Triassic, deformation was brittle as testified by the numerous neptunic dykes and related tectono-sedimentary breccias (*Macchia vecchia*, WIEDENMAYER 1963), in un-cemented basinal deposits, slump-folding was plastic as documented by flow folds which contrast strongly with brittle Alpine folds. In partially lithified spongolitic limestones, near-surface growth faults developed (BERNOULLI, 1964).

By latest Liassic-middle Jurassic times, the crust had been thinned from about 30 to about 15 km or less, and rifting activity concentrated in the

(\*) Department of Earth Sciences, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich and Geology Institute, University of Basel, Switzerland  
daniel.bernoulli@unibas.ch

evolving distal margin: Deposition of syn-rift sediments in the Lower Austroalpine nappes (and the Canavese zone) was contemporaneous with the deposition of hemipelagic post-rift sediments in the proximal margin where differences in facies and formation thickness may reflect inherited submarine relief and differential compaction of basinal sediments. The most prominent structures related to final rifting observable in the distal margin (Err nappe) and the ocean–continent–transition zone (Platta nappe) are low-angle detachment faults that exhumed sub-continental mantle rocks and along which extensional allochthons of continental basement and pre-rift sedimentary rocks were transported onto the exhumed serpentinitized mantle (FROITZHEIM & EBERLI, 1990; MANATSCHAL & NIEVERGELT, 1997). These low-angle, at depth presumably concave-downward faults led to a different basin architecture during syn-rift sedimentation, and syn-rift sediments onlap directly onto the exhumed low-angle detachments yielding clasts of the exhumed fault rocks. Tectono-sedimentary breccias, the ophicalcites, mark the trace of no-longer active, exhumed segments of the low-angle detachments atop the mantle rocks exposed at the sea-floor (BERNOULLI *et alii* 2003).

Oceanwards, extension affected a magmatically active system: MORB-type gabbros, intruded into partly serpentinitized mantle rocks, were deformed under decreasing temperature conditions (amphibolite- to greenschist-grade) and exhumed to the sea-floor; they are overlain by pillow basalts and form clasts in volcanoclastic sediments (DESMURS *et alii* 2001). Overall, the tectonic evolution of the South-Alpine–Austroalpine–South-Pennine margin finds an uniformitarian analog in the magma-poor Cretaceous margin offshore Portugal (MANATSCHAL & BERNOULLI 1999; MANATSCHAL *et alii* 2007).

With time, during rifting, extension exhumed deeper and deeper levels of the crust and the sub-continental mantle lithosphere. Exhumation of these deeper levels along the distal margin is reflected by the clast content of the syn-rift sediments: Triassic carbonate fragments in the proximal margin; upper to lower crustal rocks in the distal margin, and sub-continental mantle and mafic igneous rock fragments in the distal ocean–continent–transition zone. In latest middle to late Jurassic times, deep-water radiolarites were to overlie both proximal and distal margin and the ocean–continent–transition.

## SELECTED REFERENCES

- BALLY A.W., BERNOULLI D., DAVIS, G.A. & MONTADERT, L. (1981) – *Listric normal faults*. Publications du 26e Congrès Géologique International, Paris, 7-17 juillet 1980, Colloque C3 *Géologie des Marges Continentales*. Oceanologica Acta, Numéro Spécial: 87-101.
- BERNOULLI, D. (1964) – *Zur Geologie des Monte Generoso. Ein Beitrag zur Kenntnis der südalpiner Sedimente*. Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz Karte Schweiz, N.F. **118**: p. 134.
- BERNOULLI D., MANATSCHAL G., DESMURS, L. & MÜNTENER, O. (2003) – *Where did Gustav Steinmann see the Trinity? Back to the roots of an Alpine ophiolite concept*. In: DILEK Y. & NEWCOMB S. (eds) *Ophiolite Concept and the Evolution of Geological Thought*. Geological Society of America Special Paper 373: 93-110.
- BERTOTTI G. (1991) – *Early Mesozoic extension and Alpine shortening in the western Southern Alps: The geology of the area between Lugano and Menaggio (Lombardy, northern Italy)*. Memorie di Scienze Geologiche (Padova), **43**: 17-123.
- CASTELLARIN A. (1972) – *Evoluzione paleotettonica insedimentaria del limite tra "Piattaforma Veneta" e "Bacino Lombardo" a Nord di Riva del Garda*. Giornale di Geologia, ser. 2, **38**: 11-212.
- DESMURS L., MANATSCHAL G. & BERNOULLI, D. (2001) – *The Steinmann Trinity revisited: mantle exhumation and magmatism along an ocean-continent transition*. In: WILSON R.C.L., WHITMARSH R.B., TAYLOR B. & FROITZHEIM N. (eds) *Non-Volcanic Rifting of Continental Margins: a Comparison of Evidence from Land and Sea*. Geological Society (London) Special Publication **187**: 235-266.
- EBERLI, G.P. (1988) – *The evolution of the southern continental margin of the Jurassic Tethys Ocean as recorded in the Allgäu Formation of the Austroalpine nappes of Graubünden (Switzerland)*. Eclogae Geologicae Helvetiae, **81**: 175-214.
- FROITZHEIM N. & EBERLI, G.P. (1990) – *Extensional detachment faulting in the evolution of a Tethys passive continental margin, Eastern Alps, Switzerland*. Geological Society of America Bulletin, **102**: 1297-1308.
- MANATSCHAL G. (1999) – *Fluid- and reaction-assisted low-angle normal faulting: evidence from rift-related brittle fault rocks in the Alps (Err nappe, Switzerland)*. Journal of Structural Geology, **21**: 777-793.
- MANATSCHAL G. & BERNOULLI, D. (1999) – *Architecture and tectonic evolution of nonvolcanic margins: Present-day Galicia and ancient Adria*. Tectonics, **18**: 1099-1119.
- MANATSCHAL G. & NIEVERGELT P. (1997) – *A continent–ocean transition in the Err and Platta nappes (eastern Switzerland)*. Eclogae Geologicae.
- MANATSCHAL G., MÜNTENER O., LAVIER L.L., MINSHULL T.A. & PÉRON-PINVIDIC, G. – (2007) *Observations from the Alpine Tethys and Iberia–Newfoundland margins pertinent to the interpretation of continental breakup*. In: KARNER G.D., MANATSCHAL G. & PÉRON-PINVIDIC, G. (Eds.) *Imaging, Mapping and Modelling Continental Lithosphere Extension and Breakup*. Geological Society (London) Special Publication 282: 291-324.
- WIEDENMAYER F. (1963) – *Obere Trias bis mittlerer Lias zwischen Saltrio und Tremona (Lombardische Alpen). Die Wechselbeziehungen zwischen Stratigraphie, Sedimentologie und syngenetischer Tektonik*. Eclogae Geologicae Helvetiae, **56**: 529-640.



## 20 anni di cartografia geologica e geotematica in Umbria

### *20 years of Geological and Geothematical Maps in Umbria*

BARCHI M.R. (\*), BOSCHERINI A. (\*\*),  
MOTTI A. (\*\*)

**ABSTRACT** – During the last 20 years a complete geological mapping of the Umbria Region (scale 1:10,000) has been produced, realised through about 10 different projects. Therefore the new maps follow partly different criteria and legends, mainly due to the intervening improvement of the geological knowledge. Now a further effort of maintenance and homogenization is needed, in order to make the new maps fully and readily available, as well as methodologically and technically up-to date.

**PAROLE CHIAVE:** Cartografia geologica, Indagini geofisiche, Unità stratigrafiche a limiti inconformi.

**KEY WORDS:** Geological maps, Geophysical prospection, Unconformity Bounded Stratigraphic Units.

#### 1. – INTRODUZIONE

La Regione Umbria sta ormai completando la cartografia geologica del territorio regionale a scala 1:10.000 (fig. 1). Il primo progetto partì nel 1989 e interessò il rilevamento di sette sezioni della Valnerina. L'ultimo progetto riguarda il settore centro-occidentale della regione e sarà completato entro la primavera 2010.

La cartografia prodotta è riconducibile:

- al progetto CARG, con cui sono stati realizzati o sono in corso di realizzazione cinque fogli, il 289, il 299, il 310, il 336 e il 324, gli ultimi due prevalentemente derivanti da rielaborazioni di carte geologiche in scala 1:10.000;

- ai progetti di rilevamento geologico e geotematico (pericolosità sismica locale) finalizzati alle attività di ricostruzione post sismica, principalmente dopo il 1997;

- ai progetti di tutela ed uso ottimale delle risorse idriche sotterranee, a seguito della crisi idrica del 2003, per la produzione di carte idrogeologiche.

Nei venti anni di attività hanno contribuito alla realizzazione dei progetti molti Enti e persone, tra cui:

- i geologi della Regione Umbria;
- vari docenti delle Università di Perugia, di Pisa, di Siena, di Chieti, di Roma Tre e di Urbino, nonché i ricercatori e gli esperti del CNR, del Servizio Geologico d'Italia, del Servizio Sismico, ecc.;
- numerosi (più di 160) geologi professionisti.

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Perugia  
(\*\*) Regione Umbria - Servizi Tecnici Regionali

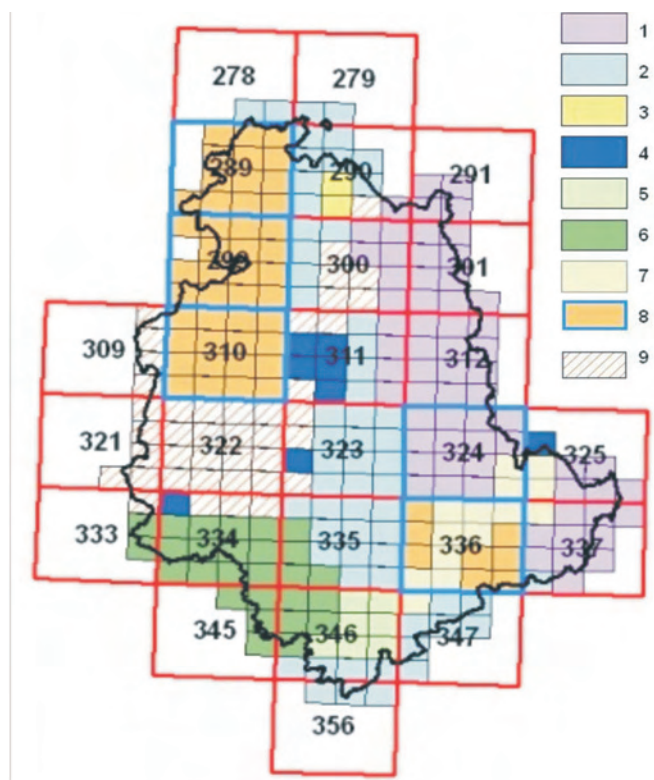


Fig. 1 – Cartografia geologica della Regione Umbria alla scala 1:10.000. 1) Aree crisi. Sismica 1997; 2) Carte di pericolosità sismica locale; 3) Aree di cui alla L.R. 8/95; 4) Rilevamento interno ai Servizi Tecnici Regionali; 5) Aree crisi sismica 16.12.2000; 6) Crisi idrica 2003; 7) Cartografia Geologica della Valnerina; 8) Progetti CARG con cartografia scala 1:10.000; 9) Aree di cui al DGR 2068/07 (in esecuzione).

- Geological Maps of the Umbria Region, scale 1:10,000. Different colours refer to different regional and/or national mapping projects.

## 2. - L'EVOLUZIONE DELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Guardando a ritroso alla cartografia prodotta, possiamo riconoscere l'evoluzione che in questi anni si è avuta nella cartografia geologica, principalmente riguardo a:

a - la necessità di rispondere a **nuove esigenze**, in particolare per meglio rispondere a finalità applicative, di programmazione e gestione del territorio e delle sue risorse;

b - la disponibilità di **nuove conoscenze**, ad esempio stratigrafiche e tettoniche, e la conseguente necessità di individuare nuove modalità di rappresentazione cartografica;

c - l'introduzione e la crescente importanza di **nuove tecnologie**, relative alla informatizzazione e georeferenziazione del dato cartografico.

Per rispondere alle nuove esigenze, la cartografia di base ha cercato ad esempio di fornire una rappresentazione più accurata e dettagliata dei depositi di copertura, ove si concentrano le attività antropiche, che erano molto trascurati nelle cartografie tradizionali, dedicate principalmente alla rappresentazione del substrato.

Negli ultimi venti anni le conoscenze geologiche, sia generali che regionali, si sono molto sviluppate. Nel caso dell'Umbria, rispetto alla cartografia prodotta fino agli anni '80, le nuove conoscenze stratigrafiche riguardano soprattutto:

- le successioni continentali e di mare sottile del Pliocene-Pleistocene, che occupano le valli della parte centro-occidentale della regione, e le contemporanee successioni vulcaniche di Orvieto, ai margini dell'apparato Vulsino;

- le successioni torbiditiche terziarie, di affinità toscana e umbro-romagnola.

Assai meno rilevanti sono state le nuove conoscenze disponibili sulla successione carbonatica giurassico-paleogenica (la classica successione umbro-marchigiana), che caratterizza le montagne della parte orientale della regione.

Negli anni '90 uno studio sedimentologico innovativo (BASILICI, 1997) ha permesso di inquadrare le successioni continentali del Plio-Pleistocene del Bacino Tiberino in termini del tutto nuovi, aprendo la strada ai successivi tentativi di cartografare questi depositi come unità allostratigrafiche prima e quindi come unità stratigrafiche a limiti inconformi (UBSU). Ad esempio, le UBSU sono state applicate alle successioni Plio-Pleistoceniche del Foglio 310 (Passignano sul Trasimeno), riconducendo le numerose unità introdotte ad uno schema relativamente semplice (BARCHI & MARRONI, 2009). Analoghi tentativi di inquadramento stratigrafico sono stati portati a termine per le successioni marine al confine tosco-umbro-laziale (Val di Chiana e Chiani-Tevere) e per le successioni vulcaniche ad affinità vulsina della zona di Orvieto.

Oggi la maggior parte della cartografia dell'Umbria è realizzata utilizzando le UBSU. Tuttavia esiste un problema di semplificazione e di omogenizzazione: infatti attualmente le successioni plio-pleistoceniche del bacino tiberino comprendono circa 60 unità stratigrafiche (sintemi e subsintemi), alcune delle quali articolate in due o più litofacies. Siamo passati da uno schema semplicistico e poco realistico, basato su descrizioni litostratigrafiche (es. AMBROSETTI *et alii*, 1987) ad una suddivisione molto più articolata, che tuttavia può risultare più ostica da comprendere e da utilizzare.

Per quanto riguarda le successioni torbiditiche terziarie del Dominio Toscano (Macigno, Cervarola, Falterona) e del Dominio Umbro-Marchigiano (Marnoso-Arenacea), dagli anni '80 le conoscenze teoriche e le loro applicazioni cartografiche sono molto evolute, in particolare per quanto riguarda: i meccanismi di evoluzione tettonico-sedimentaria dei bacini di avampaese (p. es. RICCI LUCCHI, 1986), le tecniche di biostratigrafia

a nannoplancton (p. es. PLESI *et alii*, 2002), l'uso di livelli marker (megatorbiditi, calcareniti, ecc.) nelle correlazioni stratigrafiche (p. es. RIDOLFI *et alii*, 1995). Queste nuove conoscenze hanno consentito una suddivisione delle formazioni torbiditiche in membri, cui è stata data adeguata rappresentazione cartografica, portando a una maggiore definizione delle strutture e ad una migliore individuazione delle unità tettoniche.

Nella cartografia regionale della Regione Emilia-Romagna l'insieme di questi progressi, applicato alla successione della Marnoso-Arenacea, ha portato alla suddivisione della formazione in 14 membri, dalla parte alta del Langhiano al Messiniano basale. Questa suddivisione è stata incorporata nella legenda CARG, per esempio per il Foglio 254 (Modigliana) ed è diventata il riferimento per i fogli realizzati in seguito. Tuttavia, non sempre le suddivisioni adottate sono risultate facilmente estrapolabili alle aree adiacenti. Nei progetti CARG dell'Umbria settentrionale (Fogli 289, 299, 310), la stratigrafia della formazione Marnoso-Arenacea stabilita più a nord è risultata scarsamente applicabile, in quanto la successione è complessivamente più antica, comprendendo il Burdigaliano e il Langhiano inferiore; inoltre, anche nella parte cronologicamente corrispondente, la successione presenta facies piuttosto diverse.

Le conclusioni sono forse ovvie:

- in una successione deposta in un bacino di avampaese, che per definizione presenta grande variabilità laterale e verticale, una suddivisione molto fine può avere solo un significato molto locale;
- se si vuole stabilire una legenda unificata per le successioni deposte in un intero bacino di avampaese, bisogna prima studiare l'intero bacino.

### 3. - I METODI GEOFISICI NELLA CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Una cartografia geologica moderna dovrebbe incorporare anche informazioni sul sottosuolo, di solito poco considerate nella cartografia tradizionale. Queste informazioni possono derivare da indagini di tipo diretto (perforazioni), ma anche da indagini indirette, come i metodi geofisici.

L'importanza di utilizzare queste informazioni nasce da diverse considerazioni, che possono essere così riassunte:

- a - la geologia del sottosuolo riveste grande importanza applicativa;
- b - esistono luoghi non accessibili al rilevamento tradizionale;
- c - esistono luoghi che sono accessibili ma privi di affioramenti significativi (ad esempio le pianure alluvionali).

Molto è stato fatto in questa direzione nel progetto CARG, soprattutto nei fogli a mare o costieri. Nel caso dell'Umbria si è posto il problema del Lago Trasimeno, che occupa una porzione molto significativa (circa 1/4) del Foglio 310 (Passignano sul Trasimeno). La campagna geofisica nel Lago Trasimeno, condotta dal CNR-ISMAR di Bologna, ha prodotto una molteplicità di risultati interessanti (GASPERINI *et alii*, 2009). In particolare i profili di sismica a riflessione attraverso il lago hanno mostrato una successione post-Messiniana, spesso fino a 600 m, suddivisibile in 3 unità principali, separate da discordanze (fig. 2).

Il ricorso alla esplorazione geofisica non deve essere considerata solo una necessità. È anche un'opportunità per osservare gli oggetti geologici a una scala diversa da quella accessibile in superficie. L'affioramento più esteso di depositi plioce-

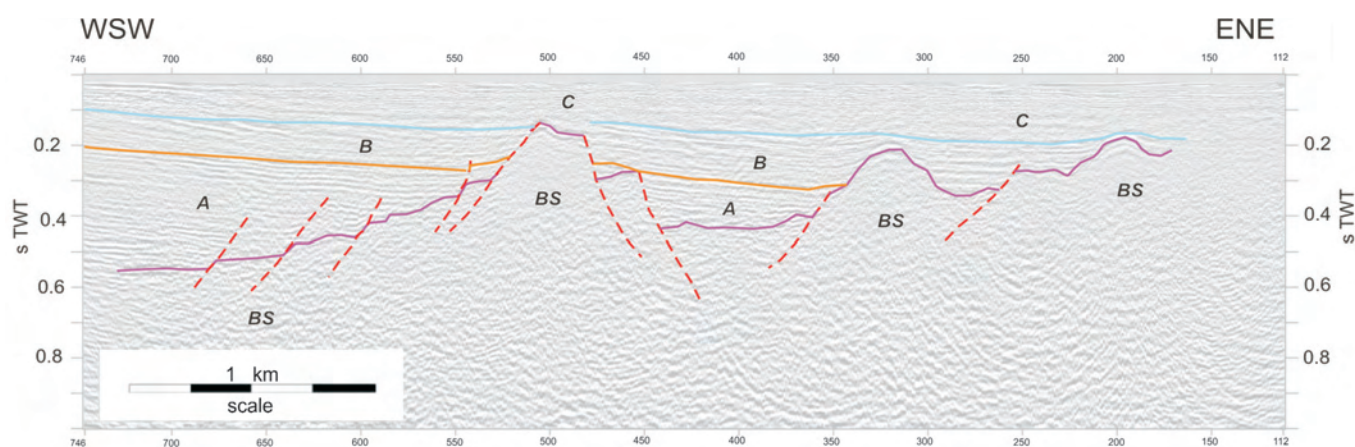


Fig. 2 – Uno dei profili sismici eseguiti attraverso il Lago Trasimeno (da GASPERINI *et alii*, 2009, modificato). A: depositi lacustri (Pleistocene medio-Olocene); B: depositi fluviali (Pleistocene inf.); C: depositi marini (Pliocene inf.-medio); BS: substrato pre-pliocenico.

- An example of the seismic profiles through the Lake Trasimeno (modified after GASPERINI *et alii*, 2009). C: lacustrine deposits (Middle Pleistocene-Olocene); B: fluvial deposits (Early Pleistocene); A: marine deposits (Early-Middle Pliocene); BS: pre-Pliocene Bedrock.



nico-quaternari, localizzato nel Foglio 310, è lungo qualche decina di metri e alto qualche metro. Il profilo sismico ci offre un'immagine piuttosto dettagliata di una sezione molto più grande. C'è inoltre da considerare che la presenza di uno specchio lacustre offre l'opportunità di acquisire dati di sottosuolo di qualità migliore e a un costo più contenuto rispetto alle aree emerse adiacenti.

Nelle pianure alluvionali, le condizioni di affioramento consentono nel migliore dei casi di valutare la granulometria prevalente del deposito. In questo caso sono molto utili i dati di perforazione, che hanno tuttavia il limite di essere puntuali. La sismica a riflessione ci dà informazioni, talvolta inaspettate, sulla geometria e spessore dei depositi di riempimento. Questi profili sono spesso utili anche per interpretare correttamente i depositi affioranti ai margini della valle alluvionale stessa. Nell'ambito del Foglio 324 (Foligno), un profilo sismico ad alta risoluzione è stato specificamente acquisito dal CNR-IRRES di Milano, per migliorare la conoscenza del sottosuolo nella piana di Foligno.

#### 4. - PROSPETTIVE FUTURE

Il fatto di aver coperto la totalità del territorio regionale non esaurisce i compiti e gli obiettivi della cartografia geologica. Occorre infatti:

- curare la manutenzione (omogeneizzazione ed aggiornamento) della cartografia stessa: i progressi gradualmente delle conoscenze hanno prodotto una certa disomogeneità, soprattutto nella rappresentazione delle successioni continentali e di quelle torbiditiche;

- assicurare la fruibilità delle informazioni da parte del pubblico, prima di tutto dei professionisti e dei tecnici delle pubbliche amministrazioni.

La Regione Umbria finora ha stampato 14 sezioni della Valnerina in scala 1:10.000 (1990-1994) ed ha prodotto e distribuito 2 CD, contenenti la cartografia realizzata in due dei principali

progetti in scala 1:10.000 (2002-2006).

I problemi dell'aggiornamento e della fruibilità, che sfruttino anche le nuove tecnologie informatiche, non riguardano solo l'Umbria, ma tutta la cartografia geologica, nazionale e regionale. Per affrontare questi problemi, bisogna abbracciare definitivamente l'idea di una carta geologica in continuo aggiornamento, aperta ad informazioni varie e disponibile in tempo reale per i soggetti utilizzatori.

#### Ringraziamenti

*Ringraziamo tutti i Colleghi che hanno contribuito alla realizzazione della Cartografia della Regione Umbria. Tra questi, un pensiero particolare va ai Proff. Giampaolo Piali e Graziano Plesi, prematuramente scomparsi.*

#### BIBLIOGRAFIA

- AMBROSETTI P., CARBONI M.G., CONTI M.A., ESU D., GIROTTI O., LA MONICA G.B., LANDINI B. & PARISI G. (1987) - *Il Pliocene ed il Pleistocene inferiore del bacino del Fiume Tevere nell'Umbria meridionale*. Geogr. Fis. Dinam. Quat. **10**: 10 - 33.
- BARCHI M.R. & MARRONI M. (2009) - *Note illustrative del Foglio 310 - Passignano sul Trasimeno*.
- BASILICI G. (1997) - *Sedimentary facies in an extensional and deep lacustrine depositional system: The Pliocene Tiberino Basin, Central Italy*. Sed. Geol., **109**, 73 - 94.
- GASPERINI L., BARCHI M.R., BELLUCCI L.G., BORTOLUZZI G., LIGI M. & PAUSELLI C. (2009) - *Lake Trasimeno (Italy): a "Georecorder" of Central Apennines events*. Sottomesso a Basin Research.
- PLESI G., LUCHETTI L., BOSCHERINI A., BOTTI F., BROZZETTI F., BUCEFALO PALLIANI R., DANIELE G., MOTTI A., NOCCHI M. & RETTORI R. (2002) - *The Tuscan succession of high Tiber Valley (F. 289 "Città di Castello"): biostratigraphic, petrographic and structural features, regional correlations*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. **1**: 425-436.
- RICCI LUCCHI F. (1986) - *The Oligocene to Recent foreland basins of the Northern Apennines*. Spec. Publ. int. Ass. Sediment., **8**: 105-139.
- RIDOLFI A., LUCHETTI L., MENICETTI M., NEGRI A., PIALI G. (1995) - *Use of the key beds in stratigraphic and structural analysis of the Marnoso-Aranacea Fm. of the Assino Valley area (Northern Umbrian Apennines)*. Giornale di Geologia **57**, 113-129.

# Il controllo della sismica a riflessione nella elaborazione dei Fogli Geologici del Progetto CARG nella Sicilia Occidentale

## *Seismic reflection constraints in the frame of the CARG Project in Western Sicily*

CATALANO R. (\*)<sup>(1)(2)</sup>, SULLI A. (\*)<sup>(2)</sup>, ALBANESE C. (\*)<sup>(2)</sup>,  
AVELLONE G. (\*)<sup>(1)</sup>, BASILONE L. (\*)<sup>(1)</sup>, GASPARO  
MORTICELLI M. (\*)<sup>(1)</sup>, AGATE M. (\*)<sup>(2)</sup>,  
VALENTI V. (\*)<sup>(2)</sup>, LENA G. (\*)<sup>(1)</sup>

**ABSTRACT** – In the frame of the CARG Project, the interpretation of several seismic reflection profiles has provided new important constraints aimed at clarifying the deep structural setting of the Central-Western Sicily and the related offshore fold and thrust belt. It has already been envisaged as a tectonic pile mainly made up of deep water Meso-Cenozoic carbonate units overriding a thick stack of Meso-Cenozoic carbonate platform units, detached from their crystalline basement. The data collected, constrained by wells logs, field and stratigraphic data, have improved the knowledge of a complex sector outcropping in the Corleone and Caccamo geologic sheets area. Seismic interpretation displayed the relationships between outcropping and deep-seated tectonic elements, focussing on the occurrence of a variable structural organization in the different sectors of the study area.

**PAROLE CHIAVE:** assetto strutturale, carte geologiche, profili sismici a riflessione, Sicilia Occidentale.

**KEY WORDS:** geological maps, seismic reflection profiles, structural setting, Western Sicily.

### 1. - INTRODUZIONE

Il rilevamento di numerosi Fogli Geologici, aree marine comprese, (fig. 1) eseguito in scala 1:50.000 nell'ambito del Progetto CARG, ha fornito di una nuova e completa cartografia un'area in cui i più recenti rilievi ufficiali risalgono a BALDACCI (1886).

I dati cartografici, raccolti nella regione che si estende dalle Isole Egadi alle Madonie, hanno contribuito ad una maggiore conoscenza dell'assetto stratigrafico-strutturale della catena siciliano-maghrebide. Un contributo essenziale proviene dall'interpretazione di numerosi profili sismici a riflessione multicanale che attraversano parte dei settori rilevati. I profili in terra sono stati messi a disposizione dall'Eni-Agip S.p.A., che qui vivamente ringraziamo. La loro interpretazione ha permesso di ricostruire la geometria interna delle unità tettoniche offrendo un controllo profondo delle strutture osservate in superficie. Di converso, il riconoscimento di una continuità tra corpi geologici affioranti e corpi riflettenti sepolti ha consentito di ancorare il dato sismico interpretato al dato di campagna, migliorando la comprensione dell'assetto superficiale.

Di particolare significato sono le immagini sismiche che hanno permesso di riconoscere nel corpo riflettente originarie strutture mesozoiche [Bacino di Marineo, figura 2; tettonica mesozoica di *rifting* (BASILONE, 2008)].

Nell'*offshore*, le numerose linee sismiche interpretate (fig. 1) mostrano, oltre all'assetto geologico del corpo sommerso, gli attuali sistemi deposizionali nelle aree di piattaforma e di scarpata superiore.

(\*) Dipartimento di Geologia e Geodesia, Università di Palermo

(1) Analisi sismostratigrafica;

(2) Rilievi geologici;

fondi: CARG, Prin 2006, MIUR 2005/2006 (Resp. R. CATALANO).

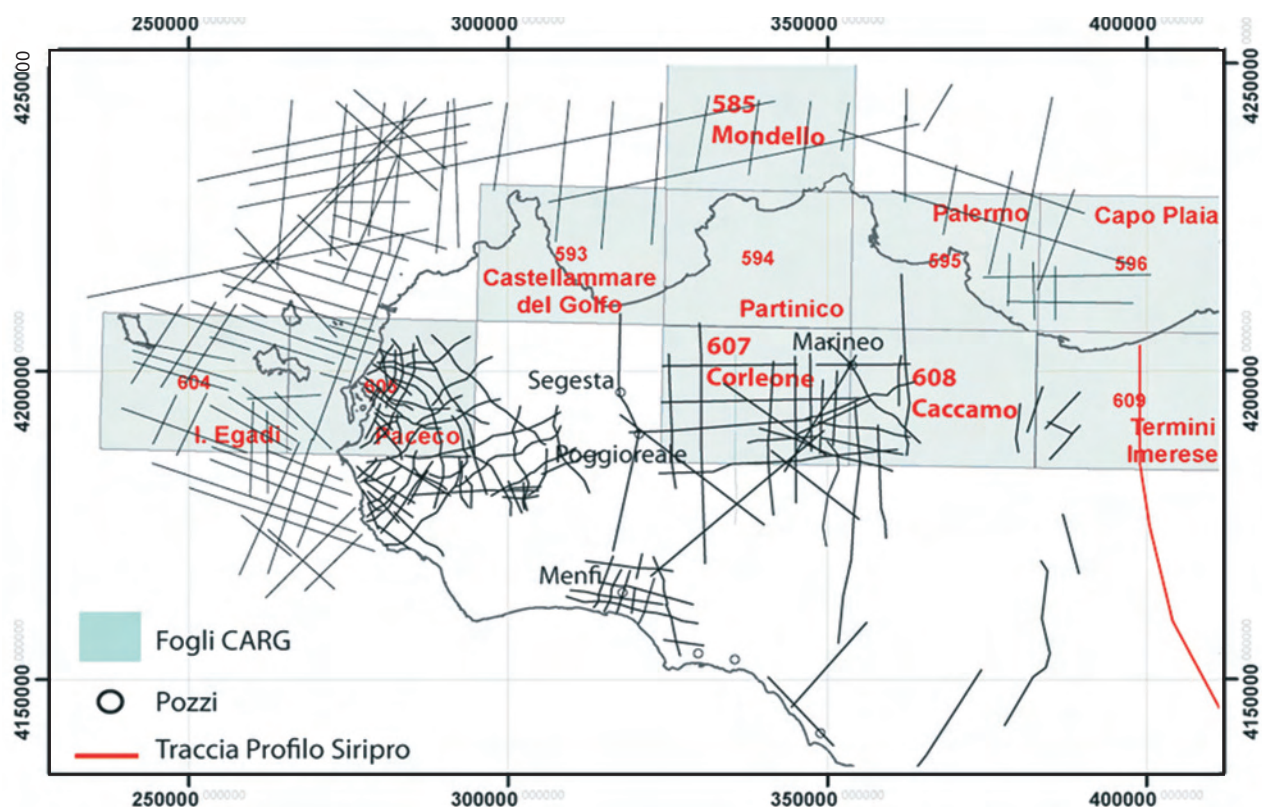


Fig. 1 - Ubicazione dei Fogli Geologici del progetto CARG assegnati al Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università di Palermo (Responsabile Scientifico: R. CATALANO). In figura sono riportate le tracce delle linee sismiche disponibili e dei pozzi utilizzati per la loro taratura.  
- Index map of western Sicily CARG project-map sheets (project leader R. CATALANO). Seismic lines and borehole used for this study are included.

## 2. – CENNI DI GEOLOGIA REGIONALE

La regione studiata ricade nella parte centro-occidentale della catena siciliano-maghebide in cui sono stati riconosciuti (CATALANO *et alii*, 2000): un livello inferiore, caratterizzato da unità tettoniche meso-cenozoiche di piattaforma carbonatica (Unità Trapanesi-Saccensi), un livello intermedio costituito da unità tettoniche carbona-

tiche meso-cenozoiche di mare profondo (Unità Imeresi e Sicane) ed un livello superiore costituito dalle Unità Sicilidi e dalla “Falda” del flysch numidico. Depositi sintettonici del Miocene superiore-Pleistocene colmano i bacini di *thrust-top* sviluppatasi sulle unità della catena. La stratigrafia delle successioni incorporate come unità tettoniche nella catena ed i loro originari domini paleogeografici, sono illustrati nella figura 3.

Il contributo dei dati sismici al riconoscimento della prosecuzione in profondità delle strutture affioranti si è rivelato particolarmente utile nella regione parzialmente ricoperta dai Fogli Caccamo e Corleone (figg. 1, 4), il cui assetto è qui di seguito descritto.

## 3. - DATASET

Nella regione scelta (fig. 4), due grandi allineamenti carbonatici, a forte controllo strutturale, si estendono in direzione circa E-O nel settore settentrionale (dorsale Monte Kumeta-Balatelle) ed in quello meridionale (dorsale di Rocca Busambra). Le sezioni geologiche a corredo (fig. 5), elaborate integrando i vari dati, mostrano con buon dettaglio i livelli più profondi dell'edificio tettonico esaminato.

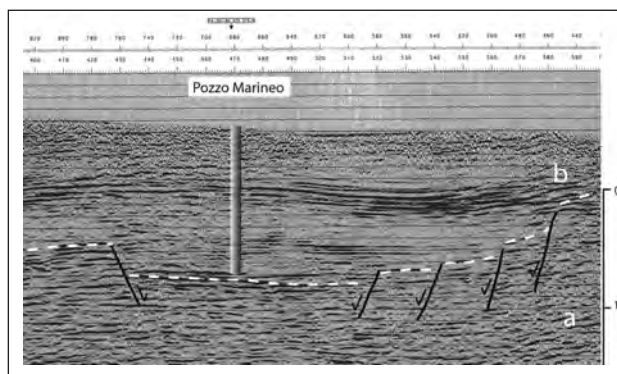


Fig. 2 - Il bacino infraliassico di Marineo calibrato dai dati dell'omonimo pozzo stratigrafico. La sezione mostra i rapporti laterali all'interno della successione trapanese tra le facies di piattaforma carbonatica (a) e quelle depositatesi in ambiente di bacino di intrapiattaforma (b).  
- Early Jurassic Marineo basin. Seismic interpretation calibrated by the Marineo well. Triassic-Jurassic tectono-stratigraphic relationships between carbonate platform facies (a) and pelagic deep water facies (b) of the Trapanese succession.



Entrambe le dorsali appaiono limitate in superficie da faglie inverse ad alta inclinazione riconducibili ad un evento tettonico post-Tortoniano.

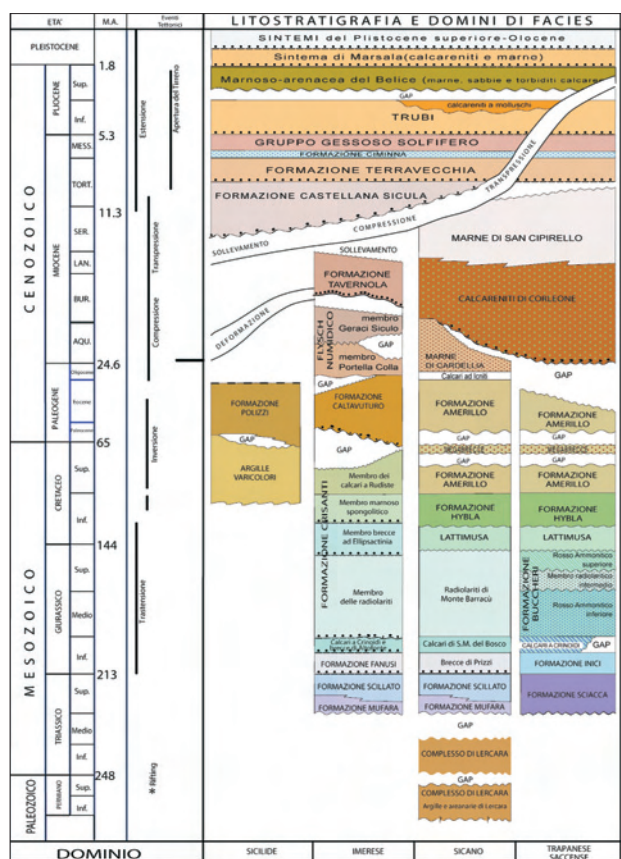


Fig. 3 - Litostratigrafia delle successioni ed originali domini di facies mesocenozoici (precedenti la deformazione) e cenozoici (sintettonici).  
- Lithostratigraphy and facies domains of the meso-cenozoic continental margin and foredeep succession.

L'interpretazione sismostratigrafica ha permesso di riconoscere la giacitura dei corpi carbonatici di piattaforma (Unità Trapanesi) e la loro estensione laterale e verticale: le unità, infatti, affiorano in corrispondenza delle due dorsali, ed in rilievi isolati localizzati nel settore centro-occidentale (M. Galiello e M. Maranfusa) e si estendono nel sottosuolo attraverso l'intero settore.

A questo substrato strutturato si sovrappongono: a) le unità tettoniche, costituite dalle successioni meso-cenozoiche derivanti dalla deformazione dei domini Sicano e Imerese (fig. 2), e caratterizzate da deformazione interna a *duplex-imbricate fan*; la loro originaria messa in posto risale al Tortoniano inferiore; b) la "falda" del flysch numidico, la cui originaria messa in posto sulle unità carbonatiche imeresi e sicane, in seguito allo scollamento dal suo substrato, è riferibile al Serravalliano superiore-Tortoniano inferiore; c) le successioni deformate dei bacini sin-tettonici mio-pleistocenici.

L'assetto strutturale delle Unità Trapanesi mostra una progressiva variazione, verso il settore orientale, delle geometrie deformative riconosciute.

Nel settore più occidentale della regione, le unità del substrato carbonatico sono organizzate con configurazioni sud-vergenti di tipo *flat and ramp*, riconosciute anche in superficie lungo il fronte meridionale di alcuni rilievi carbonatici (M. Maranfusa, M. Galiello, figure 4, 5). *Backthrust* di modesta entità, non connessi con piani di scollamento profondi, accompagnano la dislocazione.

Nel settore centro-orientale, invece, le Unità Trapanesi assumono un assetto strutturale domi-

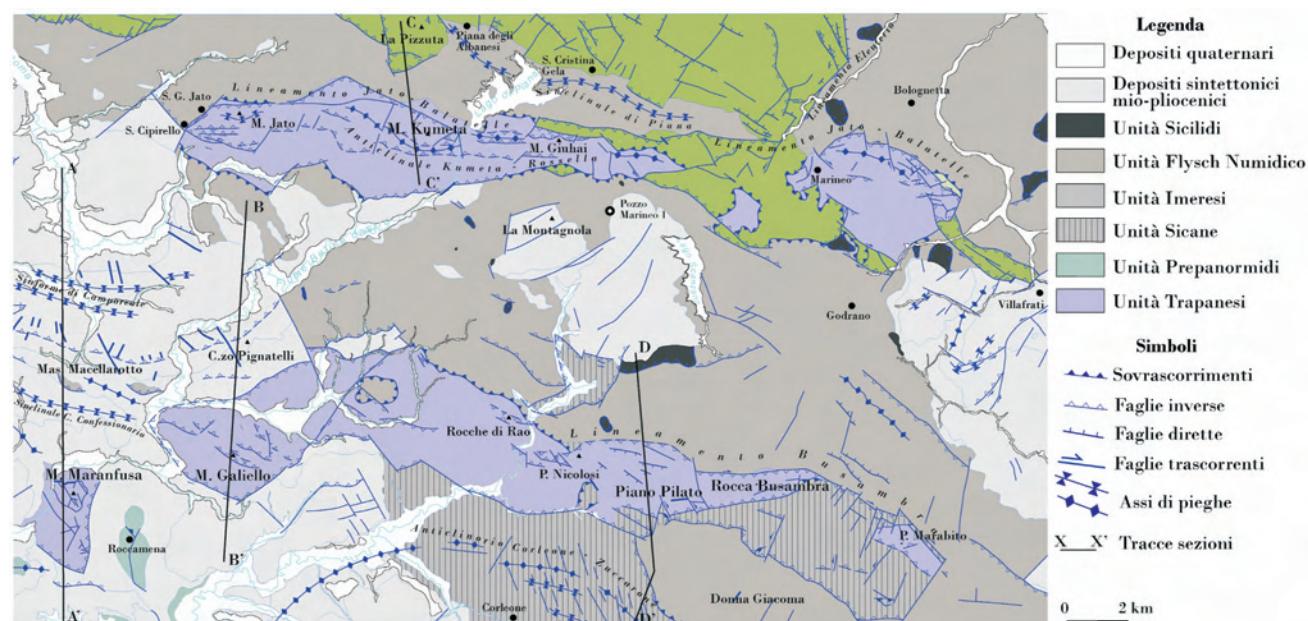


Fig. 4 - Schema tettonico dell'area descritta. AA', BB', CC', DD' sono le tracce dei relativi profili geologici riportati in figura 5.  
- Structural map of the study area. AA', BB', CC', DD' are the traces of the geological profiles illustrated in figure 5.

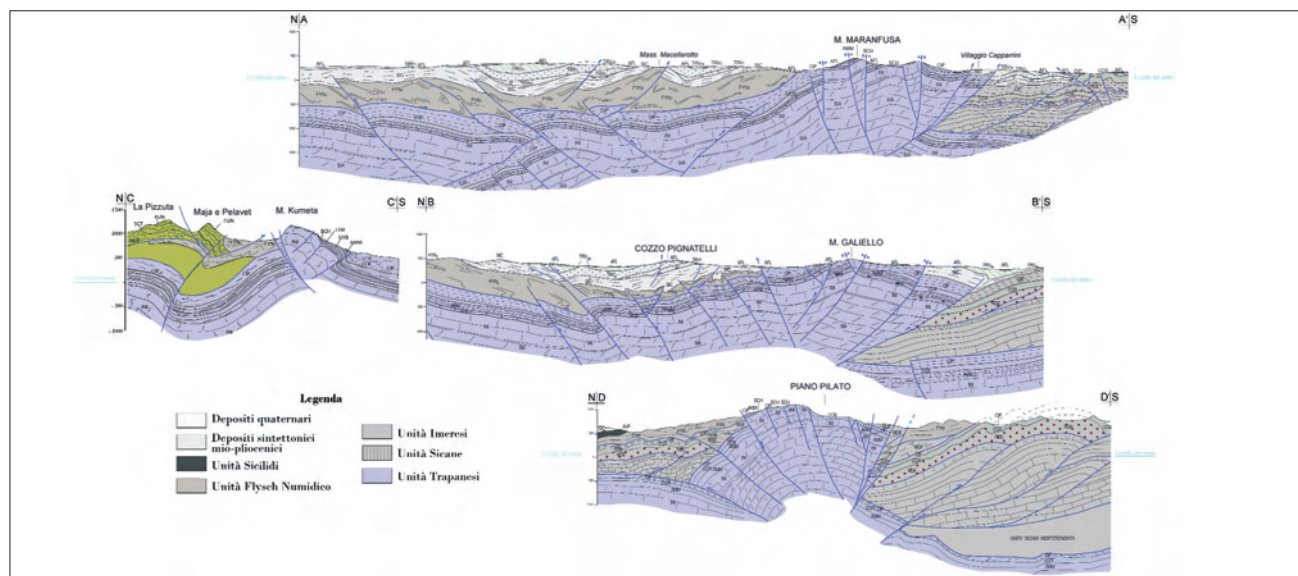


Fig. 5 - Sezioni geologiche costruite sulla base delle interpretazioni di profili sismici a riflessione. Le tracce delle sezioni sono riportate in figura 4.  
- Geological cross sections based on seismic profile interpretation and field data. Profile traces are in figure 4.

nato dalla contemporanea presenza di *backthrust* e *forethrust* di entità comparabile (fig. 5). Le faglie inverse S-immidenti ad alta inclinazione riconosciute lungo il fronte settentrionale della dorsale di Rocca Busambra, mostrano un consistente rigetto ed appaiono connesse in profondità con le superfici di *flat* delle unità affioranti (fig. 5). Le geometrie interne, ricostruite lungo le sezioni, rivelano un forte contributo dei retroscorrimenti nelle fasi finali di strutturazione dell'edificio tettonico (ALBANESE, 2008).

### 3. - CRONOLOGIA DELLA DEFORMAZIONE

L'evoluzione tettonica risulta determinata dal succedersi di due eventi deformativi principali:

- durante il Miocene medio-superiore si è determinata la sovrapposizione, lungo contatti a basso angolo, delle successioni bacinali (Unità del flysch numidico, Unità Imeresi, Unità Sicane) sulle successioni di piattaforma carbonatica ancora radicate;
- nel Miocene superiore-Pleistocene inferiore, la deformazione ha coinvolto livelli strutturali più profondi, rappresentati dalle successioni di piattaforma carbonatica (Trapanese, nell'area) inducendo la rideformazione dei corpi tettonici formati durante il primo evento; queste deformazioni hanno originato strutture transpressive (pieghe, sovrascorrimenti, faglie inverse ad alto angolo e *backthrusting*). I piani ad alto angolo sono generalmente responsabili dell'inversione degli originari rapporti, come si evince dall'anomala sovrapposizione di parti delle unità di piattaforma carbonatica sulle Unità Imeresi e Sicane (fig. 5).

### 3. - CONCLUSIONI

L'utilizzo della sismica a riflessione nella produzione della nuova cartografia geologica del progetto CARG, si è rivelato determinante nella ricostruzione dell'assetto profondo dell'edificio tettonico nella Sicilia occidentale.

Fra i risultati più significativi vanno ricordati:

- a) il riconoscimento dell'estensione, nel sottosuolo, delle unità tettoniche sicane ed imeresi e delle unità del substrato carbonatico trapanese;
- b) la caratterizzazione dei principali eventi tettonici che hanno formato la catena;
- c) la presenza nelle strutture carbonatiche trapanesi, generalmente vergenti verso i quadranti meridionali, di *thrust* retrovergenti di età tardo-pliocenica che accomodano parte del raccorciamento totale;
- d) il riconoscimento di originarie strutture mesozoiche integralmente conservate nel corpo riflettente (Bacino di Marineo);
- e) l'individuazione areale del tetto del substrato di piattaforma carbonatica, di potenziale utilità ai fini della ricerca applicata.

### BIBLIOGRAFIA

- ALBANESE C. (2008) - *Assetto stratigrafico-strutturale ed evoluzione cinematica del sistema collisionale appenninico nella Sicilia centro-occidentale* - Tesi di Dottorato, 1-171 - Geol. It., 55, 5-16.
- BALDACC L. (1886) - *Descrizione geologica dell'Isola di Sicilia*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 3-403, Roma.
- BASILONE L. (2008) - *Mesozoic tectono-sedimentary evolution of Rocca Busambra in western Sicily*. Facies. DOI 10.1007/s10347-008-0156-2.
- CATALANO R., FRANCHINO A., MERLINI S. & SULLI A. (2000) - *Central Western Sicily structural setting interpreted from seismic reflection profiles*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 5-16.



## Foglio 634 Catania: metodologia stratigrafica per la mappatura dei prodotti vulcanici del basso versante SE dell'Etna e considerazioni sulla pericolosità vulcanica

*Foglio 634 Catania: stratigraphic methodology for mapping volcanic products of lower SE flank and consideration about volcanic hazard*

BRANCA S. (\*)

**ABSTRACT** - The lower SE flank of Etna (Foglio 634 Catania) corresponds to the highly densely inhabitants area of the volcano where about 500.000 people live. The stratigraphic framework used for mapping the volcanic products of this sector of Etna is the result of the combination of three different categories of stratigraphic units (synthemic, lithosomatic and lithostratigraphic). The aim of this combined stratigraphic framework is to evidence clearly the complex setting of the spatial and temporal relationships among the volcanic products and their lithogenetic and morphologic interrelationship.

The geological surveys of Foglio 634 Catania, realized following modern stratigraphic criteria, have made it possible to reconstruct in detail the eruptive history of the last 15 ka of the highest urbanized sector of the volcano emphasizing that since the foundation of the city of Catania, which occurred around 729 BC, the old urban area during the Greek and Roman period has never been reached by lava flows. Conversely in Roman times, in 122 BC, the city was severely damaged by the fallout of pyroclastic materials produced during an event of Plinian magnitude occurred at the summit crater. During the XII century the Medieval city will be threatened closely for the first time by a lava flow, whereas only be achieved in 1669 and partly destroyed by a lava flow.

**PAROLE CHIAVE:** M. Etna, pericolosità vulcanica stratigrafia.

**KEY WORDS:** Mt. Etna, volcanic hazard, stratigraphy.

### 1. – INTRODUZIONE

Il Monte Etna è uno stratovulcano di natura basaltica, alto 3340 m s.l.m., localizzato in Sicilia orientale lungo la costa Ionica (fig. 1) dove ricopre una superficie di circa 1750 km<sup>2</sup>. L'Etna è uno dei vulcani più attivi del mondo e la sua spettacolare attività eruttiva è descritta nelle fonti storiche da oltre 2500 anni. La superficie del vulcano è divisa in sei fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

Il Foglio 634 Catania costituisce una limitata porzione della periferia sud-orientale del M. Etna localizzata ad una distanza di circa 18 km dalla zona sommitale del vulcano, ricoprendo solamente il 15% dell'intera superficie dell'edificio vulcanico (fig. 1). Questo foglio costituisce l'area a più alta densità urbana di tutto il vulcano comprendendo la città di Catania, in cui risiedono 313.000 abitanti, e la relativa area metropolitana che conta circa 195.000 residenti (fig. 2). La ricostruzione del quadro stratigrafico del Foglio 634 Catania rappresenta un elemento fondamentale per poter definire con dettaglio l'evoluzione dell'attività

(\*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sezione di Catania. Piazza Roma 2, 95123 Catania



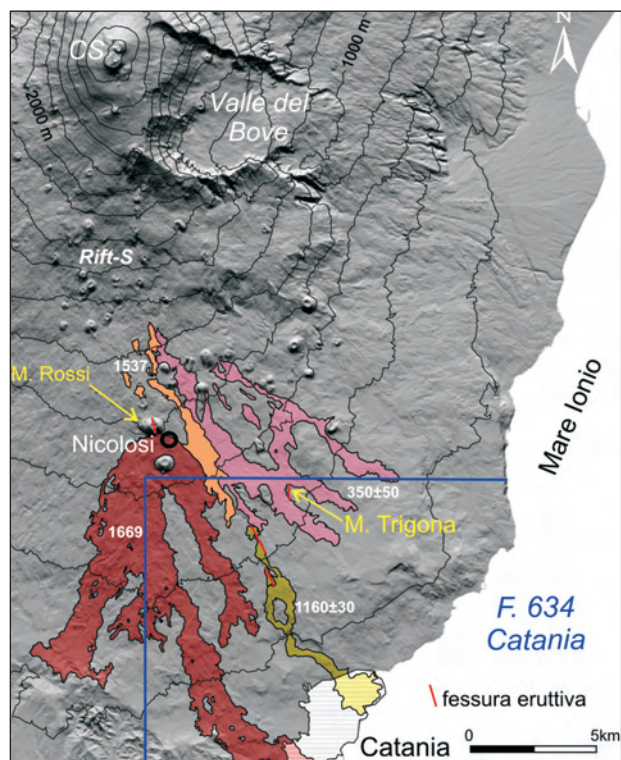


Fig. 1 - DEM dell'Etna in cui è evidenziato il limite del Foglio 634 Catania e le colate laviche dell'attività eruttiva degli ultimi 2 ka che hanno interessato il basso versante SE del vulcano. CS= crateri sommitali  
- DEM of Etna in which is reported the boundary of Foglio 634 Catania and the lava flows of the last 2 ka eruptive activity that reached the lower SE flank. CS= summit craters.

eruttiva di questo settore periferico del M. Etna altamente antropizzato e per fornire alcune considerazioni generali sulla valutazione della pericolosità vulcanica.

## 2. – METODOLOGIA

Per la mappatura dei prodotti vulcanici del Foglio 634 Catania sono stati utilizzati i criteri stratigrafici suggeriti nel Quaderno 1 del SGN per le aree vulcaniche (PASQUARÈ *et alii*, 1992) che sono stati applicati per la prima volta, con alcune modifiche e integrazioni, nella stesura del Foglio 625 Acireale. Durante la realizzazione di questo foglio, che costituisce il versante orientale del vulcano, è stato definito il quadro stratigrafico di riferimento per tutto l'edificio etneo (BRANCA *et alii*, in stampa). L'impianto stratigrafico utilizzato per la realizzazione della carta geologica del basso versante SE del M. Etna, ricadente nel Foglio 634 Catania, è il risultato della combinazione di tre diverse categorie di unità stratigrafiche (sintemiche, litosomatiche e litostratigrafiche).

La litostratigrafia costituisce il criterio stratigrafico di base utilizzato nel riconoscimento di terreno delle unità vulcaniche di questo foglio.

Nell'ambito di questa classificazione sono state utilizzate unità litostratigrafiche di differente rango quali ad esempio colata, membro e formazione. La presenza di superfici di inconformità all'interno della successione vulcanica etnea ha permesso di raggruppare insieme di unità litostratigrafiche in unità sintemiche. Tale suddivisione in unità a limiti inconformi permette di evidenziare al meglio le principali fasi evolutive del vulcano. Nella porzione centrale del versante orientale, in Valle del Bove, le discontinuità sono rappresentate principalmente da discordanze angolari il cui significato è quello di marcare la fine dell'attività di un centro eruttivo e il successivo spostamento del sistema di alimentazione superficiale con la conseguente crescita di un nuovo centro eruttivo. Verso le aree periferiche del vulcano le discontinuità presenti all'interno della successione vulcanica, come nel caso del Foglio 634 Catania, sono rappresentate principalmente da superfici di erosione connesse all'approfondimento del reticolo idrografico (BRANCA & CATALANO, 2000).

Il Foglio 634 Catania è costituito in gran parte da prodotti vulcanici eruttati durante gli ultimi 15 ka. Le colate laviche di questo periodo sono state suddivise in cinque intervalli temporali, istituiti per la prima volta nel Foglio 625 Acireale, per evidenziare al meglio l'evoluzione spaziale e temporale dell'attività eruttiva. I limiti degli intervalli temporali sono stati definiti attraverso l'individuazione oggettiva dei principali eventi che hanno marcato importanti cambiamenti nello stile eruttivo durante gli ultimi 15 ka alla scala dell'intero vulcano (BRANCA *et alii*, in stampa). Tali eventi sono: a) l'eruzione sub-pliniana picritica avvenuta circa 3,9 ka che marca l'inizio di una fase caratterizzata da un tasso eruttivo maggiore rispetto al periodo precedente (COLTELLI *et alii*, 2000); b) l'eruzione pliniana del 122 a.C., che rappresenta l'unica eruzione di magnitudo pliniana riconosciuta nel record tefrostratigrafico degli ultimi 12 ka (COLTELLI *et alii*, 1998); c) l'eruzione del 1669 che costituisce la più grande eruzione effusiva avvenuta in epoca storica; d) l'eruzione del 1971 in quanto tale evento marca l'inizio di una fase caratterizzata da un alto tasso effusivo che si protrae tutt'oggi.

## 3. – CONSIDERAZIONI SULLA PERICOLOSITÀ VULCANICA

I centri abitati del Foglio 634 Catania si estendono senza soluzione di continuità dall'area metropolitana di Catania fino ad una quota di circa 700 m s.l.m. Pertanto, nella valutazione della pericolosità vulcanica di quest'area sono da pren-



Fig. 2 - Ripresa aerea da sud della città di Catania, in primo piano il porto e sullo sfondo il Monte Etna.  
 - Aerial view from south of Catania, the port in the foreground and Mount Etna in the background.

dere in considerazione quegli eventi eruttivi che sono caratterizzati dall'apertura di fessure eruttive a quote inferiori ai 1900 m. Infatti, considerando che la lunghezza media delle colate laviche storiche è compresa tra i 5 e i 10 km (LOPES & GUEST, 1982) l'eventuale apertura di fessure nella parte alta del vulcano non comporterebbe seri rischi per i centri abitati del basso versante sud-orientale. I rilievi geologici del Foglio 634 Catania, unitamente all'analisi dell'attività eruttiva storica (BRANCA & DEL CARLO, 2005) hanno evidenziato che gran parte dell'area urbana ed extraurbana è costituita da colate laviche prodotte durante l'attività degli ultimi 3.900 anni le cui fessure eruttive sono localizzate nel fianco sud del vulcano lungo il sistema denominato Rift di S. In questo foglio è presente solamente una fessure eruttiva di età preistorica che è rappresentata dal piccolo cono di scorie di M. Trigona localizzato ad una quota di circa 450 m (fig. 1). Durante l'attività eruttiva degli ultimi 2000 anni l'apertura di fessure eruttive a quote inferiori ai 1800-1600 m ha portato alla formazione di colate laviche i cui fronti hanno raggiunto in alcuni casi la linea di costa. Nel Foglio 634 Catania sono presenti i fronti di una colata lavica di epoca Romana ( $300 \pm 100$  AD,  $350 \pm 50$  AD, TANGUY *et alii*, 2007), una colata lavica di epoca Medievale ( $1160 \pm 30$  AD, TANGUY *et alii*, 2007), e le colate laviche relative alle eruzioni del 1537 e del 1669. Fra di esse le eruzioni del  $1160 \pm 30$  e del 1669 rappresentano gli eventi atte-

si a più alto rischio vulcanico che possono interessare l'area urbanizzata di questo foglio, in quanto le fessure eruttive sono localizzate rispettivamente ad una quota di 460-360 m e 700 m (M. Rossi) all'interno della fascia dei paesi dell'interland catanese (fig. 1). In particolare, l'eruzione del 1669 costituisce l'evento eruttivo più distruttivo conosciuto di epoca storica durante il quale in 122 giorni furono eruttati circa 100 milioni di  $m^3$  di lava, formando un campo lavico esteso  $37,5 \text{ km}^2$  che raggiunse una lunghezza massima di 15 km (ROMANO & STURIALE, 1982). Durante quest'eruzione i flussi lavici distrussero completamente nove paesi e una piccola parte della città di Catania. Un ulteriore fattore che deve essere attentamente considerato per una corretta valutazione della pericolosità vulcanica dell'Etna, in aggiunta alla pericolosità legata ai processi di invasione lavica, è quello connesso alle eruzioni di tipo esplosivo. Recenti studi realizzati sui prodotti piroclastici dell'attività esplosiva dell'Etna hanno permesso di ricostruire la storia eruttiva di quest'attività (COLTELLI *et alii*, 2000) permettendo così di definire la pericolosità vulcanica delle eruzioni esplosive. In particolare l'analisi dei depositi piroclastici eruttati durante gli ultimi 12 ka ha permesso di riconoscere tre tipologie principali di eruzioni esplosive attese all'Etna: i) fontane di lava e/o piccole subpliniane; ii) eventi subpliniani; iii) eventi pliniani. Le tre tipologie costituiscono delle eruzioni di breve durata (da meno di un'ora



a pochi giorni) che avvengono ai crateri sommitali con la formazione di una colonna eruttiva responsabile della caduta di materiale piroclastico di varia granulometria in funzione della distanza dalla bocca eruttiva. La valutazione dell'impatto sul territorio e sulla popolazione di queste tre tipologie di eruzioni esplosive è strettamente connessa con la magnitudo dell'evento.

Complessivamente gli eventi di tipo fontane di lava, come quelli avvenuti ad esempio al Cratere di SE nel 2007 (fig. 3), e/o piccole subpliniane costituiscono le eruzioni più attese, mentre le eruzioni di magnitudo pliniana rappresentano il massimo evento atteso come il caso dell'eruzione avvenuta in epoca Romana nel 122 a.C. La dispersione del deposito piroclastico di caduta di questa eruzione ha interessato il versante sud-orientale del vulcano (COLTELLI *et alii*, 1998), ed in particolare nel Foglio 634 Catania questo deposito presenta spessori massimi intorno ai 50 cm. Tale eruzione è citata in diverse fonti latine e greche (BOSCHI & GUIDOBONI, 2001) che descrivono una grossa eruzione dell'Etna avvenuta nel 122 a.C. che produsse una notevole quantità di ceneri causando grossi danni alle abitazioni della città di Catania. L'eccezionalità dell'evento unitamente ai

danni prodotti dalla caduta di materiale piroclastico indusse il Senato Romano a condonare per dieci anni il pagamento dei tributi ai cittadini catanesi. Infine, un ulteriore evento eruttivo che completa il quadro delle tipologie di eruzioni esplosive attese all'Etna sono le eruzioni laterali caratterizzate da un'intensa e prolungata attività esplosiva (BRANCA & DEL CARLO, 2005), come quella che ha caratterizzato le recenti eruzioni del 2001 e 2002-03. Durante queste eruzioni la formazione di una colonna di cenere ha prodotto, specialmente nel 2002-03, un'abbondante ricaduta di materiale piroclastico per diversi mesi su tutto il vulcano, causando notevoli danni alle aree coltivate e all'economia locale in conseguenza, in particolare, della prolungata chiusura dell'aeroporto di Catania.

#### 4. – CONCLUSIONI

I rilievi geologici del Foglio 634 Catania, realizzati seguendo moderni criteri stratigrafici, hanno permesso di ricostruire con dettaglio la storia eruttiva degli ultimi 15 ka del settore a più alta urbanizzazione del vulcano evidenziando che dalla fondazione della città di Catania, avvenuta

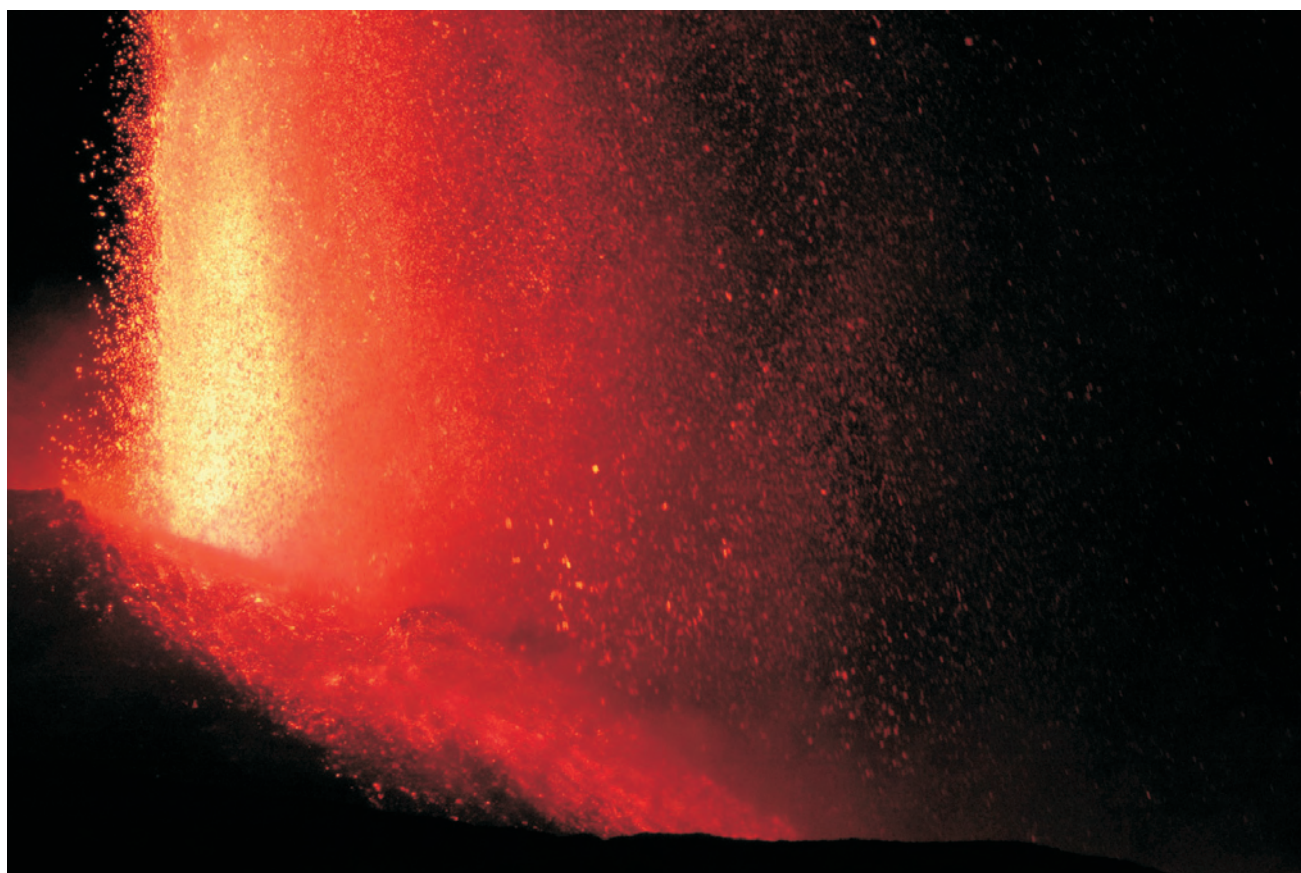


Fig. 3 - Particolare del getto di lava ripreso durante l'evento di fontana di lava verificatosi al Cratere di SE il 4 Settembre 2007.  
- Detail of the lava fountain episode occurred at SE Crater on 4 September 2007.



intorno al 729 a.C., l'antica area urbana durante il periodo Greco e Romano non è mai stata raggiunta da colate laviche. In epoca Romana, nel 122 a.C., è stata invece gravemente danneggiata dalla caduta di materiale piroclastico in seguito ad un evento di magnitudo Pliniana verificatosi al cratere sommitale. Durante il XII secolo la città Medievale è stata minacciata da vicino per la prima volta da una colata lavica, mentre solamente nel 1669 è stata raggiunta e in parte distrutta da una colata lavica.

#### BIBLIOGRAFIA

- BOSCHI E. & GUIDOBONI E. (2001) - *Catania terremoti e lave dal mondo antico alla fine del Novecento*. INGV-SGA, Editrice Compositori, pp. 414, Bologna.
- BRANCA S. & CATALANO S. (2000) - *Stratigraphical and morphological criteria for the reconstruction of UBSU in the peripheral area of Mt. Etna (Italy)*. Mem. Soc. Geo. It., **55**, 181-187.
- BRANCA S. & DEL CARLO P. (2005) - *Types of eruptions of Etna Volcano AD 1670-2003: Implications for short-term eruptive behaviour*. Bull. Volcanol., **67**, 732-742.
- BRANCA S., COLTELLI M., GROPELLI G. & PASQUARÈ G. (in stampa) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 625 Acireale*. CNR-APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia, pp. 234, Roma.
- COLTELLI M., DEL CARLO P. & VEZZOLI L. (1998) - *The discovery of a Plinian basaltic eruption of Roman age at Etna volcano (Italy)*. Geology, **26**: 1095-1098.
- COLTELLI M., DEL CARLO P. & VEZZOLI L. (2000) - *Stratigraphic constrains for explosive activity for the past 100 ka at Etna volcano, Italy*. Int. J Earth Sciences, **89**: 665-677.
- LOPES R. & GUEST J.E. (1982) - *Lava flows on Etna, a morphometric study*. In: A. CORRADINI & M. FULCHIGNONI (Eds.): *"The comparative Study of Planets"*. D. Reidel, Holland.
- PASQUARÈ G., ABBATE E., BOSI E., CASTIGLIONI G.B., MERENDA L., MUTTI E., OROMBELLI G., ORTOLANI F., PAROTTO M., PIGNONE R., POLINO R., PREMOLI S. & SASSI F.P. (1992) - *Carta geologica d'Italia - 1:50.000 Guida al Rilevamento*. Quaderni Serie III, **1**, pp. 203.
- ROMANO R. & STURIALE C. (1982) - *The historical eruptions of Mt. Etna (volcanological data)*. Mem. Soc. Geol. It., **23**, 75-97.
- TANGUY J.C., CONDOMINES M., LE GOFF M., CHILLEMI V., LA DELFA S. & PATANÈ G. (2007) - *Mount Etna eruptions of the last 2,750 years: revised chronology and location through archeomagnetic and <sup>226</sup>Ra-<sup>230</sup>Th dating*. Bull. Volcanol., **70**, 55-83.

## Gli elementi innovativi nell'ambito della cartografia geologica del Quaternario (Progetto CARG)

*Innovative elements in the geological mapping of the Quaternary (CARG Project)*

D'OREFICE M. (\*)

**ABSTRACT** – One of the most qualified and innovative points of the CARG Project is the right importance given to the geological survey and to the mapping of the Quaternary deposits. Among the major innovative elements are: 1) the use of new criteria and methods of survey; 2) the use of stratigraphic units more suitable to the survey and to the geological mapping of Quaternary deposits (UBSU); 3) the mapping, in the plain areas, even of the lithologies and depositional systems; 4) the realisation of a subsoil sheet in some areas of the plains; 5) the survey even of the marine portion of the geological sheet and of the lakes's bottom; 6) the creation of a database which could be updated; 7) the realisation of Notes with a higher applicative content.

The adoption of these innovative criteria generated a real “cultural revolution” in Quaternary geology. This revolution has profoundly changed both methods and the criteria for data collection, organization and preparation. It also allowed to make maps with a substantial informative content, which led to important scientific and applicative results. Finally, it helped to train a generation of specialists in this discipline and created a point of take-off for future research.

**PAROLE CHIAVE:** cartografia geologica, depositi quaternari, Italia, Progetto CARG, metodologie, unità stratigrafiche

**KEY WORDS:** geological mapping, Quaternary deposits, Italy, CARG Project.

### 1. - INTRODUZIONE

I sedimenti quaternari, e in particolare quelli depositi in ambiente continentale e costiero, nella tradizione geologica italiana solitamente sono stati considerati come “coperture”, che impedivano o rendevano problematica l'osservazione delle rocce sottostanti.

Un'inversione di tendenza si ha con il Progetto CARG, dove uno dei punti più qualificanti ed innovativi è la giusta rilevanza data ai depositi quaternari nel rilevamento e nella loro rappresentazione cartografica.

### 2. - PRINCIPALI ELEMENTI INNOVATIVI

Il crescente interesse scientifico, ma soprattutto applicativo, nei riguardi dei depositi quaternari, ha portato a introdurre numerosi elementi di novità all'interno della nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG). Tra i principali temi innovativi possiamo annoverare:

(\*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia / Servizio CARG, Geologia e Geomorfologia

- 1) l'utilizzo di nuovi criteri e metodologie di rilevamento;
- 2) l'impiego di unità stratigrafiche più idonee al rilevamento e alla cartografia dei depositi quaternari;
- 3) la rappresentazione, nelle aree pianeggianti, anche delle litologie e degli ambienti deposizionali;
- 4) la realizzazione, in alcune aree di pianura, di un foglio integrativo di sottosuolo;
- 5) il rilevamento anche della porzione marina del foglio geologico e del fondale delle aree lacustri;
- 6) la creazione di una banca-dati aggiornabile;
- 7) la realizzazione di Note illustrative con un maggior contenuto applicativo.

Nei paragrafi successivi vengono sinteticamente esaminati i singoli punti sopra elencati.

## 2.1. - NUOVI CRITERI E METODOLOGIE DI RILEVAMENTO

Le caratteristiche dei depositi recenti rendono inapplicabili i criteri normalmente utilizzati nel rilevamento delle rocce sedimentarie marine. Pertanto, il rilevamento di tali depositi richiede l'applicazione di metodologie particolari e un'attitudine specifica.

Le nuove metodologie di rilevamento possono essere così sintetizzate:

- a) rilevamento accurato e il più possibile integrale di tutto il territorio ricadente nel foglio alla scala 1:50.000;
- b) individuazione di tutti gli affioramenti presenti;
- c) ricerca di sezioni stratigrafiche significative per studi di dettaglio;
- d) ampio utilizzo di dati geognostici già esistenti, integrati da dati di nuova acquisizione.

In merito a quest'ultimo punto, fondamentale è la raccolta delle stratigrafie dei sondaggi (o altri dati di sottosuolo) già effettuati, da privati o da enti pubblici, nell'area in studio.

Riguardo ai dati di nuova acquisizione, l'indagine dei primi metri di sottosuolo è realizzata mediante trincee scavate a mano e sondaggi superficiali con trivella manuale o a motore.

Per ottenere dati da una maggiore profondità si ricorre, invece, all'esecuzione di trincee con escavatore meccanico, di sondaggi a carotaggio continuo, di prospezioni geofisiche di vario tipo e di prove penetrometriche.

Particolare attenzione viene dedicata alle ricerche di carattere archeologico e allo studio dei suoli affioranti e sepolti, in quanto questi possono fornire importanti indicazioni ambientali, climatiche e cronologiche.

All'analisi in situ è comunemente affiancato il telerilevamento, l'analisi geomorfologica e, nelle

aree di pianura, quella del microrilievo.

Una certa rilevanza è riservata, inoltre, alle ricerche storiche.

I campioni prelevati in superficie e nel sottosuolo generalmente sono sottoposti a una serie di analisi specialistiche di laboratorio, (paleontologiche, mineralogiche, petrografiche, sedimentologiche, geocronologiche, geochimiche, polliniche, dendrocronologiche, paleomagnetiche, geotecniche, ecc.), necessarie per caratterizzare in maniera appropriata i litotipi esaminati.

## 2.2. - UNITÀ STRATIGRAFICHE DI RIFERIMENTO

Un'importante novità nell'ambito della cartografia geologica del Quaternario, e in particolare di quella relativa ai depositi continentali e vulcanici, è stata l'introduzione di unità stratigrafiche più adatte al rilevamento e alla rappresentazione di tali depositi, quali, appunto, le Unità a limiti inconformi (UBSU).

Queste sono state definite come "corpi rocciosi delimitati alla base e alla sommità da superfici di discontinuità specificatamente designate, significative e dimostrabili, aventi preferibilmente estensione regionale o interregionale" (ISSC, 1987; SALVADOR, 1994).

L'esperienza ventennale maturata nell'ambito delle attività di coordinamento del Progetto CARG ha consentito di evidenziare le potenzialità e gli aspetti problematici associati all'utilizzo delle UBSU (CHIARINI *et alii*, 2008; D'AMBROGI, 2008; LA POSTA *et alii*, 2008).

Tra le principali potenzialità possiamo certamente considerare le seguenti:

- 1) favoriscono l'identificazione d'importanti eventi geologici, come episodi orogenetici, variazioni eustatiche, cambiamenti climatici, eventi tettonici o vulcano-tettonici, eventi sedimentari ciclici, stasi nella sedimentazione, fasi erosive, ecc.;

- 2) consentono un'adeguata interpretazione dell'evoluzione dei bacini sedimentari e degli apparati vulcanici;

- 3) permettono, attraverso la gerarchizzazione dei limiti inconformi, di distinguere episodi d'interesse locale da eventi di carattere regionale e interregionale;

- 4) agevolano la correlazione tra unità appartenenti ad ambienti sedimentari contigui o tra successioni vulcaniche e sedimentarie attigue ai centri vulcanici;

- 5) possono essere applicate a qualunque tipo di roccia del substrato.

Un positivo esempio di applicazione delle UBSU è fornito dai Fogli 451 "Melfi" (in allestimento per la stampa) e 452 "Rionero in Vulture"



(in elaborazione), ove affiorano successioni vulcaniche e sedimentarie.

Il rilevamento di dettaglio di questi fogli ha consentito di verificare come le superfici di discontinuità superino i limiti tra vulcanico e sedimentario, rendendo possibile la correlazione di depositi su una vasta area. Tali superfici sono ben identificabili a livello di supersintema e sintema (PRINCIPE & GIANNANDREA, 2008).

Tra gli aspetti problematici, connessi all'impiego delle UBSU, possiamo citare i seguenti:

- 1) non sono applicabili quando si passa da superfici limite d'inconformità a superfici di continuità stratigrafica;
- 2) costituiscono un efficace strumento di sintesi regionale solo nei riguardi di bacini sedimentari sufficientemente estesi;
- 3) sono unità definite in modo generico e i criteri riguardanti la loro applicazione spesso sono poco chiari.

### 2.3. - LITOLOGIE E AMBIENTI DEPOSIZIONALI

In molti casi i corpi sedimentari, oltre ad essere distinti in carta con colori di fondo relativi alle unità stratigrafiche di appartenenza, sono stati differenziati con appositi sovrassegni in base al sistema deposizionale di cui fanno parte. Un'ulteriore differenziazione è stata poi effettuata in base agli elementi deposizionali, alle associazioni di facies e alle litofacies.

In pratica è stato applicato un duplice criterio stratigrafico e ambientale; quest'ultimo si è rivelato molto utile soprattutto a fini applicativi.

### 2.4. - CARTA DI SOTTOSUOLO

In alcuni fogli di pianura, al foglio geologico tradizionale è stato allegato anche un foglio integrativo relativo ai soli dati di sottosuolo.

Tra i fogli di sottosuolo, molto interessante è quello allegato al Foglio 256 "Rimini". Esso è costituito da una carta, da 4 sezioni geologiche superficiali e 2 profonde. Nella carta del sottosuolo è stata data grande enfasi ai corpi più grossolani, in gran parte appartenenti al lobo del conoide sepolto del F. Marecchia, di circa 130 km<sup>2</sup> di estensione, considerando anche la parte a mare (fig. 1). È stata così realizzata la carta del "Tetto delle ghiaie – subsintemi di Ravenna e di Villa Verucchio", che descrive la geometria della superficie sommitale dei principali depositi ghiaiosi dell'immediato sottosuolo della pianura romagnola. La scelta di rappresentare in pianta questi corpi ghiaiosi è dettata soprattutto dal grande interesse applicativo che essi rivestono ai fini della salva-

guardia e dello sfruttamento delle risorse idriche sotterranee. Questi depositi costituiscono, infatti, un importante serbatoio idrico, ampiamente sfruttato per fini idropotabili, agricoli, industriali e zootecnici.

### 2.5. - GEOLOGIA MARINA

Nelle precedenti edizioni della carta geologica le aree occupate dal mare o da specchi lacustri non erano oggetto di cartografia geologica. Questo non accade più nella nuova carta geologica, dove tali aree sono considerate alla stessa stregua di quelle emerse.

### 2.6. - CONTENUTO APPLICATIVO DELLE NOTE ILLUSTRATIVE

Un sensibile salto di qualità è stato altresì compiuto nei riguardi delle Note illustrative, che spesso presentano un forte connotato applicativo. Al loro interno vengono generalmente trattati numerosi argomenti, che sovente riguardano i depositi quaternari. Molto utile è, inoltre, la raccolta delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti per il Progetto CARG.

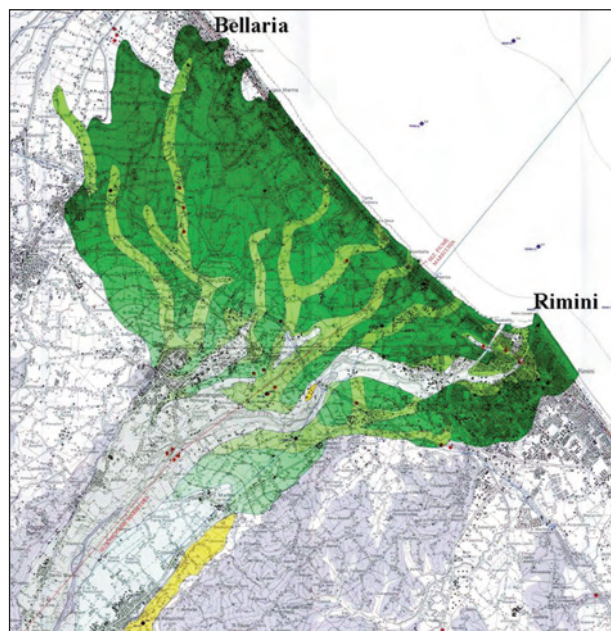


Fig. 1 - Stralcio della carta del "Tetto delle ghiaie - subsintemi di Ravenna e di Villa Verucchio" (Foglio allegato al F° 256 "Rimini", 2005). Essa descrive la geometria sommitale dei depositi ghiaiosi appartenenti al lobo del conoide sepolto del F. Marecchia. In verde scuro è rappresentato il tetto delle ghiaie dell'ultimo massimo glaciale, mentre in verde chiaro sono cartografate le ghiaie post-glaciali.

- Excerpt from the Map of the "Top of the gravels - Ravenna and Villa Verucchio subsynthetic" (subsurface geology of the Map Sheet 256 "Rimini", 2005). It describes the summit geometry of gravels deposits belonging to the lobe of the F. Marecchia buried fan. In dark green is the top of gravels of the LGM, while in light green the post-glacial gravels are mapped.

Oltretutto, ai fini della pianificazione territoriale, nelle Note illustrative è stato dato un grande risalto alla geologia delle aree urbane. Infatti, il Progetto CARG ha attivato circa 65 fogli, in cui ricadono aree urbane più o meno grandi.

### 3. - ALCUNI RISULTATI SCIENTIFICI

Le novità introdotte nei riguardi dei depositi quaternari hanno portato a importanti risultati scientifici, con conseguenti ricadute nel campo applicativo. Molteplici possono essere gli esempi, con tutto ciò, in questa nota, per necessità di sintesi, ne vengono di seguito proposti solo alcuni.

Un significativo risultato scientifico è emerso durante il rilevamento dei fogli geologici dell'area torinese, che ha consentito di ricostruire con estremo dettaglio la successione stratigrafica del settore attualmente drenato dal F. Po e dai suoi affluenti. In base a ciò è stato possibile riconoscere delle antiche direttrici di drenaggio, rispettivamente verso est (paleoPo) e verso SE (affluenti del paleoPo), che contrastano con il deflusso attuale verso ovest del T. Banna e verso SSO del sistema affluente. Questa riorganizzazione del reticolo idrografico è da mettere in relazione alla deformazione recente della struttura anticlinale della Collina di Torino (FORNO & BOANO, 2006; Foglio "Torino Est", in elaborazione).

Passando alla pianura veneto-friulana, un altro elemento degno di nota, che scaturisce anche grazie ai rilevamenti CARG, è l'individuazione di numerosi *megafan*. Si tratta di "megaconoidi" caratterizzati da notevole estensione, da modesti gradienti topografici nella bassa pianura e da sedimenti passanti da grossolani a fini, procedendo da

monte verso valle. Questi corpi sedimentari hanno subito le maggiori fasi di progradazione nei periodi glaciali. Il momento di più recente progradazione è da ascrivere all'ultimo massimo glaciale (BONDESAN & MENEGHEL, 2004).

Rimanendo in ambito friulano, un altro elemento di novità è l'individuazione nel sottosuolo della pianura udinese di un sistema di sovrascorrimenti ciechi sepolti sotto ai depositi quaternari. In particolare il sovrascorrimiento di Pozzuolo, nel F° 266 "Udine", deforma debolmente i depositi sin-LGM in una fascia compresa tra Mereto di Tomba e Basiliano, nel settore SO del Foglio.

Nella pianura emiliano-romagnola, uno dei dati di maggior rilievo, emerso dal rilevamento di superficie e di sottosuolo dei fogli geologici, è l'evidenza di una stretta relazione fra ciclicità dei depositi alluvionali della pianura e la ciclicità climatico-eustatica quaternaria. Tale relazione è messa in evidenza nella sezione geologica profonda, tratta dal Foglio di sottosuolo 222 "Lugo" (fig. 2). Questa sezione, che va dal margine appenninico al Mar Adriatico, mostra, infatti, la regolarità con cui i depositi marini litorali s'intercalano nei depositi alluvionali, dando luogo, per il sintema più recente (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore - AES) a 5 cicli trasgressivo-regressivi. Tale ciclicità, unita alla presenza di superfici di discontinuità tracciabili dal Mare Adriatico alle aree intravallive, ha portato a individuare in maniera ottimale, all'interno di AES, 5 subsintemi, caratterizzati da un intervallo temporale dell'ordine dei 100.000 anni. In base a tali caratteristiche questi subsintemi possono essere considerati il prodotto della ciclicità elementare climatico-eustatica di quart'ordine.

Anche nel caso del F° 328 "La Spezia", l'accu-

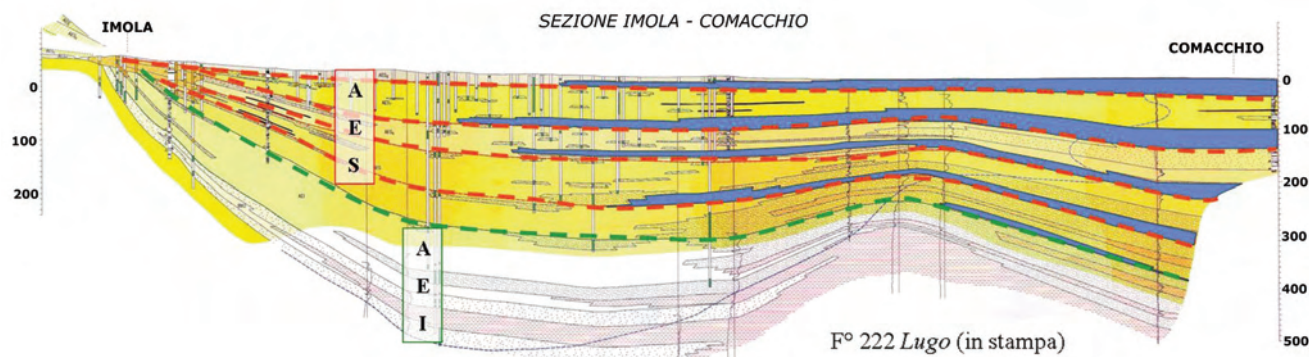


Fig. 2 - Sezione geologica profonda tratta dal Foglio allegato al F° 222 "Lugo" (in stampa). Essa mostra la regolarità con cui i sedimenti marini litorali (in colore blu) s'intercalano nei depositi alluvionali (nelle varie sfumature del giallo) del sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), dando luogo a 5 cicli trasgressivo-regressivi. Questi cicli, separati da superfici di discontinuità (linee tratteggiate) tracciabili dal Mar Adriatico alle aree appenniniche intravallive, corrispondono ad altrettanti subsintemi.

- Geological section taken from subsurface geology of the Map Sheet 222 "Lugo" (in print). This section shows the regularity with which the littoral marine sediments (in blue) are interbedded in alluvial deposits (in various shades of yellow) of Upper Emilia-Romagna Synthem (AES), giving rise to 5-transgressive-regressive cycles. These cycles, separated by discontinuity surfaces (dotted lines), that are traceable from the Adriatic Sea to the Apennines intravallive areas, correspond to five subsynthem.

rata analisi stratigrafica e sedimentologica, condotta nel corso del rilevamento dei depositi plio-quadernari affioranti nella bassa Val di Magra, ha consentito di cogliere alcuni elementi di novità. Nei riguardi di questo bacino sedimentario è stata, infatti, ipotizzata una complessa dinamica di subsidenza, il sollevamento del suo margine orientale e un'alimentazione prevalente dal versante pedepauno, mettendo in discussione le ipotesi precedenti.

#### 4. - CONCLUSIONI

Se nell'ambito della geologia del substrato sono subentrati molti elementi innovativi, in quello della geologia del Quaternario è avvenuta una vera e propria "rivoluzione culturale", che ha:

- 1) profondamente modificato le metodologie e i criteri di raccolta, organizzazione ed elaborazione del dato;
- 2) consentito di sperimentare moderne metodologie stratigrafiche a fini cartografici;
- 3) permesso di realizzare carte con un notevole contenuto informativo;
- 4) consentito la realizzazione di una banca dati aggiornabile;
- 5) portato a importanti risultati sia in campo scientifico, sia applicativo;
- 6) consentito di formare una generazione di specialisti in questa disciplina;
- 7) creato un volano per le ricerche future.

#### Ringraziamenti

Si ringrazia E. Chiarini, I. Cibi, E. La Posta, R. Graciotti, M. Pantaloni e F. Papasodaro per gli utili contributi forniti.

#### BIBLIOGRAFIA

- APAT-SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2005) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e relative Note illustrative. Fogli 248 "La Spezia" e 256 "Rimini"*.
- APAT-SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2007) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e relative Note illustrative. Foglio 128 "Venezia"*.
- APAT-SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (in stampa o in elaborazione). *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e relative Note illustrative. Fogli 066 "Udine", 086 "S. Vito al Tagliamento", 156 "Torino Est", 222 "Lugo", 451 "Melfi", 452 "Rionero in Vulture"*. Disponibili sul sito web [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it).
- BONDESAN A. & MENEGHEL M. (a cura di) (2004) - *Geomorfologia della provincia di Venezia*. Esedra Editrice, Padova: pp. 516.
- CHIARINI E., D'OREFICE M. & GRACIOTTI R. (2008) - *Le unità stratigrafiche di riferimento nella rappresentazione cartografica dei depositi plio-quadernari continentali nel Progetto CARG - Esempi: arco alpino, Pianura Padana e Sardegna*. Il Quaternario, **21** (1A): 51-56.
- D'AMBROGI C. (2008) - *Problemi e potenzialità dell'utilizzo delle UBSU per l'interpretazione e la rappresentazione cartografica dei depositi marini*. Il Quaternario, **21** (1A): 47-50.
- FORNO M.G. & BOANO (2006) - *Riorganizzazione del reticolo idrografico nella Collina di Torino in relazione alla deformazione quadernaria*. Il Quaternario, **19** (2): 215-222.
- ISSC (1987) - *Unconformity-bounded stratigraphic units*. Geol. Soc. America Bull., **98**: 232-237.
- LA POSTA E., NISIO S. & PAPASODARO F. (2008) - *Le unità stratigrafiche di riferimento nella rappresentazione cartografica dei depositi plio-quadernari continentali nel Progetto CARG - Esempi: relativi all'Italia centro-meridionale*. Il Quaternario, **21** (1A): 57-60.
- PRINCIPE C. & GIANNANDREA P. (2008) - *UBSU e cartografia geologica: problemi e potenzialità di utilizzo delle Unità a Limiti Inconformi (UBSU) nell'interpretazione e nella rappresentazione cartografica dei depositi vulcanici quadernari - L'esempio dei Fogli n.ro 451 "Melfi" e n.ro 452 "Rionero in Vulture"*. Il Quaternario, **21** (1A): 61-68.
- SALVADOR A. (1994) - *International stratigraphic guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure*. The International Union of Geological Sciences and the Geological Society of America (Eds.): pp. 214.



## Cartografia geologica e tettonica attiva: un matrimonio impossibile?

*Geologic cartography and active tectonic studies:  
an impossible marriage?*

VALENSISE G. (\*)

**ABSTRACT** – Over the past four decades the investigation of active faults and seismogenic sources in Italy has proceeded through different stages. These are listed and briefly discussed in this note along with the most significant papers that punctuated this path.

**PAROLE CHIAVE:** Cartografia geologica, grandi terremoti, sismotettonica, tettonica attiva

**KEY WORDS:** Active tectonics, geologic cartography, large earthquakes, seismotectonics

### 1. – CAPIRE I TERREMOTI PER CAPIRE LA GEOLOGIA

In una presentazione al *Meeting AIQUA* tenutosi a Parma nel 1997 sostenni che “...per il geologo un forte terremoto è quell'occasione unica durante cui vengono illustrati in modo istantaneo l'andamento e l'entità degli effetti in superficie della dislocazione su una faglia profonda”. A distanza di alcuni anni e dopo diversi altri terremoti penso sempre di più che quell'affermazione sia uno dei capisaldi del lavoro del geologo in aree attive. Dai grandi terremoti si apprendono importanti elementi della geologia e dell'evoluzione tettonica, alcuni dei quali molto difficili da cogliere in altra maniera. Negli ultimi 30 anni lo studio dei terremoti ha in effetti consentito di comprendere aspetti dell'evoluzione

geologica recente della penisola che non erano stati colti nella loro interezza – o non erano stati colti affatto - dalla geologia tradizionale.

In questa nota tratteggio sinteticamente l'evoluzione delle ricerche geologiche sulla sismogenesi dell'Italia, distinguendo tre fasi cronologiche e i principali eventi e avanzamenti della conoscenza che le hanno caratterizzate.

### 2. – ANNI '60 E '70: I PIONIERI

Sorprendentemente, il dibattito geologico sulle faglie attive e sulla sismogenesi è approdato in Italia solo tra la fine degli anni '60 e la metà degli anni '70, forse anche come effetto di un rinnovato interesse sul tema da parte della comunità internazionale, motivato in ultima analisi dalle ricerche per il *siting* delle centrali nucleari. Un posto d'onore in questo dibattito genuinamente pionieristico spetta certamente a BOSI (1975), che propose di avviare un'azione di riconoscimento sistematico di faglie attive sulla base della loro espressione superficiale. Negli stessi anni, sotto l'egida del Progetto Finalizzato Geodinamica, veniva ultimata la compilazione del Modello Strutturale d'Italia, della Carta Tettonica d'Italia, della Carta Neotettonica dell'Italia meridionale

(\*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma

(anche se i relativi prodotti sarebbero stati pubblicati solo qualche anno dopo). Complessivamente queste esperienze gettavano un primo ponte tra l'evidenza geologica di superficie, quella accessibile a ogni geologo di terreno, e il verificarsi di grandi terremoti, così come si riteneva logico che fosse e così come avveniva con successo nelle aree a più elevata sismicità del mondo occidentale. Tuttavia, sul clima di generale ottimismo riguardo alla capacità del geologo di terreno di identificare i principali elementi della tettonica attiva e di anticipare l'esistenza di faglie sismogenetiche stavano per piovere le prime delusioni. Gli studi sui terremoti di quegli anni, e segnatamente quelli del Belice del 1968 e del Friuli del 1976, sembravano infatti dimostrare che quegli eventi non avevano interessato nessuna delle faglie note; sembrava addirittura impossibile identificare una faglia - per quanto fino ad allora ignota - che potesse esserne considerata la sorgente scatenante.

Il terremoto dell'Irpinia del 1980, che fu anche decisamente più energetico e complessivamente più devastante dei due eventi che lo avevano preceduto, sembrò l'ennesima dimostrazione di una curiosa "anomalia italiana"; l'assenza - quantomeno apparente - di tracce superficiali delle faglie sismogenetiche spinse molti a ritenere che in Italia la geologia, la tettonica attiva e la sismologia fossero tre settori disciplinari ad intersezione nulla. La California, la faglia di San Andreas e tutta la letteratura sismo-geologica anglosassone di quegli anni non potevano apparire più lontane di così! Anche gli studiosi statunitensi, tuttavia, dovevano aver attraversato una fase simile, tanto da dire al sismologo C.F. RICHTER nel 1958 che *"... Because of the dispersion of seismological literature, geologists often overlook or ignore it. A recent paper on the geomorphology of a highly seismic region discusses rift valleys and faults, but ignores well-described faulting on two historical occasions, omits study of earthquake locations ... and ends with an airy generality to the effect that the frequent earthquakes show that block movements are still going on..."*.

### 3. – ANNI '80 E '90: LA RISCOPERTA

Nel 1984 WESTAWAY & JACKSON, due sismologi inglesi, pubblicarono sulla prestigiosa rivista *Nature* un accurato resoconto degli effetti in superficie del terremoto del 1980. Seppure con ritardo si apriva una fase di studio che avrebbe non solo rivoluzionato gli studi di tettonica attiva in Italia, ma avrebbe dato vita a un nuovo settore disciplinare a cui si dedicarono con passione ricer-

catori dell'ENEA, del CNR, dell'INGV (allora ING) e di varie università. Quasi a cercare di recuperare il tempo perduto uscirono ampie sintesi degli effetti in superficie dei grandi terremoti del passato, come nel caso dello studio condotto da SERVA *et alii* (1986) sul terremoto di Avezzano del 1915, e fiorirono ricerche sui terremoti dello Stretto di Messina del 1908, di Gubbio del 1984 e della Valcomino dello stesso anno. Ma il vero elemento di rottura restava il terremoto dell'Irpinia, che in pochi secondi aveva messo sotto gli occhi dei geologi una serie di testimonianze della tettonica attiva assolutamente incontrovertibili ma al tempo stesso impossibili da ricavare da un'analisi geologica convenzionale. Uno studio dettagliato condotto da PANTOSTI & VALENSISE, (1990) concludeva che il terremoto era stato generato da una grande faglia che per gran parte della sua lunghezza non coincideva con faglie mappate in precedenza e che mostrava una sorprendente ma chiara tendenza a "rovesciare" la topografia, sollevando le valli e ribassando le dorsali (fig. 1). Con la sola – e in qualche misura sospetta – eccezione del versante NE del Monte Cervialto, il terremoto



Fig. 1 – Daniela Pantosti osserva la scarpata di faglia creata dal terremoto campano-lucano del 23 novembre 1980 (Ms 6.8) sul M. Carpineta. La faglia, che non seguiva alcun elemento già noto e che fu descritta in letteratura solo a partire dal 1984, ribassava la cima del monte rispetto alla Valle del Sele, opponendosi alla topografia.

- Daniela Pantosti looks at the fault scarp generated by the 23 November 1980, Campania-Lucania earthquake (Ms 6.8) near the top of Mt. Carpineta. The scarp did not follow any previously mapped fault and was reported in literature only in 1984. Overall, the fault dropped the top of the mountain relative to the adjacent Sele Valley, therefore opposing the local topography.

non aveva riattivato neppure passivamente la faglia note, mostrando di essere stato generato da una faglia “giovane”, figlia di una tettonica “nuova”.

C'è forse da chiedersi perché questa sintesi, che fu poi largamente accettata e condivisa, sia arrivata a maturazione quasi un decennio dopo il terremoto. La spiegazione è forse nel fatto che in quegli anni i modelli geodinamici a grande scala tendevano a prevalere sulle oggettivamente modeste e talora “bislacche” tracce di fagliazione superficiale lasciate dal terremoto. Ad esempio, la pendenza verso NE del piano di faglia principale, messa subito in evidenza dai sismologi, venne contestata a lungo sulla base della diffusa convinzione che l'Appennino meridionale fosse separato dal Tirreno da una gradinata di faglie necessariamente pendenti verso SO.

In sintesi, il terremoto del 1980 ha messo in moto un nuovo modo di pensare la tettonica attiva, portando alla scoperta di molte altre faglie attive e creando le premesse per una straordinaria crescita di questo settore disciplinare. Dai forti terremoti del XX secolo abbiamo appreso che il rapporto tra le faglie sismogenetiche e la loro espressione nella geologia e nel paesaggio è molto più complessa di quanto non si ritenesse in passato, perché:

- la tettonica in atto lungo la catena appenninica è geologicamente giovane;
- in un sistema tettonico giovane le faglie attive hanno bisogno di tempo per dare al paesaggio una impronta caratteristica e manifestarsi chiaramente in modo fragile, sempre che non restino comunque cieche;
- frattempo, la geologia di terreno e il paesaggio saranno dominati da faglie legate a sistemi tettonici preesistenti (estinti);
- seconda dei casi queste faglie antiche potranno essere sepolte, ringiovanite grazie al sollevamento regionale, o riattivate selettivamente da una sottostante faglia attiva di ordine gerarchico superiore.

Queste condizioni rendono il rilevamento geologico delle aree attive certamente più difficile e ambiguo, per il duplice e concreto rischio di “perdere” le faglie principali e mappare invece come attive strutture che non lo sono affatto.

#### 4. – POST-2000: LA SISTEMATIZZAZIONE

A partire dalla seconda metà degli anni '80 i ricercatori italiani hanno iniziato a identificare con sistematicità le principali faglie poten-

zialmente sismogenetiche del territorio nazionale, spingendosi a considerare anche faglie nascoste o cieche, ovvero prive di espressione superficiale fragile, come ad esempio quelle che si trovano al di sotto della Pianura Padana. Circa un decennio dopo è nata la necessità di sistematizzare queste conoscenze, per:

- ad altri ricercatori di valutare attraverso una banca-dati la congruità dei modelli di sorgente sismogenetica proposti, possibilmente all'interno di un sistema GIS e quindi con possibilità di confronto con altri dati georiferiti;
- favorire la possibilità che gli altri ricercatori contribuiscano allo sviluppo di un modello unitario della sismogenesi;
- ai potenziali utilizzatori l'insieme delle sorgenti sismogenetiche note in una forma organizzata e facilmente accessibile;
- valutazioni di congruità geologica e geodinamica, valutazioni di completezza e nuove ipotesi su sorgenti ancora non identificate, attraverso la visione complessiva dell'intero contenuto della banca-dati.

Tra il 2000 e il 2001 sono stati così pubblicate tre banche-dati con le caratteristiche descritte:

- ITHACA, una banca-dati gestita da un GIS, accessibile via Internet e specificamente dedicata alle cosiddette “faglie capaci” (MICHETTI *et alii*, 2000);
- “*Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie*”, una banca-dati curata dal GNDT-CNR (GALADINI *et alii*, 2000);
- DISS, un sistema GIS accessibile anche via Internet dedicato specificamente a sorgenti sismogenetiche capaci di terremoti di  $M > 5.5$ . (VALENSISE & PANTOSTI, 2002; DISS Working Group, 2007), (fig. 2).

La banca-dati del GNDT-CNR non è stata aggiornata successivamente; parte dei dati e dell'*expertise* in essa contenuti sono confluiti nel DISS, oggi disponibile in versione 3.0.4. A sua volta ITHACA ha recentemente ripreso ad essere aggiornata dopo una stasi di qualche anno. DISS, che è gemellato con analoghe banche dati del Giappone, della Nuova Zelanda e degli Stati Uniti, è diventato uno dei riferimenti per la nuova *Carta di Pericolosità Sismica di riferimento per il territorio nazionale* ([zonesismiche.mi.ingv.it](http://zonesismiche.mi.ingv.it)), nonché per le attività di prevenzione del rischio sismico finanziate dal Dipartimento della Protezione Civile.

Dopo un percorso durato almeno tre decenni e punteggiato da delusioni, parziali successi e cambiamenti di rotta, la Geologia è oggi finalmente un elemento-chiave per la mitigazione del rischio sismico in Italia.



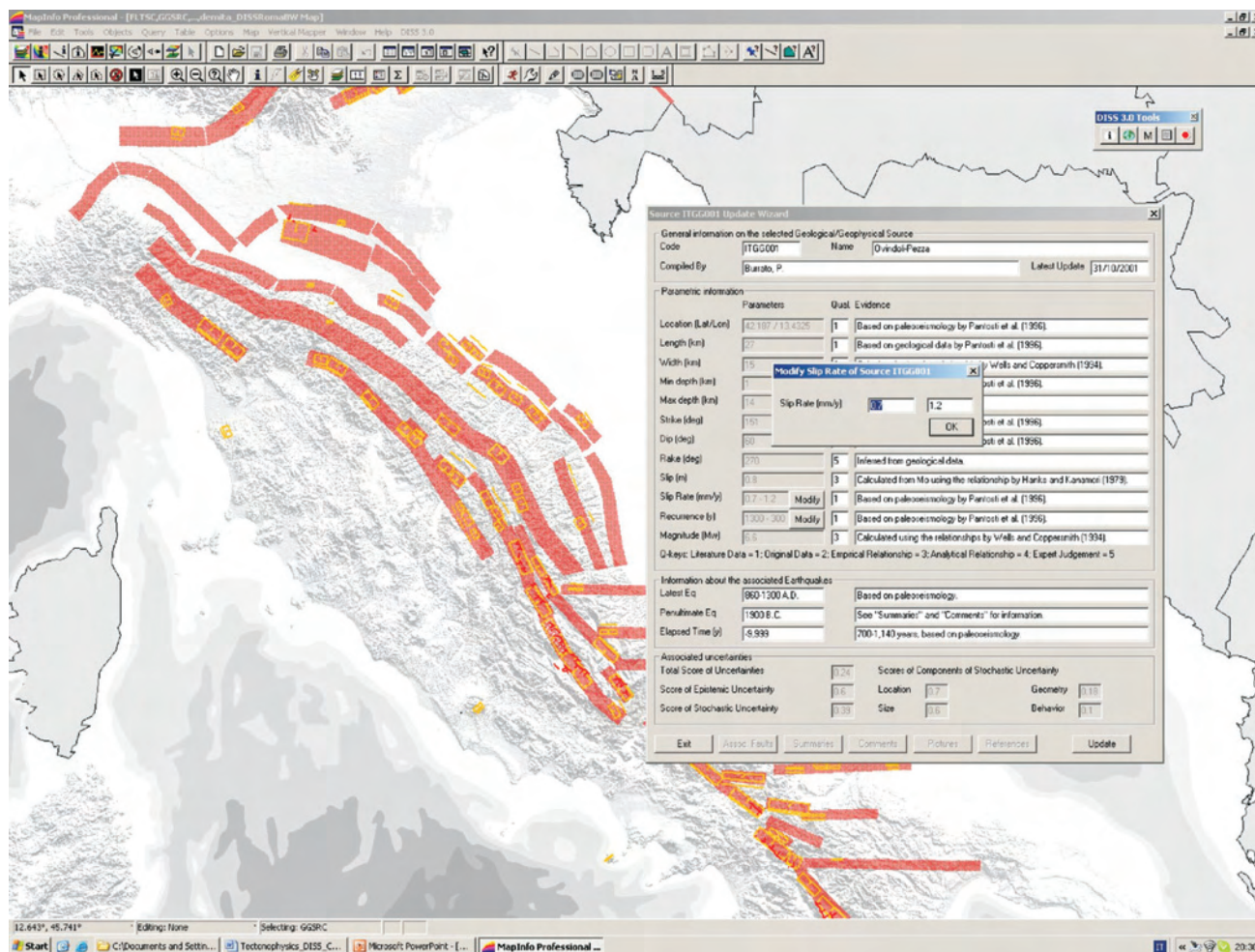


Fig. 2 – Sessione di lavoro con il sistema GIS che gestisce il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS version 3.0.4; DISS Working Group, 2007). Sono mostrate le sorgenti sismogenetiche individuali (GG, in giallo) e quelle areali (SA in rosso). Ulteriori dettagli in BASILI *et alii* (2007).  
 - Working session with the GIS that runs the Database of Individual Seismogenic Sources (DISS version 3.0.4; DISS Working Group, 2007). Individual seismogenic sources (GG) and areal seismogenic areas (SA) are shown in yellow and red, respectively. For further information the reader may refer to BASILI *et alii* (2007).

## BIBLIOGRAFIA

- BASILI R., VALENSISE G., VANNOLI P., BURRATO P., FRACASSI U., MARIANO S., TIBERTI M. & BOSCHI E. (2008) – *The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology*, Tectonophysics, 453: 20-43.
- BOSI C. (1975) – *Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino Centrale*. Boll. Soc. Geol. It., **94**: 827-859.
- DISS WORKING GROUP (2007) – *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.4: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. © INGV 2007 - All rights reserved (www.ingv.it/DISS).
- GALADINI F., MELETTI C. & VITTORI E. (2000) – *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie*. In: "Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999)" CNR-Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti - Roma, 107-136.
- MICHETTI A. M., SERVA L. & VITTORI E. (2000) – *ITHACA* Italy Hazard from Capable Faults: a database of active faults of the Italian onshore territory. CD-Rom e note, ANPA, Roma (www.apat.gov.it/ithaca).
- PANTOSTI D. & VALENSISE G. (1990) – *Faulting mechanism and complexity of the 23 November 1980, Campania-Lucania earthquake, inferred from surface observations*. J. of Geophys. Res., 95: 15,319-15,341.
- RICHTER C. F. (1958) – *Elementary seismology*. Freeman & Co. (Ed.), San Francisco, 768 pp.
- SERVA L., BLUMETTI A. M. & MICHETTI A. M. (1986) – *Gli effetti sul terreno del terremoto del Fucino (13 gennaio 1915): tentativi di interpretazione della evoluzione tettonica recente di alcune strutture*. Mem. Soc. Geol. It., **35**: 893-907.
- VALENSISE, G. & PANTOSTI, D. (A CURA DI) (2001) – *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0)*. Ann. Geofis. 44, Suppl. 1, con CD-ROM.
- WESTAWAY R. & JACKSON J. A. (1984) – *Surface faulting in the southern Italian Campania-Basilicata earthquake of 23 November 1980*. Nature 312: 436-438.

## Risorse idriche in aree urbane: integrazione tra geologia e idrogeologia

*Water resources in urban areas:  
integration between geology and hydrogeology*

---

PICCIN A. (\*)

**ABSTRACT** – In the Milano area (Lombardia, Po Plain, Northern Italy) geological survey activities (CARG Project – sheet 118 “Milano”), an integration between the geological and the hydrogeological approach has been realized: starting from the subsurface regional geological framework (Regione Lombardia – ENI Agip, 2002) and moving into a more detailed and data supported analysis (MUTTONI *et alii*, 2003), the relations between stratigraphic framework and aquifers were discussed and a model complaining both the thematic approaches was produced, also suitable for mathematical modeling. By means of GIS data processing, considering both well and seismic data, a large amount of information (more than 5k wells) was treated and a rather thick grid of geological sections was realized, showing the stratigraphic architecture of the Plain subsurface. Comparing this framework with the well established hydrogeological model, and despite the two different methodological approaches, some close relationships were highlighted. In particular, the surface dated to 0.87 Ma (“R” surface or Aquifer group B base) considered of climatic origin, represents a good hydrological boundary all over the study area. On the other hand, the more recent surface (Aquifer Group A base, approx. 0.45 Ma), because of the generalized basin sediments coarsening upward and the multi-erosional pattern, is less significant from the hydrogeological point of view. Anyway, the two surfaces isobaths maps were traced, that will be useful to define the detailed geometry of aquifers in the water resources management.

**PAROLE CHIAVE:** geologia, idrogeologia, pianura, sottosuolo.

**KEY WORDS:** geology, hydrogeology, Po Plain, subsurface.

### 1. – INTRODUZIONE

Lo studio degli acquiferi di pianura, nella letteratura geologica italiana, è sempre stato appannaggio dell'idrogeologia più che della stratigrafia o della sedimentologia, vuoi per il prevalente interesse che questi corpi rappresentavano per la ricerca e la gestione delle risorse idriche, che per la penuria e la scarsa qualità dei dati geologici disponibili.

Negli ultimi anni tuttavia, anche grazie al Progetto CARG, l'attenzione dei geologi si è focalizzata sullo studio del sottosuolo delle pianure: il nuovo approccio “geologico” al rilevamento del Quaternario, che ha superato la precedente impostazione prevalentemente geomorfologica, unito alla possibilità di acquisire informazioni dirette e di qualità sul sottosuolo, hanno rivoluzionato la conoscenza delle pianure, a partire da quella Padana. Tra il 1998 e il 2002, dapprima in Emilia-Romagna e poi in Lombardia, si sono unite la spinta ad innovare la conoscenza geologica, propria del Progetto CARG, con l'approccio pragmatico di ENI-Agip, basato sull'immenso patrimonio di conoscenza (sezioni sismiche e pozzi per idrocarburi) accumulato in oltre cinquant'anni di esplorazione petrolifera. Gli studi coordinati “Riserve Idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna” (1998) e

---

(\*) Regione Lombardia, DG Territorio e Urbanistica

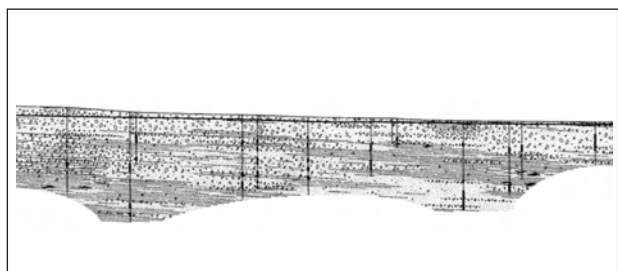


Fig. 1 – Esempio di sezione idrogeologica realizzata nella media pianura lombarda.  
– Example of an hydrogeological section in the Lombardy Po Plain.

“Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia” (2002), hanno fornito un quadro di riferimento moderno alla scala dell’intero bacino padano, che delinea i principali binari su cui è organizzata l’architettura stratigrafica della Pianura Padana post-pliocenica. Su questa base di partenza, in Lombardia, si sono innestati ulteriori studi di approfondimento, sia per meglio definire alcuni aspetti stratigrafici, sia per studiare le unità di sottosuolo ad una scala di maggior dettaglio.

In particolare, una collaborazione multi-disciplinare tra Regione Lombardia, ENI-Agip, Università di Milano e CNR (MUTTONI *et alii*, 2003) ha consentito di vincolare cronologicamente la principale discontinuità stratigrafica quaternaria riconosciuta in buona parte del bacino padano dagli studi sopracitati (Base Gruppo Acquifero B) e di proporle l’origine climatica, correlandola con l’inizio delle glaciazioni pleistoceniche e, più precisamente, con il segnale climatico MIS22 (circa 870.000 anni B.P.).

## 2. – IL FOGLIO 118 MILANO

Il sottosuolo dell’area milanese è stato studiato per decenni dal punto di vista idrogeologico (v. ad es. BERETTA *et alii*, 1983): i dati su cui si fondavano le ricostruzioni erano tuttavia limitati alle stratigrafie di pozzi per acqua, perforati a distruzione e quindi, in generale, di scarso dettaglio ed attendibilità. Di conseguenza, le correlazioni tra pozzi non potevano che basarsi su analogie litologiche, con limitati vincoli geometrici. L’elevata eterogeneità dei sedimenti di ambiente fluviale che costituiscono il sottosuolo della media pianura lombarda, rende tali correlazioni generalmente poco significative per la comprensione della struttura geologica.

L’avvio dei lavori di rilevamento del Foglio Geologico 118 Milano (Progetto CARG), realizzato da Regione Lombardia con il coordinamento scientifico del Prof. Vincenzo FRANCANI

(Politecnico di Milano), la direzione dei Dott. Andrea PICCIN e Fabrizio BERRA e la collaborazione dei Dott. Daniele BATTAGLIA, Silvia ROSSELLI, Ivo RIGAMONTI e dell’Ing. Paola GATTINONI, ha permesso di studiare in dettaglio il sottosuolo della conurbazione milanese. In quest’ambito sono anche stati realizzati quattro sondaggi geognostici, profondi fino a 180 m e perforati a carotaggio continuo, che si sono aggiunti ad altri 7 sondaggi già realizzati nella media ed alta pianura lombarda.

L’analisi sedimentologica e stratigrafica delle carote estratte, lo studio petrografico delle ghiaie e delle sabbie, le analisi biostratigrafiche e palinologiche e lo studio paleomagnetico, hanno permesso di individuare alcuni punti fermi nella caratterizzazione geologica del sottosuolo.

Questi ancoraggi sono stati poi utilizzati per interpretare le stratigrafie dei pozzi per acqua, dei sondaggi geognostici e delle prove penetrometriche raccolte sul territorio (oltre 5.500 indagini) e informatizzate nella Banca Dati Geologici di Sottosuolo regionale (oltre 51.000 *record* stratigrafici codificati).

Le correlazioni sono state inoltre eseguite seguendo i binari geometrici forniti delle sezioni sismiche Agip, integrate da una sezione sismica ad alta risoluzione, realizzata in collaborazione con il CNR-IDPA nel settore occidentale del Foglio (Bosco in Città, via Novara, Milano).

Per tracciare attraverso il Foglio 118 Milano le due principali superfici stratigrafiche intercettate dalle indagini di sottosuolo (Base Gruppo Acquifero A e Base Gruppo Acquifero B), è

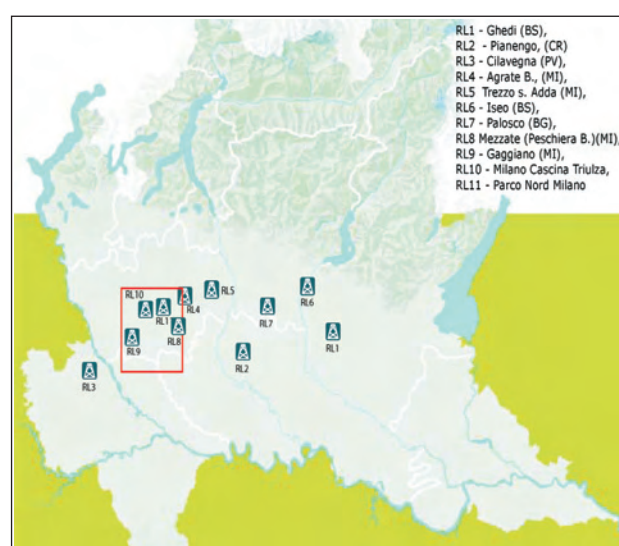


Fig. 2 – Sondaggi geognostici profondi realizzati in Regione Lombardia (in rosso, il Foglio 118 Milano).  
– Deep cores realized in Lombardy within the CARG Project (in the red, the 118 Milano sheet).



stato utilizzato un applicativo appositamente realizzato in ambiente GIS (URCA) che, leggendo la Banca Dati Geologici di Sottosuolo, costruisce le colonne stratigrafiche, le mette in sezione e consente di tracciare le linee di correlazione tra le indagini, trasportandole su ulteriori sezioni che si incrocino.

Solo con questa metodologia è stato possibile considerare tutti i dati disponibili nell'area, che non sono selezionabili a priori in funzione di una loro presunta maggiore o minore attendibilità. Al termine di questo lavoro, che è comunque caratterizzato da un'elevata interattività e richiede la continua interpretazione da parte del geologo, si è ottenuta una fitta griglia di sezioni geologiche, in cui sono distinte le tre principali unità stratigrafiche, delimitate dalle due superfici di discontinuità sopracitate e corrispondenti, in attesa di una denominazione più adeguata e valida a livello di bacino Padano, ai tre Gruppi Acquiferi A, B e C di cui allo studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia". Localmente sono state tracciate anche superfici di discontinuità stratigra-

fica di rango inferiore, che tuttavia non sono estendibili ad aree significative, sia per mancanza di sufficiente riscontro nei dati disponibili, sia probabilmente per il loro limitato significato alla scala del Foglio.

Parallelamente all'interpretazione stratigrafica, e proprio per verificare la possibile integrazione tra questo nuovo approccio e quello più tradizionale, consolidato nella scuola idrogeologica milanese, si è proceduto, a partire dalla medesima Base Dati, all'aggiornamento del modello idrogeologico dell'area. Tale modello si basava su due unità idrogeologiche principali, "Acquifero tradizionale" e "Acquiferi profondi" (MARTINIS & MAZZARELLA, 1971), la prima delle quali è stata successivamente suddivisa in due sottounità informali, "I Acquifero" e "II Acquifero" (FRANCANI & POZZI, 1981), a loro volta integrate con una suddivisione litologica rappresentata dalle "Unità ghiaioso-sabbiosa", "Unità ghiaioso-sabbioso-limosa" ed "Unità a conglomerati e arenarie basali" (AVANZINI *et alii*, 1995).

Fig. 3 – Maschera di inserimento dati nella Banca Dati Geologici di Sottosuolo della Regione Lombardia.  
- Regione Lombardia data-entry mask for subsurface core coding.

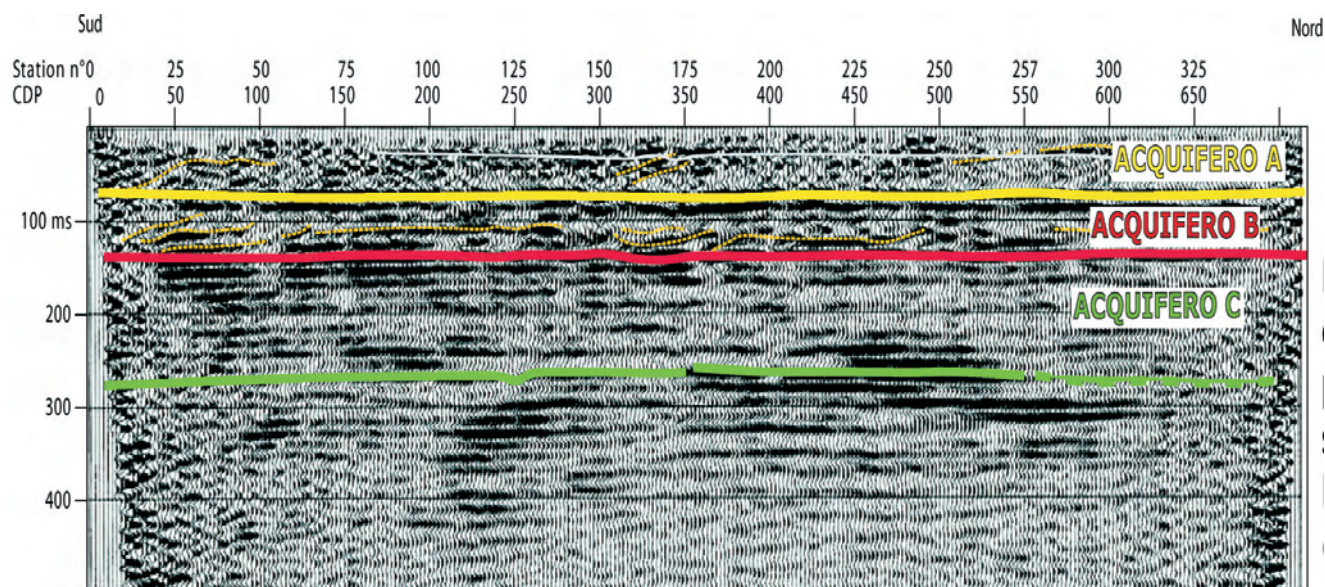


Fig. 4 – Sezione sismica ad alta risoluzione "Bosco in Città", Milano.  
- High resolution seismic section, Milano "Bosco in Città".

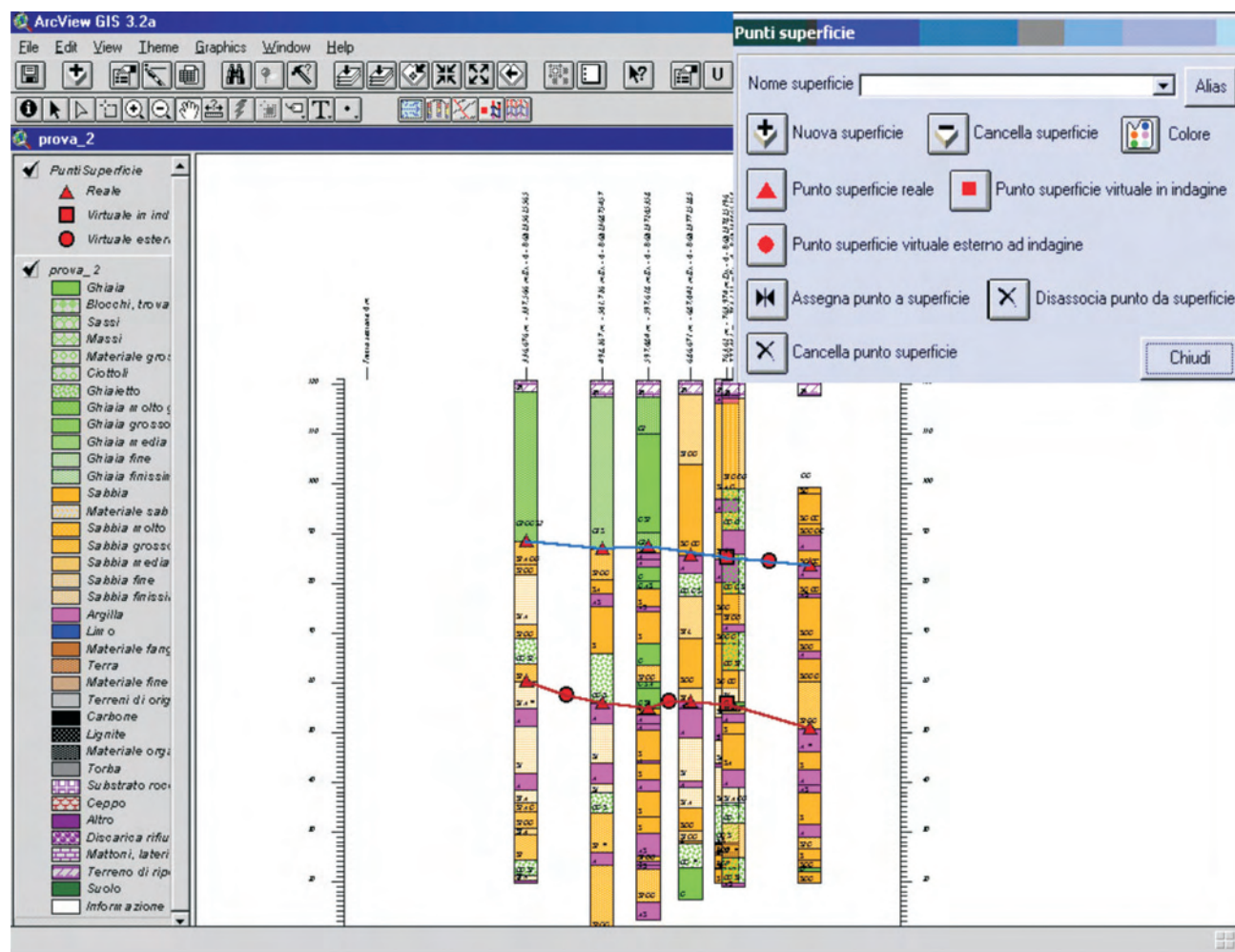


Fig. 5 – Finestra di visualizzazione e di editing sezioni geologiche (Applicativo URCA – GIS, Regione Lombardia).  
- Visualisation and editing view, GIS "URCA" application.



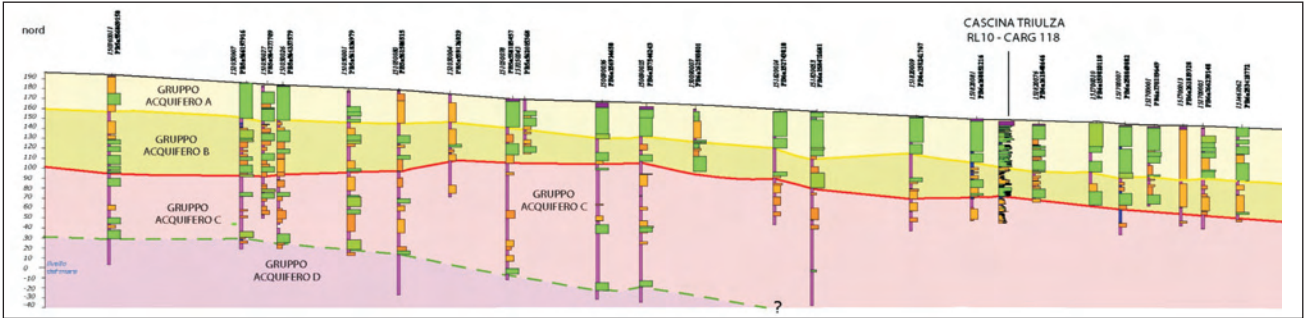


Fig. 6 – Esempio di sezione idrostratigrafica preliminare realizzata per il Foglio 118 Milano.  
- Example of an hydrostratigraphic preliminary section in the 118 Milano sheet.

La verifica e l'aggiornamento delle sezioni idrogeologiche prodotte nell'area milanese per diversi studi applicativi realizzati nell'ultimo decennio e il loro confronto con l'interpretazione stratigrafica precedentemente descritta, ha portato a verificare l'ottima corrispondenza tra la superficie di base del Gruppo Acquifero B e la base del II Acquifero (fig. 7), mentre più difficile

risulta trovare la corrispondenza tra la base del Gruppo Acquifero A e la superficie di separazione tra I e II Acquifero. Mentre, infatti, la prima superficie rappresenta la risposta ad una importante variazione climatica, che cambia completamente le condizioni di erosione e di sedimentazione nell'intero bacino padano, la seconda superficie (riferibile a circa 450.000 anni B.P.) è verosi-

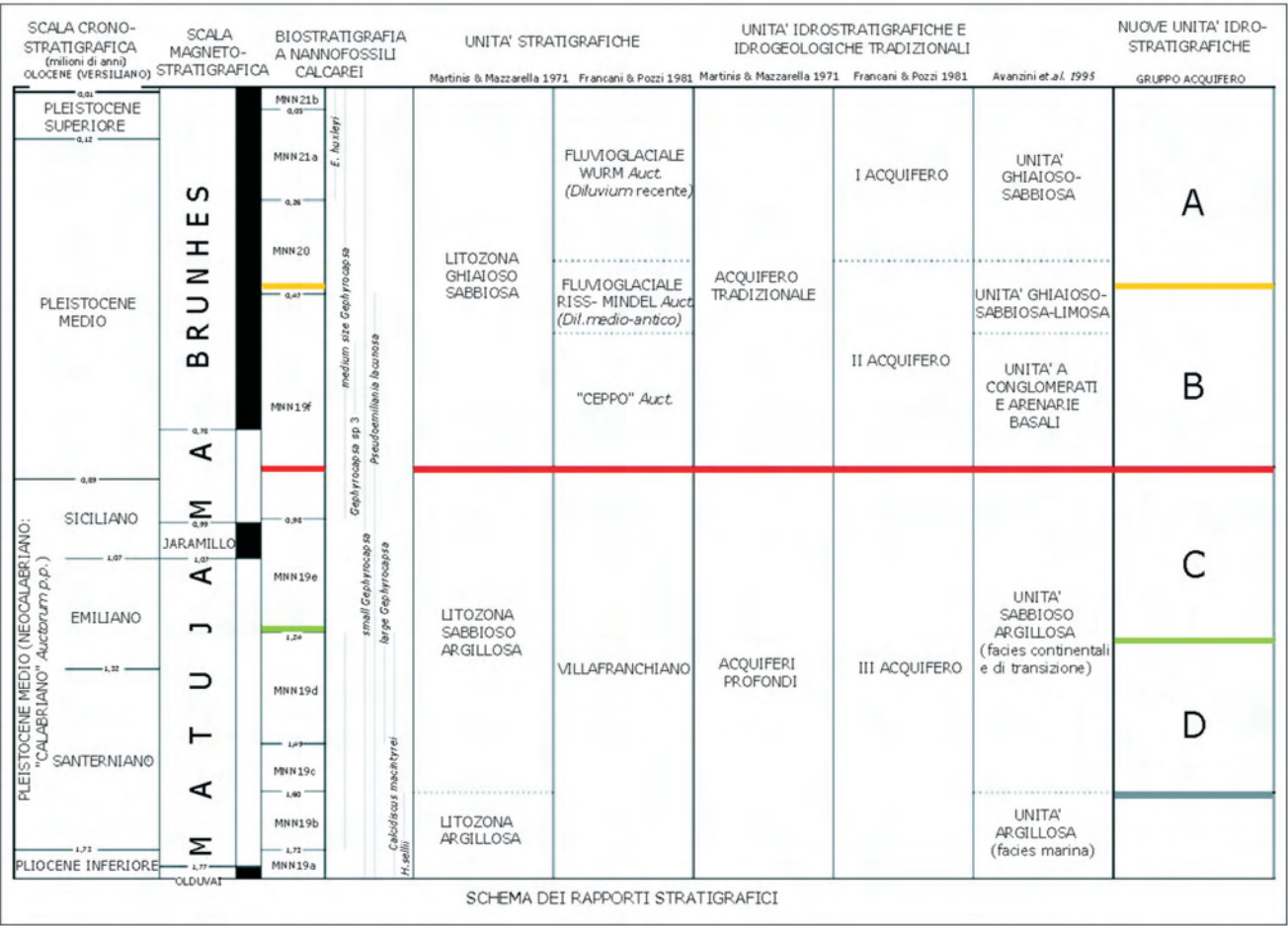


Fig. 7 – Tavola sinottica delle unità di sottosuolo dell'area milanese (mod. da Regione Lombardia, ENI – AGIP, 2002).  
- Hydrogeological and stratigraphic units comparison (modified from Regione Lombardia, ENI – AGIP, 2002).



milmente la risposta ad un evento tettonico, che può avere avuto effetti diversi nei diversi settori del bacino.

Inoltre, la granulometria generalmente più grossolana dei sedimenti che caratterizzano il Gruppo Acquifero A e il loro ambiente deposizionale - schiettamente fluviale in questo particolare settore del bacino e caratterizzato quindi da superfici di erosione a geometria complessa - rendono difficoltoso distinguere i diversi corpi geologici in sottosuolo ed aumentano quindi i gradi di libertà nell'interpretazione. Da rilevare, infine, che anche il significato idrogeologico di questa superficie è, almeno nell'area del Foglio 118 Milano, piuttosto limitato, in quanto gli acquiferi appartenenti al I e al II Acquifero sono spesso intercomunicanti.

Dall'interpolazione delle tracce di queste due superfici nella griglia di sezioni geologiche studiate, sono state infine derivate le relative mappe delle isobate (fig. 8), utili per definire la geometria degli acquiferi nell'impostazione di modelli matematici per la gestione delle risorse idriche.

## BIBLIOGRAFIA

- REGIONE EMILIA-ROMAGNA, ENI-AGIP (1998) – *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. DI DIO, S.EL.CA. (Firenze), p. 120.
- REGIONE LOMBARDIA, ENI-AGIP (2002) – *Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*. A cura di C. CARCANO & A. PICCIN, S.EL.CA. (Firenze).
- MUTTONI G., CARCANO C., GARZANTI E., GHIEMI M., PICCIN A., PINI R., ROGLEDI S. & SCIUNNACH D. (2003) – *Onset of major Pleistocene glaciations in the Alps*. *Geology* 31, 989–992.
- SCARDIA G., MUTTONI G. & SCIUNNACH D. (2006) – *Subsurface magnetostratigraphy of Pleistocene sediments from the Po Plain (Italy): Constraints on rates of sedimentation and rock uplift*. *GSA Bulletin* 118, no. 11-12, p. 1299-1312.
- BERETTA G.P., FRANCANI V. & SCESI L. (1983) - *Struttura idrogeologica della Provincia di Milano*. In: A. CAVALLIN, V. FRANCANI & S. MAZZARELLA: “*Studio idrogeologico della pianura compresa tra Adda e Ticino*”. Costruzioni n. 326-327, Milano.
- AVANZINI M., BERETTA G., FRANCANI V. & NESPOLI M. (1995) - *Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano*. CAP MILANO (Consorzio per l'Acqua Potabile).
- FRANCANI V. & POZZI R. (1981) – *Condizioni di alimentazione delle riserve idriche del territorio milanese*. *La Rivista della Strada*, L 303, Milano.
- MARTINIS B. & MAZZARELLA S. (1971) – *Prima ricerca idrica profonda nella pianura lombarda*. *Mem. Ist. Geol. e Min.* Univ. Padova, 28, Padova.

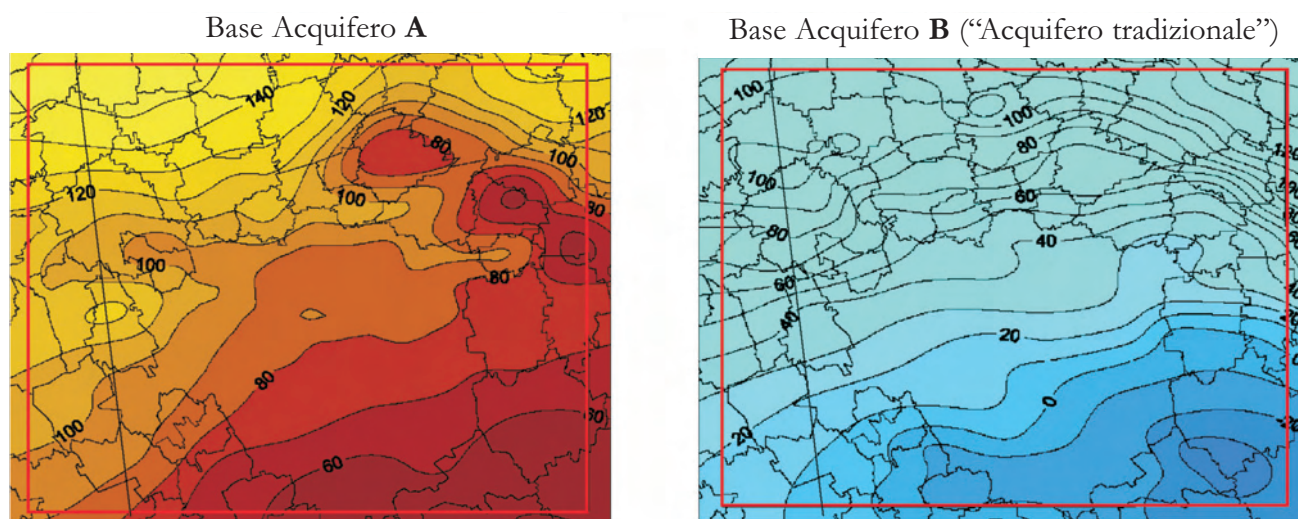


Fig. 8 – Mappe delle isobate delle superfici di base Gruppi Acquiferi A e B relative al Foglio 118 Milano (valori in m s.l.m.).  
- *Aquifer Groups A and B base surfaces isobaths maps for the 118 Milano sheet (values in m a.s.l.).*

## Modellazione geologica 3D: nuovi strumenti di rappresentazione e analisi dei dati e delle strutture geologiche

*3D geological modelling:  
new tools to represent and to analyse geological data and structures*

D'AMBROGI C. (\*)

**ABSTRACT** – Since 2000, the Geological Survey of Italy (SGI) has enriched its activities of geological data collection and mapping promoting projects aimed at the use of 3D geological modelling to represent and analyse surface and subsurface data available in its databases.

The first achievement of these projects is the full integration, in a 3D environment, of digital primary geological observations from field survey addressing several of the existing limitations that are inherent in traditional bi-dimensional methods of map production and publishing.

Detailed geological 3D models have been built using surface and subsurface data organized in accordance with the CARG database to test its full applicability for the creation of three dimensional geologically coherent structures. The 3D models correspond to a whole geological sheet (600 km<sup>2</sup>) or part of it, ranging different geological domains, from the Apenninic fold and thrust belt to the alluvial plain of the Tevere River. Different final applicative purposes characterize each 3D model (ARANEO *et alii*, 2004; BORRACCINI *et alii*, 2004; D'AMBROGI & DOGLIONI, 2008; D'AMBROGI *et alii*, 2006; D'AMBROGI & RICCI, 2008; MARINO *et alii*, 2005).

In the last two years the SGI has increased his effort in 3D modeling and visualization combining different types of multi-scale georeferenced data, available for the entire Italian territory, into a single 3D environment, available also on the WEB (D'AMBROGI *et alii*, 2008).

**PAROLE CHIAVE:** dati geologici, geometrie del sottosuolo, modellazione tridimensionale.

**KEY WORDS:** Geological data, subsurface geometry, three-dimensional modelling.

### 1. – 2D VS. 3D

I dati geologici sono tipicamente qualificati dall'essere tridimensionali, multi-z e multi-scala (JONES *et alii*, 2009).

Queste tre caratteristiche essenziali, anche se non necessariamente coesistenti, costituiscono un punto di forza delle elaborazioni geologiche che dai dati traggono origine; esse dovrebbero essere infatti il risultato della completa integrazione delle diverse componenti spaziali che concorrono alla definizione delle strutture geologiche di un'area.

Al tempo stesso, tuttavia, tali caratteristiche risultano essere un punto di debolezza delle normali elaborazioni geologiche in quanto molti dei più diffusi strumenti di analisi e rappresentazione attualmente in uso riescono a gestire solo parzialmente la terza dimensione, tipica dei dati geologici, determinando di fatto una perdita di informazione.

La carta geologica rappresenta l'esempio più chiaro della coesistenza di queste due componenti: sintesi ideale e potente delle conoscenze geologiche di una determinata area ma, al contempo, strumento limitante alla diffusione dei dati utilizzati per la definizione di quelle conoscenze.

I dati geologici che concorrono alla costruzione

(\*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia/Servizio CARG, Geologia e Geomorfologia

ne di una carta geologica sono tipicamente dati di superficie, derivanti dal rilevamento geologico (limiti stratigrafici, elementi strutturali, giaciture, ecc.), e, generalmente in numero più limitato, dati di sottosuolo (stratigrafie di sondaggio, linee sismiche, prospezioni geofisiche, ecc.).

L'integrazione e l'interpretazione delle informazioni provenienti da questi dati, tridimensionali e multi-z, portano alla definizione di un modello tridimensionale di comprensione della realtà geologica. Tale modello viene forzatamente sintetizzato attraverso la rappresentazione cartografica, per sua natura bidimensionale; solo una parte dei dati raccolti ed elaborati trova uno spazio di rappresentazione esplicito nel campo carta o nelle sezioni a cornice di questa, determinando così una perdita di informazione.

La modellazione geologica tridimensionale rappresenta un mezzo efficace per superare questi limiti e fornisce uno strumento per una gestione integrata di dati multi-z e multi-scala garantendone un ottimale utilizzo. Tale strumento risulta ancora più efficace in un'epoca di crescente diffusione delle banche dati geologici.

## 2. - MODELLAZIONE 3D

La modellazione geologica 3D costituisce uno strumento di sintesi dei dati e delle conoscenze geologiche in grado di favorire la comprensione della realtà geologica, attraverso una migliore e più efficace rappresentazione delle strutture, nonché di garantire una più completa analisi dei fenomeni. Queste due caratteristiche rendono la modellazione tridimensionale una base di partenza fondamentale per molte delle elaborazioni e delle applicazioni che dai dati geologici traggono origine.

I modelli tridimensionali, ottenuti grazie a specifici *software*, sono il risultato della combinazione di quattro elementi:

- la disponibilità di dati, sia in termini di quantità che di qualità;
- l'interpretazione dei dati, frutto delle conoscenze dello specialista;
- la semplificazione, a partire da una realtà per sua natura complessa;
- i metodi di modellazione, scelti in funzione della tipologia di dati disponibili e dell'utilizzo previsto per il modello.

### 2.1. - DATI E FASI DI LAVORO

L'utilizzo degli strumenti di modellazione geologica tridimensionale è reso possibile grazie alla

crescente disponibilità di dati geologici informatizzati e organizzati in specifiche banche dati.

Il Servizio Geologico d'Italia, parallelamente alla realizzazione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, attua la costruzione della Banca dati CARG alla scala 1:25.000. Tale banca dati contiene elementi indispensabili, soprattutto in termini di vincoli geometrici, per la costruzione di modelli geologici 3D.

Al fine di testare le potenzialità di utilizzo della Banca dati CARG (SGN, 1997) e di sperimentare nuove tecniche di rappresentazione e sfruttamento dei dati (CARTA *et alii*, 2008), è stata avviata dal Servizio Geologico d'Italia, a partire dal 2000, un'attività di ricerca nel campo della modellazione tridimensionale che ha portato alla realizzazione di modelli 3D caratterizzati da: i) disponibilità e utilizzo di diversi tipi di dati geologici, ii) diversa estensione areale e profondità raggiunta, iii) contesti geologici caratterizzati da differente grado di complessità, iv) diversi campi di applicazione (ARANEO *et alii*, 2004; BORRACCINI *et alii*, 2004; D'AMBROGI & DOGLIONI, 2008; D'AMBROGI *et alii*, 2006; D'AMBROGI & RICCI, 2008; MARINO *et alii*, 2005).

### 2.2. - ESEMPI

In tabella 1 vengono sinteticamente riportati gli elementi caratterizzanti, in termini di "estensione" spaziale e di tipologia di dati utilizzati, i modelli geologici 3D prodotti.

Bisogna sottolineare che, oltre alle applicazioni finali possibili per ciascun modello, l'utilizzo di software di modellazione geologica tridimensionale consente di effettuare, in fase di elaborazione, verifiche di congruenza spaziale e geometrica dei dati (es.: controllo sugli spessori, corrispondenza tra domini di giaciture e andamento dei limiti) nonché di ottimizzare l'utilizzo dei dati di sottosuolo grazie alla possibilità di visualizzare in un unico spazio tridimensionale stratigrafie di sondaggio, sezioni geologiche, isobate e interpretazioni già prodotte in altri ambienti (es.: GIS), o su supporti cartacei.

Tale modalità di lavoro consente di ottenere la massima integrazione tra dati e interpretazioni e la costante verifica, ed eventuale correzione, delle stesse (D'AMBROGI & RICCI, 2008).

Nell'ambito delle attività di sperimentazione sulla modellazione geologica 3D è stato anche avviato un progetto di ricostruzione di superfici geologiche significative a scala nazionale (base dei depositi pliocenici, Moho adriatica, Moho europea-tirrenica, base della litosfera) e di visualizzazione di dati disponibili alla stessa scala



Tab. 1 - *Sintesi delle principali caratteristiche dei modelli 3D prodotti.*  
 - Summary of the main characteristics of the 3D models.

Modelli 3D	Ambiente e/o Dominio geologico	Area (km <sup>2</sup> )	Prof. (m)	Dati in input		Finalità e/o utilizzo
				superficie	sottosuolo	
Fossombrone	Appennino settentrionale	600	3500	Dati di terreno (1:10.000)	Sezioni geologiche Sondaggi Profili sismici	Rappresentazione 3D intero Foglio 1:50.000
Firenze	Piana alluvionale	25	100		Sezioni geologiche Sondaggi Isobate del bedrock	Analisi volumi e geometrie
Polino	Appennino centrale	18	400	Dati di terreno (1:10.000)		Evoluzione paleogeografica
Cimini	Area vulcanica	250	3000	Dati di terreno (1:10.000)	Sondaggi L. 464/84 Isobate del bedrock	Analisi complessi idrogeologici
Fiumicino	Piana alluvionale	80	100	Dati di terreno (1:10.000)	Sondaggi	Rappresentazione 3D Foglio di sottosuolo
Vette Feltrine	Sudalpino	300	2500	Dati di terreno (1:10.000) Giaciture	Sezioni geologiche	Rerodeformazione e rappresentazione delle strutture

(Catalogo della Sismicità Italiana CSI 1981-2002, stratigrafie dei sondaggi profondi per la ricerca di idrocarburi, immagini delle linee sismiche del Progetto CROP) (fig. 1).

Dati e elaborazioni sono, parzialmente, disponibili sul Web:

[http://serviziogeologico.apat.it/modelli3d/index/3d\\_web.htm](http://serviziogeologico.apat.it/modelli3d/index/3d_web.htm).

### 3. - CONCLUSIONI

L'attività di sperimentazione sulla modellazione geologica 3D ha evidenziato il ruolo di supporto che tale strumento può fornire sia in termini di migliore e più completo utilizzo dei dati, che di possibilità di analisi degli stessi. Gli strumenti di modellazione 3D consentono infatti di: i) otte-

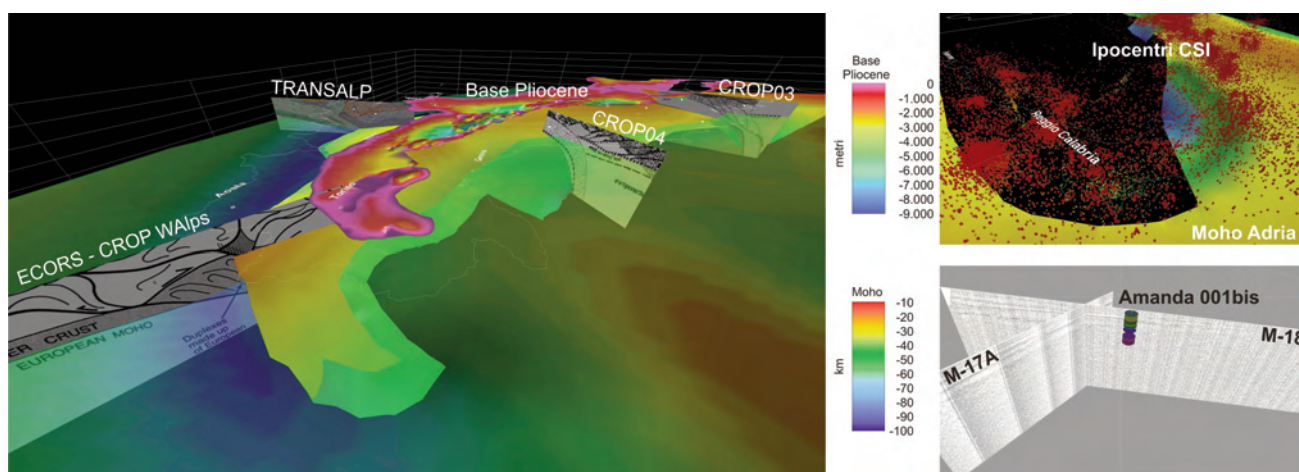


Fig. 1 - Superfici 3D a scala nazionale: a) in colore pieno, dal giallo al verde, superficie Moho adriatica, la superficie a triangoli corrisponde alla Moho europea-tirrenica. Sono visibili sezioni geologiche interpretate dal Progetto CROP; b) superfici rappresentative della Moho e distribuzione degli ipocentri dei terremoti da CSI; c) immagini di linee sismiche del Progetto CROP e stratigrafia di un sondaggio profondo.

- 3D surfaces available for the entire Italian territory: a) the opaque surface from yellow to blue is the Adriatic Moho, the wireframe surface corresponds to European-Tyrrhenian Moho. Three interpreted seismic profiles from CROP Project are partially visible; b) Moho surfaces (Adriatic and European-Tyrrhenian) with distribution of earthquake ipocentres from CSI; c) seismic lines from CROP Project with representation of chronostratigraphic data in Amanda 001 bis deep well.

nere la massima integrazione dei dati, anche attraverso l'osservazione diretta delle loro relazioni spaziali, ii) verificare le interpretazioni, iii) ricostruire corpi geologici e valutarne spessori e volumi, con evidenti e importanti ricadute applicative, iv) modificare velocemente e in modo interattivo le ricostruzioni esistenti a seguito dell'acquisizione di nuovi dati.

## BIBLIOGRAFIA

- ARANEO F., COMERCI V., D'AMBROGI C., FANTOZZI L., PANTALONI M., SERVA L., TRAVERSA F. & VITTORI E. (2004) – *3D geological model of the Florence new underground railway station area*. 32<sup>nd</sup> Int. Geol. Congr., Abs. **1**, abs. 47-16, 234.
- BORRACINI F., DE DONATIS M., D'AMBROGI C. & PANTALONI M. (2004) – *Il Foglio 280 – Fossombrone 3D: un progetto pilota per la cartografia geologica nazionale alla scala 1:50.000 in tre dimensioni*. Boll. Soc. Geol. It., **122**: 319-331.
- CARTA R., D'AMBROGI C. & LETTIERI M. (2008) – *From the C.ARG Project (Geological Map of Italy – 1:50,000 scale) to 3D geological modeling: collection and dissemination of multi-scale geological data in Italy*. EAGE.
- D'AMBROGI C. & DOGLIONI C. (2008) – *Struttura delle Vette Feltrine*. Rendiconti online Soc. Geol. It.
- D'AMBROGI C., PANTALONI M., BORRACINI F. & DE DONATIS M. (2006) – *3D geological model of the sheet 280 Fossombrone (Northern Apennines) - Geological Map of Italy 1:50,000*. In: G. PASQUARÈ, C. VENTURINI & G. GROPELLI (Eds.), Atlas “Mapping geological in Italy”. APAT: 193-198, S.EL.CA., Firenze.
- D'AMBROGI C. & RICCI V. (2008) – *Il Foglio 386 Fiumicino (Carta Geologica d'Italia 1:50.000): un esempio di applicazione della modellazione 3D ai fogli di aree di pianura*. Rendiconti online Soc. Geol. It., **3** (1): 284-285.
- JONES R.R., MCCAFFREY K.J.W., CLEGG P., WILSON R.W., HOLLIMAN N.S., HOLDSWORTH R.E., IMBER J. & WAGGOTT S. (2009) – *Integration of regional to outcrop digital data: 3D visualisation of multi-scale geological models*. Computers & Geosciences, **35** (1): 4-18.
- MARINO M., PETTI F. M. & D'AMBROGI C. (2005) – *Jurassic evolution and 3D topographic setting of the Polino area (Terni, Central Apennines)*. 5° Forum FIST, September 19/22, Spoleto. Epitome, **1**: 81.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1997) – *Carta Geologica d'Italia 1:50.000 – Banca dati geologici – Linee guida per l'informaticizzazione e l'allestimento per la stampa della banca dati*. Quaderni del Servizio Geologico Nazionale, Serie III, **6**, IPZS, Roma.

## Il contributo dell'interferometria PS-InSAR<sup>TM</sup> satellitare nella valutazione della mobilità tettonica in Piemonte

*Analysis of interferometry data (PS-InSAR<sup>TM</sup>)  
to analyze the tectonic mobility in Piemonte*

MORELLI M. (\*), MALLIN L. (\*), NICOLÒ G. (\*),  
PIANA F. (\* \*), FIORASO G. (\* \*)

**ABSTRACT** – The SAR interferometer technique allows detecting small movements of the ground surface. One of the most effective is the Permanent Scatters (PS-InSAR) technique proposed by FERRETTI *et alii*, 2001. The PS are points on the ground (buildings, rocks, etc.) that show high long-term phase coherence, as well as strong and stable backscatter level through time. Since PS do not change their signature with time, they can be used to estimate the sub-vertical motion of the ground, within the range of millimetre motions/year (fraction of the 5.6 cm-wavelength). PS velocity values are relative to a chosen reference point that is assumed to be stable.

Thirty-eight ERS1/2 SAR descending scenes, taken from 1992 to 2000, allow detecting over 2 million PS with a variable distribution density. This large data set required geostatistical and spatial cluster analysis (Hot Spot Analysis) that allowed generating maps of iso-kinematic domains to be compared with the present knowledge of Western Alps tectonic mobility.

The boundaries of the detected iso-kinematic domains can be very narrow (less than one km) or large (tens of kms), while the area size ranges from tens to some square kms.

The geometry of the boundaries can be very straight or curvilinear. Different geological meanings can be inferred for these boundaries, depending on their geometry and

velocity gradient observed across them. The boundaries could coincide with known, buried, concealed or inferred active faults, or could represent hinge areas between different uplifting or subsiding areas. Furthermore, iso-kinematic domains can be bounded by significant velocity variations induced by landslides or deep-seated gravitational deformations alignment. In some cases, the boundaries could also be simply determined by the effects of local anomalies in the PS statistical distribution.

These different boundary-types were recognized in several sectors of Western Alps and adjoining alluvial basins (Argentera, Monferrato, Gran Paradiso tectonic units) where normal, thrust and strike-slip faulting are presently active with moderate/low seismicity, and as complex local responses to the ongoing Europe-Adria convergence. The PS data revealed differential uplift or subsidence of large areas, probably controlled by km-scale gentle flexures, precisely located individual faults, not precisely located fault systems, gravitational instability or local human effects.

**PAROLE CHIAVE:** interferometria, faglie, scatteratori permanenti, statistica Hot Spot, geostatistica, tettonica attiva.

**KEY WORDS:** Active tectonics, faults, interferometry, permanent scatterers, Hot Spot statistic, geostatistic.

(\*) Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche, ARPA Piemonte, Torino.

(\*\*) CNR Istituto di Geoscienze e Georisorse, Unità Operativa di Torino.



## 1. – INTRODUZIONE

Le tecniche di interferometria radar satellitare hanno la capacità di identificare piccoli movimenti della superficie terrestre. Differenti metodi di elaborazione interferometrica sono attualmente utilizzati; uno dei più promettenti è il metodo dei *Permanent Scatters* (PS) proposto da FERRETTI *et alii*, 2001 (PS-InSAR<sup>TM</sup>). Questo metodo consiste nel riconoscimento su immagini radar dei satelliti ERS-1 e ERS-2 SAR di singoli punti di riferimento (PS) da utilizzare per le misure di deformazione. I PS sono punti che mantengono la stessa “firma elettromagnetica” in tutte le immagini utilizzate al variare della geometria di acquisizione e delle condizioni climatiche, preservano quindi l’informazione di fase nel tempo. Questi corrispondono solitamente a strutture di origine antropica e riflettori naturali (palazzi, dighe, antenne, affioramenti rocciosi ecc.) che mostrano una fase interferometrica stabile nel tempo.

Questo metodo ha la capacità di identificare piccole deformazioni della superficie terrestre con accuratezza elevata (velocità media di un PS fino a 0,1 mm/anno). Tutti i dati di velocità sono tuttavia relativi ad un punto assunto come stabile preso dal set di PS estratti dall’insieme delle immagini impiegate, mentre i movimenti sono misurati lungo la congiungente satellite–bersaglio radar che nel caso dei sensori ERS è quasi verticale ( $\sim 23^\circ$ ).

Il Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche dell’Arpa Piemonte ha sviluppato in questi ultimi anni particolare interesse alle risultanze di applicazioni interferometriche con tecniche PS nell’ambito dei monitoraggi dei movimenti franosi e studi di tettonica attiva per tutto il territorio piemontese. Un territorio che comprende diversi ambienti geologicamente molto complessi e tra loro giustapposti, caratterizzati da storia evolutiva esplicatesi a diversi livelli crostali:

- la catena alpina, costituita da una pila di unità tettono-metamorfiche dislocate da complessi sistemi di faglie;
- la terminazione nord occidentale della catena appenninica, costituita da unità tettono-stratigrafiche poste a tetto dei sovrascorrimenti basali padani.

I rapporti di giustapposizione tra le due catene sono parzialmente mascherati da depositi plio-pleistocenici del Bacino Terziario Piemontese e dell’avanfossa padana.

Per questo lavoro sono stati elaborati 614 immagini SAR nel periodo 1992 – 2001 che hanno permesso di individuare più di 2.000.000 PS. Questa mole di dati, contraddistinta da densità di distribuzione assai variabile sul territorio, è stata analizzata attraverso tecniche di analisi geo-

statistiche e di analisi cluster che hanno coniugato sia la statistica di tipo tradizionale, sia l’informazione spaziale. L’applicazione di tali tecniche è stata rivolta a:

- 1) caratterizzare il fenomeno in termini di autocorrelazione spaziale dei valori di velocità;
- 2) generare carte di domini isocinematici;
- 3) individuare zone di transizione tra domini isocinematici, da confrontare con l’assetto tettonico del territorio piemontese.

## 2. - ANALISI GEOSTATISTICHE ED ANALISI CLUSTER

Per la generazione delle carte delle isocinematiche si è preferito un approccio geostatistico. Nello specifico è stato utilizzato come interpolatore l’*Ordinary Kriging* che, rispetto ai tradizionali interpolatori deterministici, ha il vantaggio di stimare la variabile mediante un modello interpretativo del fenomeno basato sull’analisi dei valori di semivarianza per valori crescenti della distanza. Il risultato è stato la copertura del territorio piemontese di carte isocinematiche espresse in velocità (mm/anno) rispetto al punto di riferimento proprio di ogni scena.

Al fine inoltre di complementare i risultati ottenuti dalla geostatistica e per rispondere alla necessità di individuare i limiti tra aree a comportamento omogeneo a scala regionale è stata realizzata un’analisi cluster, calcolando per ogni PS il valore dell’indice  $G_i^*(d)$  (ORD J.K. & GETIS A., 1995). L’indice  $G_i^*(d)$  è una misura della concentrazione delle somme di valori associati a una data variabile  $X$  spazialmente distribuita [1]. Nella sua formulazione più recente è espresso in termini di Z-score, e rappresenta la differenza tra l’indice  $G_i^*(d)$  ed il suo valore atteso divisa per la deviazione *standard* [2]. Un valore alto positivo della statistica per un punto bersaglio  $i$  indica che i punti  $x_j$  contenuti nell’intorno di raggio  $d$  sono caratterizzati da alti valori di  $X$  in relazione al valore atteso.

Un valore negativo di  $Z(G_i^*)$  indica che i punti vicini mostrano valori bassi. Più alto in valore assoluto il valore di  $Z(G_i^*)$ , maggiormente significativa è l’anomalia. Concentrazioni nello spazio di valori alti, positivi o negativi, di  $Z(G_i^*)$  individuano cluster di valori anomali: si parla di punto caldo (*hot spot*) o punto freddo (*cold spot*) quando i cluster risultano rispettivamente dall’aggregazione di valori positivi o negativi e statisticamente significativi.

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j}{\sum_j x_j} \quad [1]$$

$$Z(G_j^*) = \frac{G_j^*(d) - E(G_j^*(d))}{\sqrt{\text{Var}(G_j^*(d))}} \quad [2]$$

Dove  $w_{ij}$  è un peso binario che vale 1 per distanze maggiori o uguali a  $d$  e 0 in caso contrario. Il risultato ottenuto è stato la copertura del territorio piemontese di carte delle tendenze delle velocità espresso in valori alti e bassi rispetto al valore atteso. Questo tipo di analisi ha permesso di identificare meglio le geometrie delle zone di transizione tra aree a comportamento omogeneo a scala regionale (MORELLI *et alii* 2008; MALLIN *et alii*, 2007).

### 3. - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

È stato eseguito un confronto tra le carte cinematiche prodotte dalle analisi statistiche dei PS e l'assetto tettonico di domini geologici il cui quadro strutturale è stato recentemente aggiornato sia dai rilevamenti CARG, sia da recenti lavori specialistici (Foglio 157 "Trino", PERELLO *et alii*, 2004; MORELLI & PIANA, 2006). In particolare sono stati analizzati i domini tettonici del Gran Paradiso, dell'Argentera, del Monferrato e dei bacini plio-pleistocenici adiacenti (Savigliano e Alessandria), domini in cui l'espressione di una tettonica attiva è manifestata da una bassa o moderata sismicità. Per questi domini le zone di transizione che delimitano gli areali isocinematici mostrano geometrie ad andamento lineare o/e curvi lineare a differente persistenza (da qualche chilometro a decine di chilometri). Esse sono sia molto localizzate (ampiezza d'alcune centinaia di metri quadri) con elevati gradienti di velocità, sia più estese (decine di chilometri quadri) con bassi gradienti di velocità. Il confronto tra la distribuzione spaziale e geometrica di queste zone e l'assetto tettonico dei domini analizzati evidenzia inoltre differenti tipologie di corrispondenza. Per il dominio tettonico dell'Argentera, costituito da un basamento cristallino interessato attualmente da sollevamento in regime transpressivo (PERELLO *et alii*, 2001; BAIETTO *et alii*, 2008), si osservano zone di transizione lineari caratterizzate da elevati gradienti di velocità, corrispondenti geometricamente ad alcune faglie delle quali è nota l'attuale attività di controllo sulla circolazione di fluidi idrotermali (fig. 1). Si osservano inoltre zone di transizione, non corrispondenti a strutture tettoniche note, che potrebbero invece corrispondere a strutture sepolte. Per i domini del Monferrato e dei bacini plio-pleistocenici si osser-

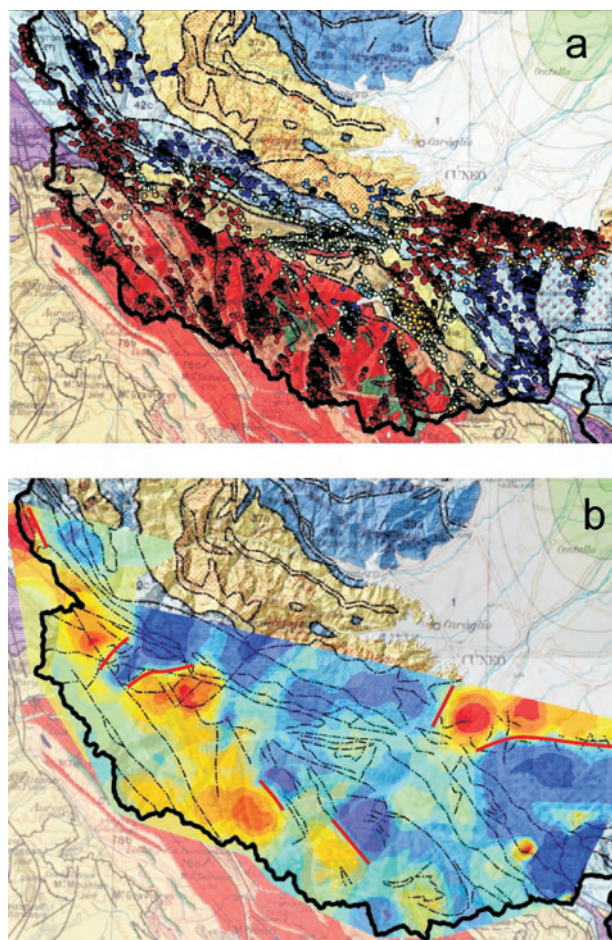


Fig. 1 – Dominio tettonico dell'Argentera; a) risultato *Hot Spot* : i punti rossi ed i punti blu sono i PS con valori rispettivamente alti e bassi rispetto al valore atteso; b) risultato della geostatistica; in rosso e in blu sono rappresentate le aree con valori di velocità rispettivamente alti e bassi. Linee rosse: zone di transizione tra aree isocinematiche; le linee a tratto nero: strutture tettoniche.

– Argentera tectonic domain; a) *Hot Spot* results: red and blue points represent respectively high and low velocity values in relation to the expected value; b) geo-statistical results; red and blue area represent respectively high and low velocity PS values. Red lines are the boundaries between sectors showing homogeneous kinematic behaviour; dashed lines represent tectonic structures.

va invece un'evidente corrispondenza geometrica tra i settori in sollevamento e in subsidenza alla scala dei tempi geologici, con gli areali isocinematici PS-InSAR. In particolare, i valori cinematici alti rispetto al valore atteso corrispondono ai settori in sollevamento geologico, mentre i valori bassi corrispondono ai settori in subsidenza. In questi domini le zone di transizione tra settori isocinematici sono a gradiente basso, indicando probabili effetti di flessurazione regionale (fig. 2).

Infine, anche per il dominio tettonico del Gran Paradiso, che costituisce un duomo gneissico-eclogitico in costante esumazione alla scala dei tempi geologici (velocità di 0.6 mm/anno negli ultimi 20 Ma), si osserva congruenza con il dato PS che evidenzia un generale sollevamento, ripartito in settori a diversa velocità, separati da zone



di transizione parallele alle strutture tettoniche conosciute. Tale corrispondenza non è necessariamente legata ad attività recente delle strutture tettoniche, ma può essere dovuta ad un controllo passivo di quest'ultime sulla cinematica dei fenomeni gravitativi profondi lungo i versanti.

In conclusione, l'analisi statistica dei PS-InSAR ha permesso di identificare aree isocinematiche e di classificare diverse tipologie di zone di transizione (fig. 3). Da un primo confronto tra le carte cinematiche prodotte e i modelli geologici esistenti in letteratura, si evidenzia una distribuzione di settori in sollevamento e in abbassamento separati da zone di transizione corrispondenti a diverse tipologie strutturali:

i) faglie conosciute o sepolte o non note; ii) settori caratterizzati da effetti flessurali tra aree in subsidenza e in sollevamento, iii) allineamenti di fenomeni gravitativi profondi sui versanti.

In senso più generale, la mobilità crostale superficiale indicata dal dato PS-InSAR, solo parzialmente congruente con i modelli di evoluzione geologica recente, fornisce nuovi vincoli per il miglioramento o la revisione dei modelli disponibili.

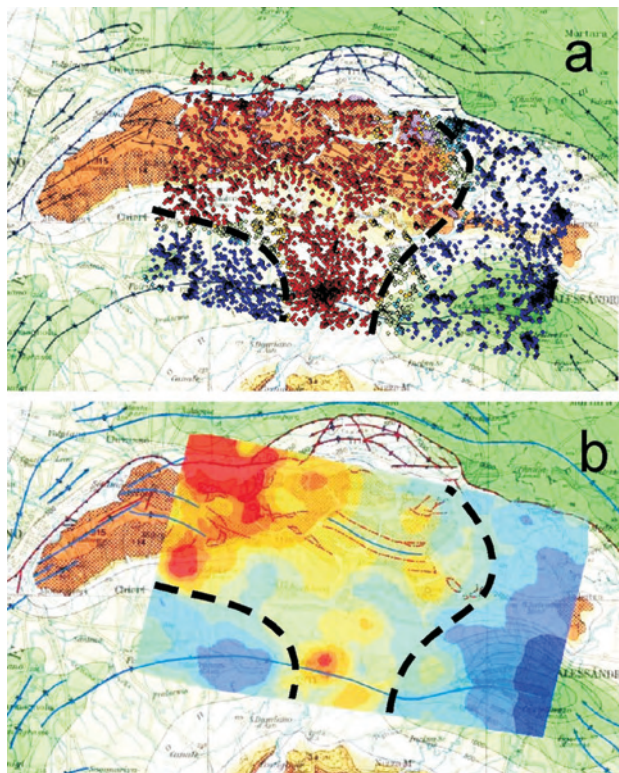


Fig. 2 – Domini del Monferrato e dei Bacini di Savigliano e di Alessandria. a) risultato *Hot Spot*: i punti rossi ed i punti blu sono i PS con valori rispettivamente alti e bassi rispetto al valore atteso; b) risultato della geostatistica; le aree in rosso e in blu rappresentano valori di velocità rispettivamente alti e bassi. Linee nere tratteggiate: zone di transizione tra aree isocinematiche. – Monferrato, Savigliano and Alessandria tectonic domains; a) *Hot Spot* results: red and blue points represent respectively high and low PS velocity values in relation to the expected value; b) geo-statistical results; red and blue area represent respectively high and low velocity values. Dashed black lines are the boundaries between sectors showing homogeneous kinematic behaviour.

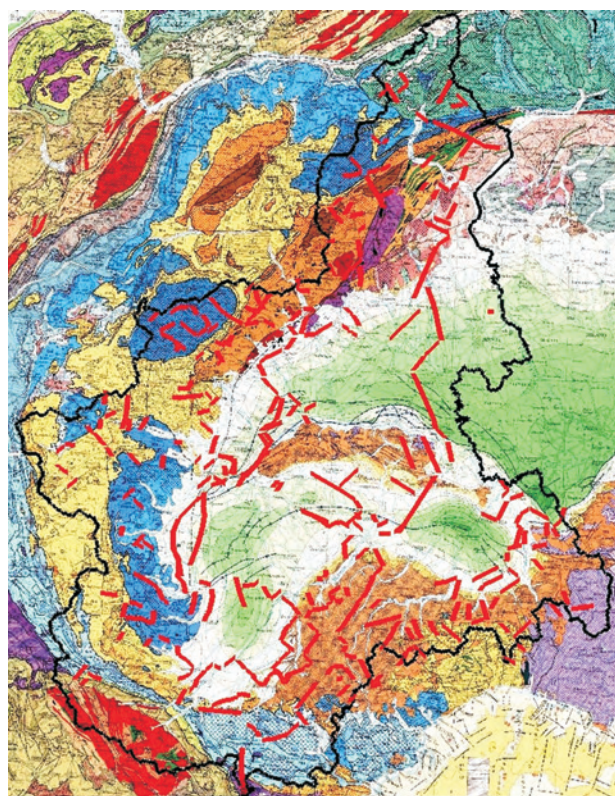


Fig. 3 – Le linee rosse indicano la localizzazione delle zone di transizione delle aree isocinematiche individuate.

– Red line shown the transition zone between iso-kinematic homogeneous areas. In black is the administrative boundary.

## BIBLIOGRAFIA

- FERRETTI A., PRATI C. & ROCCA F. (2001) – “Permanent scatterers in SAR interferometry”, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39, 1: 8-20.
- MALLÉN L., MORELLI M. & NICOLÒ G. (2007) - *Primi risultati della sperimentazione di tecniche di analisi statistica in contesto spaziale dei PS-InSAR<sup>TM</sup> per studi neotettonici*. Atti 11<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA, 1451-1456.
- MORELLI M., MALLÉN L. & NICOLÒ G. (2008) - *Primi risultati dell'applicazione della tecnica interferometrica dei PS-InSAR<sup>TM</sup> per studi neotettonici nell'area di «giunzione Alpi-Appennini (Piemonte centro-meridionale)*. *Rend. SGI*, 1, 126-128.
- ORD J.K. & GETIS A. (1995) - *Local spatial autocorrelation statistics*. *Geographical Analysis*, 27, 4: 286-306.
- BAIETTO A., CADOPPI P., MARTINOTTI G., PERELLO P., PERROCHET P. & VUATAZ F.D. (2008) - *Terme di Valdieri case (Italian western Alps) Assessment of thermal circulations in strike-slip fault systems*. Geological Society of London, Special Publications 2008; 299: 317-339.
- PERELLO P., MARINI L., MARTINOTTI G. & HUNZIKER J.C. (2001) - *The thermal circuits of the Argentera Massif (western Alps, Italy): an example of low-enthalpy geothermal resources controlled by Neogene alpine tectonics*. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 94, 75-94.
- AA.VV. (2003) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 157 Trino, APAT, Roma.
- PERELLO P., DELLE PIANE L., PIANA F., STELLA F. & DAMIANO A. (2004) - *Brittle post-metamorphic tectonics in the Gran Paradiso Massif (north-western Italian Alps)*. *Geodinamica Acta*, 17, 69-88.
- MORELLI M. & PIANA F. (2006) - *Comparison between remote sensed lineaments and geological structures in intensively cultivated hills (Monferrato and Langhe domains, NW Italy)*. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 20, 4471-4493.



## La Carta Geologica d'Italia 1:1.000.000 e *OneGeology*: tradizione e innovazione

*The Geological Map of Italy at 1:1,000,000 scale and  
OneGeology: tradition and innovation*

PANTALONI M. (\*)

**ABSTRACT** – The new 1:1,000,000 scale Geological Map of Italy realized by the Italian Geologic Survey, represents a scientific and cultural tradition since 1881, year of publication of the first edition.

Geological data used for the realization of the map derive from the national geological cartography project to the scale 1:50,000; where such data were not available information were taken from synthesis to regional scale maps or from scientific literature.

The realization of this map has been based on innovative criteria, representing the essential data for lithological and stratigraphical characterization of rocks for the reconstruction of depositional environments, and evidencing the main geodynamic events related to the Hercynian and Alpine orogenesis.

In the legend the sedimentary rocks have been organized on litho-chronostratigraphic criteria related to regional geodynamic or biological events; later these units have been grouped in depositional environments. A further grouping has been based on the belongings to a various orogenetic cycle.

The volcanic rocks have been subdivided by chemical affinities or petrogenesis; successively they have been grouped on palaeogeographic domain defined from magmatic events related to geodynamic.

Regarding intrusive rocks the main distinction is based on two categories (Alpine Cycle and “Triassic” and Hercynian Cycles) and has been based on the age of intrusion.

The metamorphic rocks have been distinguished on the age of the metamorphic event (joined to the orogenetic cycle), and further grouped on the metamorphic degree and distinct on the pressure-temperature characters.

This new map represent the contribution of the Geological Survey of Italy to the *OneGeology* international project, that has the objective to create a dynamic geological map of the World to the scale 1:1,000,000.

The 5<sup>th</sup> edition of the Geologic Map of Italy and the Geologic Map of the World at 1:1,000,000 scale introduce, at the same time, innovative concepts of cartography besides those traditional of litho- and chronostratigraphy.

Also being the 1:1,000,000 Geologic Map of Italy a historical tradition of the Geologic Survey of Italy, it represents the most up-to-date innovation.

At the same time *OneGeology* represents an important turning point in geological data sharing and in global technical-scientific cooperation, pointing to the spreading of information through Internet.

**PAROLE CHIAVE:** carta geologica d'Italia, cartografia, metodologia, *OneGeology*.

**KEY WORDS:** geological map of Italy, cartography, methodology, *OneGeology*.

### 1. – LA PRODUZIONE

La realizzazione della Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:1.000.000 rappresenta per il Servizio Geologico d'Italia una tradizione scientifica e culturale che si fa risalire alla fine dell'800. Nel 1881 infatti, sotto la direzione di Felice GIORDANO e sotto la spinta del mondo politico e di quello scientifico, la prima edizione della Carta al milione venne presentata ufficialmente al 2° Congresso Internazionale di Geologia che si tenne, quell'anno, a Bologna.

A questa fece seguito, nel 1889, una seconda edizione, aggiornata grazie a nuovi rilevamenti soprattutto nelle aree del Lazio, della Toscana,

(\*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia/Servizio CARG, Geologia e Geomorfologia

della Sicilia e delle Alpi occidentali.

Nel 1931 Vittorio NOVARESE, basandosi sulla rielaborazione dei dati prodotti dal Servizio Geologico per la produzione della prima serie della Carta Geologica d'Italia al 100.000 e sulle pubblicazioni scientifiche, produce la 3<sup>a</sup> edizione della Carta d'Italia (NOVARESE, 1931); questo prodotto differisce notevolmente dal precedente, ampliandone la legenda e rivedendo la cartografia di molte aree. Anche in questo caso la strutturazione della legenda segue comunque un ordine cronostatigrafico per le unità sedimentarie e litologico per quelle ignee e metamorfiche.

Nel 1961, sotto la direzione di Enzo BENEIO, viene prodotta la 4<sup>a</sup> edizione della Carta d'Italia al milione; in questo caso si tratta di una parziale rivisitazione dell'edizione del 1931, aggiornandone solo alcune porzioni; la stessa legenda resta pressoché identica alla precedente (fig. 1).

La realizzazione della quinta edizione della Carta al milione prende avvio nel 2002, finalizzando il suo completamento per il 32° IGC di Firenze; la mancata disponibilità della base topografica ufficiale IGMI, purtroppo, ha però costretto a rimandarne la pubblicazione al 2008 (fig. 2).

## 2. – METODOLOGIA DELL'ANALISI GEOLOGICA

I dati geologici utilizzati per la realizzazione della 5<sup>a</sup> edizione della Carta sono stati ricavati, dove possibile, dai nuovi fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, disponibili ai diversi stati di avanzamento, editi ed inediti; questi dati rappresentano il più recente e avanzato stato di conoscenza geologica del territorio italiano.

Per le aree mancanti di tale copertura cartografica sono stati elaborati i fogli della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, le Carte geologiche regionali a scala 1:250.000 e le carte, di dettaglio e di sintesi, estratte dalla letteratura scientifica recente.

### 2.1. - STRUTTURAZIONE DELLA LEGENDA

Nel lavoro di strutturazione della legenda (PANTALONI *et alii*, 2008) è stata seguita una logica che permettesse di rappresentare i dati essenziali per la caratterizzazione litologica e stratigrafica delle rocce, per la ricostruzione degli ambienti deposizionali e per evidenziare i principali eventi geodinamici legati alle varie fasi delle orogenesi ercinica ed alpina. La prima suddivisione è basata sull'origine delle rocce (sedimentarie, ignee intrusive, ignee effusive, metamorfiche). In seguito sono state effettuati accorpamenti o suddivisioni



Fig. 1 - La quarta edizione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:1.000.000.

- The fourth edition of the Geological Map of Italy 1:1,000,000 scale.

in relazione alla litologia, all'età, all'ambiente deposizionale, al ciclo orogenetico, al grado metamorfico.

Le suddivisioni solo in qualche caso sono legate alla cronostatigrafia, come invece veniva fatto in passato, mentre sono state effettuate in corrispondenza di eventi geologici di importanza regionale.

Le rocce sedimentarie sono state organizzate in base a criteri lito-cronostatigrafici legati a eventi, di natura geodinamica o biologica, sviluppati a scala regionale; in seguito le unità sono state raggruppate in ambienti paleogeografici. Un successivo raggruppamento è stato effettuato in base all'appartenenza ad un diverso ciclo orogenetico.

Le rocce ignee effusive sono state suddivise in base alle affinità chimiche o petrogenetiche; successivamente sono state raggruppate in base ai domini paleogeografici definiti da episodi magmatici legati a eventi di natura geodinamica. Nell'ambito dello stesso dominio è stata poi usata l'età della messa in posto per differenziare quei gruppi che mostravano analoghe affinità chimiche.

Per quanto riguarda le rocce intrusive la distinzione principale è basata su due categorie (*ciclo alpino* e *cicli "triassico" ed ercinico*) ed è stata effettuata in base all'età della messa in posto; i caratteri petrochimici relativi all'evoluzione magmatica sono stati, in seguito, utilizzati per un ulteriore raggruppamento.

Le rocce metamorfiche sono state distinte dapprima in base all'età dell'evento metamorfico (legata quindi al ciclo orogenetico), ed in seguito i diversi gruppi sono stati raggruppati sia per il grado metamorfico che, eventualmente, per i caratteri evolutivi pressione-temperatura. Laddove il protolite è ancora riconoscibile il corpo roccioso è stato assimilato alla roccia originaria.

Un successivo lavoro è stato fatto per riprodurre gli elementi geologici in forma simbolica, al fine di mantenere la carta leggibile.

Compatibilmente con il fattore di scala, si è scelto di riportare in forma simbolica solo il simbolo di *caldera* e gli *elementi tettonici*, differenziati secondo il seguente significato:

- contatto tettonico, che identifica quegli elementi strutturali con cinematica non ben definibile oppure caratterizzati da sviluppo polifasico;
- faglie dirette;
- faglie trascorrenti (anche transpressive e transensive);
- faglie inverse e sovrascorrimenti.



Fig. 2 - La quinta edizione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:1.000.000.  
- The fifth edition of the Geological Map of Italy 1:1,000,000 scale.

## 2.2. - SCHEMA DELLE UNITÀ TETTONO-STRATIGRAFICHE

A margine della Carta geologica è stato inserito uno schema delle principali unità tettono-stratigrafiche; in questa carta sono stati rappresentati i maggiori domini strutturali, in relazione all'orogenesi (ercinica e alpina), alla vergenza del sistema orogenico e al tipo di crosta dell'originario dominio paleogeografico.

L'insieme della Carta Geologica e dello Schema delle unità tettonostratigrafiche costituisce la sintesi dei tradizionali concetti litostratigrafici e del più recente approccio strutturale alla cartografia.

## 3. - ALLESTIMENTO CARTOGRAFICO E BANCA DATI

La carta è stata digitalizzata in ambiente ArcGIS (ESRI) ed è stata effettuata alla scala di allestimento degli Autori, comunque non minore a 1:500.000, secondo la proiezione UTM ED50 fuso 32 (TACCHIA *et alii*, 2005).

L'inquadratura marginale è stata definita sulla base topografica IGMi alla scala 1:1.000.000, inquadrata secondo la proiezione orientata al fuso 12.

Ciascun poligono della copertura geologica è caratterizzato da un attributo di tipo stringa che ne descrive, in modo sintetico, le caratteristiche geologiche e che è stato utilizzato per etichettare i tasselli di legenda; in banca dati è stato associato anche un attributo numerico usato per agevolare le operazioni di acquisizione e il primo *editing* degli elementi.

È in corso di elaborazione una ulteriore strutturazione della banca dati che permette l'integrazione delle informazioni di natura geodinamica, strutturale e paleogeografica finalizzata alla creazione di carte "tematiche" basate sulla rappresentazione di corpi geologici con caratteristiche omogenee (appartenenza allo stesso ciclo orogenetico, ad un medesimo ambiente deposizionale, oppure aventi caratteri litologici comuni).

## 4. - IL PROGETTO ONEGEOLOGY

Nel marzo 2007 è stato avviato un progetto internazionale, coordinato dal *British Geological Survey* (BGS), che coinvolge i Servizi Geologici di tutto il mondo, con l'obiettivo di creare una carta geologica digitale dinamica dell'intero pianeta.

In fase iniziale l'attività intrapresa è quella di rendere accessibili le carte geologiche prodotte dai singoli Servizi Geologici in qualsiasi formato esse siano (PORTALE WEB ONEGEOLOGY, fig. 3),



la scala “privilegiata” di riferimento è quella di 1:1.000.000.

Oltre all’aspetto tecnico-scientifico il progetto ha anche l’obiettivo di estendere il trasferimento di conoscenza verso i paesi in via di sviluppo, adottando l’approccio di collaborazione. L’iniziativa è multilaterale e multinazionale e viene sviluppata sotto l’egida di numerose organizzazioni globali.

Il progetto è strettamente correlato con la Commissione per la gestione e le applicazioni delle Informazioni delle Geoscienze (CGI) e lavora sugli *standard* dettati da GeoSciML. Le caratteristiche della nuova Carta d’Italia al milione la rendono particolarmente idonea a rappresentare la geologia d’Italia nell’ambito del progetto. L’attività che si sta sviluppando per far confluire questa carta nel progetto *OneGeology* consiste nell’adattare lo schema del *database* allo schema internazionale definito da GeoSciML, nel definire un vocabolario terminologico bilingue (italiano-inglese), nel rivedere le informazioni cronostratigrafiche d’accordo con la scala cronostratigrafica IUGS, nel rivedere le definizioni litologiche secondo uno schema proposto da GeoSciML.



Fig. 3 – Il portale *web* del sito *OneGeology* con visualizzate le carte geologiche dei Paesi dell’Europa Nord-Occidentale.  
– Website of the *OneGeology* portal showing the North-Western Europe country geological maps.

## 5. - CONCLUSIONI

La quinta edizione della Carta Geologica d’Italia 1:1.000.000 permette la ricostruzione del quadro generale dell’evoluzione geologica della penisola italiana presentando, nello stesso tempo, innovativi concetti di geodinamica e paleogeografia accanto a quelli più tradizionali di litostratigrafia e cronostratigrafia.

Pur essendo la Carta Geologica al milione una tradizione storica del Servizio Geologico d’Italia, ne rappresenta la più moderna innovazione.

La Carta Geologica del mondo 1:1.000.000, in corso di realizzazione nell’ambito del progetto *OneGeology*, rappresenta viceversa una importante svolta nell’ambito della condivisione delle conoscenze geologiche e della collaborazione tecnico-scientifica globale. Pur puntando sull’innovativo sistema di diffusione dell’informazione globale attraverso la navigazione *web*, si radica alla tradizione cartografica classica puntando alla realizzazione di una carta geologica globale basata sui soli criteri cronostratigrafici e litostratigrafici.

## Ringraziamenti

È doveroso citare i geologi, i cartografi e gli informatici del Servizio Geologico d’Italia che hanno realizzato la Carta Geologica d’Italia al milione: B. Compagnoni, F. Galluzzo per l’attività di coordinamento, R. Bono, F. Capotorti, C. D’Ambrogio, R. Di Stefano, R. Graziano, L. Martarelli, M.L. Pampaloni, M. Pantaloni, V. Ricci per l’attività di analisi geologica e D. Tacchia, G. Masella, V. Pannuti, R. Ventura, V. Vitale per l’allestimento editoriale e l’informaticizzazione.

## BIBLIOGRAFIA

- NOVARESE V. (1932) – *La Carta Geologica d’Italia nella scala di 1:1.000.000*. Boll. R. Ufficio Geologico d’Italia, **57**, 8: 1-9.
- PANTALONI M., TACCHIA D. & VITALE V. (2009) – *La Carta Geologica d’Italia 1:1.000.000*. Rend. online Soc. Geol. It.
- PORTALE WEB ONEGEOLOGY – <http://portal.onegeology.org/>
- TACCHIA D., MASELLA G., PANNUTI V. & VITALE V. (2005) – *La nuova Carta Geologica d’Italia scala 1:1.000.000*. Atti della 9 Conferenza Nazionale ASITA, 15/18 Novembre 2005, Catania.

# Geositi e Geoturismo

## *Geosites and Geotourism*

---

COCCIONI R. (\*)

### 1. - GEOSITI E PATRIMONIO GEOLOGICO

Un geosito può essere definito come una località, area o territorio i cui caratteri geologici e geomorfologici hanno acquisito un significativo valore scientifico, culturale, storico, estetico, sociale o economico ed è quindi possibile definire un interesse per la sua conservazione. L'insieme dei geositi di un dato territorio costituisce il suo patrimonio geologico e ne esprime la geodiversità intesa come l'insieme naturale (o diversità) degli aspetti, associazioni, sistemi e processi geologici, geomorfologici ed edafici. In base alla loro notevole spettacolarità, importanza scientifica, rappresentatività ambientale ed esemplarità didattica, i geositi rendono quindi peculiari i luoghi in cui sono inseriti e, intesi come memoria geologica del territorio, si qualificano come componenti del patrimonio naturale e culturale dello stesso territorio e veri e propri monumenti geologici.

I geositi, quali importanti testimoni della storia della Terra, sono in grado di fornire un contributo indispensabile alla comprensione scientifica della storia geologica di un territorio e di testimoniare l'influenza che questa ha avuto sullo sviluppo della vita e dell'uomo. Ma sono soprattutto un'occasione per indirizzare lo sguardo della gente comune verso le meraviglie della Terra e per svelare ad un pubblico non addetto ai lavori gli

aspetti più interessanti della geologia. Queste testimonianze sono irriproducibili e una volta perdute lo sono per sempre. Come beni naturali e culturali non rinnovabili, i geositi rappresentano pertanto un patrimonio inestimabile che deve essere conosciuto, conservato e valorizzato.

Un geosito possiede significati e potenzialità che vanno ben oltre una semplice visione museografica rappresentando valenze di eccezionale importanza per gli aspetti paesaggistici, culturali, didattici e ricreativi come pure risorsa essenziale per lo sviluppo scientifico ed economico. I geositi devono quindi essere considerati elementi importanti nella pianificazione territoriale e nella protezione dell'ambiente di una determinata area.

### 2. - CENSIMENTO E SCHEDATURA

Il patrimonio geologico costituito dai geositi deve essere censito in modo da procedere alla divulgazione delle conoscenze acquisite e alla tutela, valorizzazione e fruizione. Il censimento può diventare uno strumento per una conoscenza geologica ampia, per la pianificazione territoriale e per la tutela paesistico-ambientale.

Un primo significativo contributo è stato fornito nel 1991 dal Piano Paesistico Ambientale della Regione Marche che, oltre a prevedere una

---

(\*) Dipartimento di Scienze dell'Uomo, dell'Ambiente e della Natura Campus Scientifico, Località Crocicchia, 61029 Urbino

specifica attività di censimento, ha messo a punto un primo catalogo di emergenze geologiche e geomorfologiche. A partire dal 2000, con l'obiettivo di unificare i vari progetti indipendenti inerenti allo studio del patrimonio geologico, il Servizio Geologico d'Italia (poi APAT dal 2003 e attualmente ISPRA), in collaborazione con il Centro Documentazione Geositi dell'Università di Genova e la Società Speleologica Italiana, ha avviato il progetto "Censimento nazionale dei geositi", dedicato alla catalogazione sistematica dei geositi italiani rilevati sulla base di criteri comuni unanimemente condivisi sul piano scientifico. Fino ad oggi l'inventario comprende 3.700 geositi censiti sul territorio nazionale, di cui 2.259 sottoposti ad una prima revisione.

### 3. - CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE

Per riconoscere a un determinato luogo o territorio il ruolo di geosito è indispensabile attribuire ad esso un valore culturale che permetta poi di sviluppare la sua conoscenza. Ma questo certamente solleva una serie di interrogativi: esiste un valore assoluto dei geositi? Va applicata una valutazione qualitativa o quantitativa? È possibile una valutazione quantitativa ed oggettiva? Quali parametri considerare? È possibile comparare i geositi e creare una gerarchia? Quale obiettivo si pone alla base della valutazione? È scontato che vengano posti al vertice i grandi monumenti geologici o l'esigenza è quella di dare il massimo di protezione ai siti con elevata rarità?

Dal confronto tra le diverse esperienze nazionali ed internazionali emerge che non esiste una gerarchizzazione assoluta dei geositi, ma questa è vincolata alle motivazioni che spingono a studiarla. Inoltre la valutazione è un processo che risente inevitabilmente della soggettività di chi la opera: quindi non è un processo codificabile da formule matematiche, ma deve essere espressa da un giudizio motivato.

Appare opportuno quindi prendere in considerazione l'istituzione di consulte tecnico-scientifiche per la conoscenza, la tutela e la valorizzazione del patrimonio geologico come organi consultivi di studio, valutazione e verifica tecnico-scientifica delle proposte avanzate da enti territoriali, istituti di ricerca e associazioni attive in materia ambientale.

### 4. - GEOCONSERVAZIONE

La geoconservazione è l'attività di pianificazione territoriale che, attraverso la definizione di ap-

positi piani di gestione, integra le azioni di tutela con quelle di fruizione del patrimonio geologico.

L'approccio poco dinamico e la visione museografica con cui il patrimonio geologico è stato finora percepito ne hanno limitato fortemente i significati e le potenzialità. La quasi totale assenza di una tradizione di comunicazione e di didattica delle Scienze Geologiche ha contribuito a determinare un ritardo nella comprensione e nella diffusione della consapevolezza del valore culturale e sociale di questo settore scientifico. E' necessario recuperare, attraverso opportune occasioni di discussione e di verifica tra specialisti, amministratori e grande pubblico, l'evidente arretratezza culturale di cui questo settore è oggetto rispetto ad altri, sottolineando però che prima di attuare la conservazione è necessario arrivare al riconoscimento di un geosito attraverso strategie di sensibilizzazione, non solo e non tanto dal mondo scientifico e delle istituzioni, quanto piuttosto della società in generale.

Una delle nuove prospettive per i geositi è senza dubbio quella di divenire catalizzatori per nuove ricerche e strumenti per una diffusione della cultura geologica attraverso la conoscenza emozionale e la fruizione consapevole e attiva dei beni da parte di un pubblico sempre più vasto.

Ma un geosito diventa patrimonio comune dell'umanità, e quindi bene culturale, solo nel momento in cui la sua conoscenza viene condivisa ed esso può essere fruito da parte dell'intera comunità che sarà in grado di leggerne la storia antica e recente. In caso contrario il geosito rimane solo un reperto, insignificante parte di un catalogo o di un museo storico, muto.

È necessario quindi cambiare la filosofia della geoconservazione, finora l'unica forma di approccio ai beni geologici, verso una pratica costante di geodiffusione: sarà dunque la conoscenza individuale, diventata coscienza, a sviluppare una consapevolezza collettiva. Di conseguenza occorre sviluppare un diverso punto di vista e un nuovo modello culturale: da programmazione-protezione-gestione a programmazione-conoscenza-valorizzazione-sviluppo attraverso strategie di sensibilizzazione, non solo e non tanto dal mondo scientifico e delle istituzioni quanto piuttosto della società in generale.

Per rendere possibile le azioni di geoconservazione si deve inoltre interpretare i geositi censiti in un'ottica di sistema, individuando quegli enti gestori in grado di amministrarne la fruizione che, all'interno di una scala di valore del suo interesse e delle sue qualità scientifiche, spettacolari, didattiche e logistiche, potrà essere locale, regionale, nazionale o internazionale.



## 5. - TUTELA E VALORIZZAZIONE

La tutela del patrimonio geologico può avvenire solo attraverso l'istituzione di aree protette: riserve, parchi, sentieri geologici, geositi, ecomusei, aule e laboratori all'aperto.

Divulgare la conoscenza dei geositi significa certamente scoprire un territorio; tuttavia soltanto un processo efficace di interpretazione e di trasmissione del sapere può condurre a una reale valorizzazione del geosito così da trasformarlo in un valore aggiunto e in una concreta opportunità per lo sviluppo sociale ed economico del territorio nel quale esso è inserito.

Il complesso progetto di valorizzazione, seguendo un approccio integrato con le altre risorse naturali, economiche e culturali presenti nel territorio, deve tenere conto di una pluralità di interpretazioni e di interessi del geosito, dei suoi valori e significati in relazione al sistema territoriale e al contesto economico, sociale e culturale preso a riferimento e della sua idoneità alla pianificazione.

L'attività comunicativa, intesa come anche interpretazione e interlocuzione, è decisiva per il successo di una qualsiasi iniziativa di valorizzazione verso tutti i portatori di interessi collettivi e i rappresentanti della società civile del territorio in cui si intende intervenire. Questa attività trasforma il geosito in un bene condiviso, culturalmente accessibile, patrimonio non dei soliti appassionati e studiosi ma di molti che traducono la frequentazione in esperienza personale e quindi, ma solo a questo punto, in una risorsa per lo sviluppo sociale ed economico del territorio.

La metodologia più idonea deve essere scelta in base agli obiettivi che ci si prefigge di raggiungere, alle opzioni che ci consentono il geosito o i geositi a disposizione e al target di fruitori che si vogliono raggiungere con l'iniziativa. Per raggiungere gli obiettivi prefissati risultano certamente fondamentali gli strumenti per la diffusione delle conoscenze al grande pubblico che, anche in combinazione tra loro, possono spaziare dalla pubblicazione di guide, carte tematiche, opuscoli e libri all'organizzazione di mostre ed eventi e alla realizzazione di audiovisivi e docu-film.

## 6. - GEOTURISMO; I GEOSITI COME RISORSA PER UN TURISMO SOSTENIBILE

Che ruolo possono giocare i geositi in un contesto di valorizzazione e di sviluppo anche economica? E quali sono gli ingredienti che possono trasformare un affioramento roccioso, un giacimento fossilifero, una particolare forma o processo fisico presente sulla superficie terrestre in un importante

elemento dell'economia di un territorio?

Il turismo tematico e l'escursionismo stanno diffondendosi così come il desiderio di viaggiare per scoprire e capire. Si sta sviluppando un diverso sentire del territorio, inteso come patrimonio di valori da percepire, condividere e difendere, con i quali individuarsi e fondersi.

In effetti, nell'ultimo decennio, la crescente attenzione rivolta da un turismo sempre più qualificato e specializzato agli aspetti culturali e naturalistico-ambientali, ha fatto sì che anche per il territorio nazionale nascessero vari tentativi di sviluppare conoscenze specifiche, proposte di materiale scientifico-divulgativo di vario genere e tentativi di catalogazione. Il territorio può pertanto farsi svago, approfondimento estetico ed apprendimento culturale, ed in tal senso la componente geologica può diventare un rilevante valore aggiunto nel tradizionale contesto culturale di fruizione turistica e didattica del territorio. Passo dopo passo attraverso questi percorsi di nuovo turismo culturale e ambientale, il visitatore può scoprire, leggere ed interpretare le affascinanti tracce lasciate dal tempo sul territorio, imparando a convivere con termini scientifici che hanno la funzione di restituire la realtà di scorci di panorama che finora erano considerati solo roccia o sfondi, mentre sono paesaggi di un percorso a tappe di una storia che riguarda tutti noi.

Attraverso una corretta ed intelligente gestione e un'offerta turistica strutturata in maniera organica oggi è concreta la possibilità di offrire al mercato una nuova ipotesi di turismo – il turismo geologico o geoturismo – ad alto contenuto culturale, con la valenza di educazione ambientale, che allineandosi a quel movimento culturale rapportato all'ambiente che in altri Paesi ha già da tempo preso piede rappresenti uno dei modi di realizzare lo sviluppo sostenibile.

La potenzialità del geoturismo è notevole nel nostro Paese, considerato tra i più belli al mondo e come tale interessato, nel corso dell'intero anno, da un notevole flusso di visitatori.

Il geoturismo può offrire nuove prospettive professionali per coloro che operano nell'ambito delle scienze geologiche e per i cittadini che intendono attivare servizi dedicati e sviluppare attività economiche basate sul turismo naturalistico e culturale, favorendo inoltre un riequilibrio economico e sociale tra le aree costiere e quelle più interne della nostra penisola al quale sono da tempo interessate le varie amministrazioni.

Appare pertanto necessario che le istituzioni territoriali attraverso gli istituti e i centri di ricerca geologica di cui il territorio dispone predispongano indagini adeguate ed attivino meccanismi normativi, tecnologici e informativi volti a garantire ai visitato-

ri un arricchimento scientifico e culturale autentico.

Ma è opportuno sottolineare che per imporre il patrimonio geologico come nuova opportunità di sviluppo turistico-culturale-scientifico e come risorsa necessaria a dare sostanza ai progetti di sviluppo sostenibile del territorio che cambiano in meglio la qualità della vita di tutti quanti noi, è indispensabile orientare lo sguardo della gente comune verso le meraviglie della Terra che non si trovano solo in paesi esotici e lontani, ma che si rinvergono anche nelle nostre regioni.

## BIBLIOGRAFIA

- MARIANI S. (2006) - *La valorizzazione del patrimonio geologico – Un'esperienza di ricerca sui geositi tra Emilia-Romagna e Baviera*. Tesi di Dottorato, Università di Bologna, pp. 199.
- PIACENTE S. & POLI G. (a cura di) 2003 - *La Memoria della Terra, la Terra della Memoria*. Edizioni L'Inchiostroblu, Bologna, pp. 158.
- POLI G. (a cura di) 1999 - *Geositi Testimoni del Tempo – Fondamenti per la conservazione del patrimonio geologico*. Edizioni Pendragon, Bologna, pp. 259.

## SITI WEB

ASSOCIAZIONE ITALIANA DI GEOLOGIA E TURISMO: [www.geologiaeturismo.it](http://www.geologiaeturismo.it)

CENTRO DOCUMENTAZIONE GEOSITI: [www.geomorfolab.it/pagine/index\\_cdg.htm](http://www.geomorfolab.it/pagine/index_cdg.htm)

GEOTURISMO.IT: [www.geoturismo.it](http://www.geoturismo.it)

GEOSITI.NET: [www.geositi.net](http://www.geositi.net)

IL CENSIMENTO NAZIONALE DEI GEOSITI: [http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/Il\\_censimento\\_nazionale\\_dei\\_geositi](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/Il_censimento_nazionale_dei_geositi)

SERVIZIO GEOLOGICO, SISMICO E DEI SUOLI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA ITINERARI E GEOSITI:

[www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/itinerari\\_e\\_geositi.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/itinerari_e_geositi.htm)

## Carte geologiche come spartiti musicali. Dal solfeggio all'ascolto: come e quando

*Geological maps like musical scores.*

*From solmization to listening: how and when*

VENTURINI C. (\*)

**ABSTRACT** - The purpose of the contribution is to help Earth sciences to become a more popular subject in high schools. This can be achieved by changing the teaching method in order to make it more appealing to students. The best way to do this is to consider changing from the traditional teaching method to a more innovative educational approach, both in the classroom as well as on the field. This can be achieved by using fascinating examples, giving a proper order to the information, finding suitable strategies and using peculiar tools.

**PAROLE CHIAVE:** Didattica, Divulgazione, Geologia, Gerarchia, Musica, Scienze della Terra, Scuola superiore, Strategie e strumenti didattici.

**KEY WORDS:** Earth sciences, Education, Geology, Orderly approach, High school, Music, Strategies and teaching tools.

### 1. - PREMESSA

Vi siete mai chiesti, ci siamo mai chiesti, si sono mai domandati al Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca, quali ricadute potrebbe favorire il potenziamento dell'educazione alla Geologia - propedeutica e sinergica all'educazione ambientale - nel contesto scolastico pre-universitario? Che lo vogliamo o no la Geologia è presente in ogni cosa e più o meno silenziosamente permea la nostra quotidianità. Nel bene e nel male, attraverso risorse e rischi. Se escludiamo il legno e i suoi affini e derivati - carta,

cordami, gomme naturali, con l'aggiunta di alcune fibre tessili - quanto resta riflette sempre un'origine geologica. Qualsiasi strumento azioniamo, ovunque si appoggi lo sguardo, diventa una sfida imbattersi in qualcosa che non abbia una derivazione geologica. Anche l'acqua, composto che potremmo definire *super partes*, necessita della Geologia. Per condensare, raccogliersi, e per essere infine sfruttata. Catene montuose e sistemi carsici, porosità di sedimenti e di ammassi rocciosi nel ruolo di indispensabili serbatoi.

Avvicinare alla Geologia le generazioni che crescono significa aumentare il grado di consapevolezza nei confronti dell'ambiente, inteso come fornitore di sostanze, di prodotti e materie prime; ma anche, al tempo stesso, come fonte di rischi dai quali tutelarci, soprattutto tramite la prevenzione che necessariamente passa per la conoscenza dei fenomeni e dei processi naturali.

### 2. - GEOLOGIA E MUSICA

Azzardo un parallelo che favorirà la comprensione. Per molti, per moltissimi, l'ascolto della Musica è qualcosa di irrinunciabile. Produce sensazioni, crea atmosfere ed evoca ricordi, sollecita speranze e riesce anche a rafforzare l'istinto di sopravvivenza. In molti casi riveste una funzione

(\*) Università di Bologna, Dipartimento di Scienza della Terra e Geologico-Ambientali



sociale, a volte di denuncia, altre terapeutica, altre ancora, e sono la maggioranza, di interesse culturale o di utile compagnia e svago.

Come ogni prodotto anche la Musica ha le sue controindicazioni. In determinati contesti e sotto certe forme acquisisce connotati negativi proponendosi come fuga dal presente, come elemento capace di isolare ovvero, in altri casi, in grado di favorire aggregazioni violente. Anche per la Musica, come per la Geologia, si può dunque parlare di *rischi e risorse*.

Una riflessione, pensando alle risorse. Non si ascolta dell'ottima musica, beneficiandone le ricadute, senza ottimi autori e l'azione di validi esecutori ed interpreti. È dunque una filiera che basa la propria forza sulla produzione, non potrebbe essere altrimenti.

Ma quanti ottimi musicisti non si sarebbero mai scoperti tali se i programmi ministeriali negli ultimi decenni avessero tolto dalla scuola primaria l'approccio alla Musica e, con essa, all'uso di uno strumento? Non lo sapremo mai, ma certo una parte della buona musica che ci circonda non sarebbe mai stata scritta. Non per mancanza di talenti ma per carenza di informazione primaria.

A volte bastano modeste sollecitazioni per scoprire e sviluppare capacità innate o generare passioni capaci di dare un'impronta ad un'intera vita distribuendo ricadute in successione.

Geologia e Musica hanno molto in comune. Anche la Geologia, opportunamente "raccontata" attraverso i caratteri e la dinamica di un territorio - del proprio territorio, formato dalle zone di residenza, di interesse, di osservazione, di svago - può essere in grado di generare sensazioni di fascino, stupore, apprezzamento, unitamente alla soddisfazione e al sottile piacere dato dall'acquisire conoscenza.

Tanto la Geologia quanto la Musica appoggiano i propri contenuti a supporti predisposti all'occorrenza. Per la Musica è una successione di pentagrammi guidati dalle opportune chiavi di Sol, Do e Fa; per la Geologia si tratta di basi topografiche modulate alle varie scale. I differenti supporti si prestano ad accogliere le rispettive simbologie (fig. 1).

I prodotti finali sono dei risultati che possono essere definiti "per iniziati", gli esperti della materia. In entrambi i casi i simboli in uso interagiscono tra loro, e con la base sulla quale si appoggiano in modo ragionato, per produrre i risultati e i significati attesi. Carte geologiche e spartiti musicali sono dunque prodotti realizzati "in codice". Entrambi sono scritti nel proprio linguaggio universale (fig. 1), comprensibile da tutti coloro che si intendono rispettivamente di Geologia e di Musica. Solfeggiare equivale a riconoscere i sim-

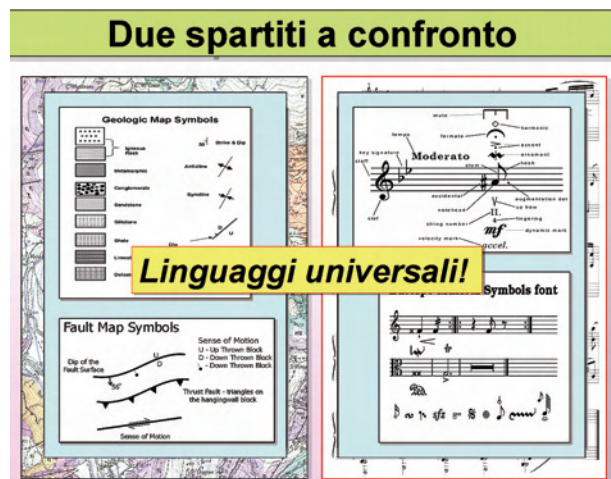


Fig. 1 - Carte geologiche e spartiti musicali: due rappresentazioni simboliche che hanno molto in comune. Una serie di simboli - comprensibili pienamente solo dagli "addetti ai lavori" - si appoggia a una base grafica. In un caso la base è rappresentata dalla carta topografica, nell'altro dalla successione di pentagrammi. Il risultato, in entrambi i casi, può affascinare e coinvolgere se opportunamente tradotto: rispettivamente nel racconto dei caratteri del territorio e in musica.

- Geological maps and musical scores are two graphic depiction methods that have plenty in common. They are made up by a series of symbols on a graph which can only be read by experts. In the first case the graph is a topographic chart and in the second a series of staves. In both cases the subject can be fascinating if properly translated into the history of a land or a tune.

boli musicali, dare loro il giusto valore, leggerne il significato, intuirne le armonie ricostruendo la melodia e assecondando il ritmo.

Leggere una carta geologica significa comprenderne i simboli, trasformarli in dati valutandone le interazioni e i rapporti spaziali tridimensionali. Tutto questo al fine di ricostruire la successione temporale degli eventi che ha dato origine al fotogramma presente: la situazione rappresentata in carta.

Comporre buona musica e suonarla altrettanto bene è privilegio di pochi. Eppure tutti sono capaci di ascoltarla ed apprezzarla. Rilevare carte geologiche e interpretarne i significati sono compiti riservati agli esperti della materia. Eppure tutti sono in grado di recepire il significato delle caratteristiche di un territorio attraverso il racconto della sua storia evolutiva. Di certo occorre che i contenuti geologici siano mediati e trasmessi nei modi opportuni.

Si obietterà che tra coloro che ascoltano sarebbero decisamente pochi quelli in grado di ripetere quanto appreso. Indubbiamente è così. Ma anche tra coloro i quali ascoltano una canzone o un motivo musicale, quelli capaci a loro volta di riproporre il brano senza stonature e semplificazioni non sarebbero molti. Quello che veramente importa è che l'ascolto, in entrambi i casi, generi delle sensazioni, coinvolga, appassioni e susciti interesse ed eventualmente, in qualcuno, finisca per alimentare una passione.

### 3. - L'ALFABETIZZAZIONE GEOLOGICA

Prima degli anni '60 era opinione comune che il geologo fosse solo un fanatico classificatore di fossili e pietre. Poi, le grandi catastrofi degli ultimi cinquant'anni, veicolate con sempre maggior attenzione e competenza da giornali e TV, hanno lentamente ma progressivamente favorito una sorta di alfabetizzazione geologica di massa. La frana del Vajont (1963), il terremoto del Belice (1968), le alluvioni dell'Italia centro-settentrionale (1966), i sismi del Friuli (1976), la frana della Valtellina (1987), le eruzioni dell'Etna (1991-93), i sismi di Umbria e Marche (1997), gli smottamenti di Sarno e Quindici (1998), il terremoto del Molise (2002) e l'eruzione di Stromboli (2002-03) hanno consentito che presso il vasto pubblico attecchissero concetti quali tettonica delle placche, rischio geologico, vulnerabilità e pericolosità di un sito, faglia, magnitudo, microzonazione, vulcanismo attivo, piovosità critica e periodo di ritorno, instabilità dei versanti. Su questa straordinaria conoscenza di base, minima ma capillare, di recente amplificata dai documentari televisivi dedicati alle Scienze della Terra, sarebbe opportuno e proficuo innestare una serie di interventi mirati a beneficio della ulteriore diffusione e attecchimento della cultura geologica s.l.

A tale compito sono già chiamati, a vario titolo, molti tra coloro che rilevano il territorio e producono carte geologiche. Sono soggetti ai quali, con sempre maggior frequenza, si presenta l'occasione di redigere guide e progettare pannelli espositivi, proporre lezioni e tenere seminari, organizzare conferenze e guidare escursioni, il tutto finalizzato ad un'utenza extra-universitaria di cultura geologica medio-bassa. C'è la percezione che l'alfabetizzazione geologica di massa, intesa come il raggiungimento di un livello minimo di conoscenze, sia ormai un dato concreto. Al tempo stesso sembra sia concentrata nella fascia di età oltre i 20-25 anni, quando le Scienze della Terra hanno ormai perso i connotati di imposizione scolastica per trasformarsi in desiderio di conoscenza, abbinato sempre più spesso e volentieri alla frequentazione diretta del territorio. Non è un caso che nell'ultima decade dalle carte geologiche e dai loro complessi contenuti siano fiorite le iniziative dedicate alle emergenze geologiche trasmesse in modo semplificato al grande pubblico.

Lo confermano l'attivazione di progetti quali il censimento e la banca dati dei Geositi nazionali, di cui l'ISPRA (ex-APAT) è capofila impegnato nel compito di regolamentazione, guida e coordinamento delle attività affidate alle singole Regioni; la Via Geoalpina, iniziativa internazionale nata dalla collaborazione dei comitati delle nazioni dell'arco

alpino che stanno già realizzando una serie di itinerari attraverso zone delle Alpi di particolare pregio geologico, con la finalità di consentirne la fruizione da parte di un'utenza varia; a queste iniziative si uniscono le crescenti attività delle associazioni Geologia e Turismo e Geoturismo, entrambe rivolte alla valorizzazione e diffusione della conoscenza geologica del territorio.

Occorre riuscire a sfruttare le occasioni che sembra offrire questo momento di vivacità della domanda. Valutando tali "geo-attività" in funzione del bacino d'utenza, ampio e vario, propenso al loro utilizzo emerge una sconsolata considerazione. Per varie ragioni il segmento meno motivato è rappresentato dalla fascia di età che frequenta la Scuola superiore (fig. 2).



Fig. 2 - È necessario favorire la comprensione delle Scienze della Terra attraverso il coinvolgimento diretto, concentrandosi in special modo sul segmento scolastico della Scuola superiore.

- *The comprehension of Earth sciences must be helped through direct involvement, focusing particularly on the high school years.*

È un vero peccato, dato che tale età si approssima e coincide con il momento della scelta universitaria. D'altra parte tale constatazione riconosce indirettamente nelle scolaresche degli ultimi anni della Scuola superiore il serbatoio privilegiato, per così dire, verso il quale indirizzare e concentrare le energie. Siamo consapevoli che il rapporto "costi-benefici" (energie spese e risultati ottenuti) potrà rivelarsi oltremodo favorevole se porterà allo scoperto anche nuovi talenti adatti a proporsi come futuri ricambi generazionali per la geologia italiana. Dovranno essere energie orientate verso azioni didattico-divulgative mirate e capillari. Didattica e divulgazione: forse sta proprio in questa distinzione la ragione della mancata sollecitazione di questo segmento scolastico.

### 4. - DIDATTICA E DIVULGAZIONE

La differenza tra i due termini è sottile ma fondamentale. Innanzi tutto la didattica richiede impegno e concentrazione da parte di chi la riceve. Questo perché le informazioni trasmesse passano

necessariamente attraverso l'attenzione, la concentrazione prolungata, l'ascolto, la comprensione, la memorizzazione e, da ultimo, prevedono la capacità di gestione autonoma di quanto acquisito. In altre parole, più semplici ma più concrete: didattica uguale fatica. Questa uguaglianza, al fine di produrre risultati utili, dovrebbe valere tanto per i discenti quanto per i docenti.

Sull'altro lato si colloca la *divulgazione*. È un diverso modo di informare rispetto al "fare didattica".

Questo perché la divulgazione, parlando delle Scienze della Terra, si basa spesso sulla spettacolarizzazione dei processi naturali. La didattica passa attraverso l'osservazione degli effetti, l'individuazione delle cause, la deduzione del movente, mentre la divulgazione illustra un fenomeno principalmente attraverso la sintesi enfatica dei suoi effetti più coinvolgenti.

L'insegnamento e la diffusione delle Scienze della Terra offrono una separazione abbastanza netta tra didattica e divulgazione. Documentari TV e interventi extra-scolastici puntano sulla divulgazione, la Scuola superiore e l'Università - i due segmenti che qui ci interessano - sulla didattica. A ben guardare, alcuni programmi TV riescono a sviluppare (merito degli Angela, padre e figlio, benemeriti in questo) una sorta di impostazione che potrebbe definirsi divulgativo-didattica (fig. 3a).

Questo spunto suggerisce, indirettamente, una soluzione per sollecitare la fascia di età che frequenta la Scuola superiore. Una proposta di insegnamento dei contenuti scolastici, nel rispetto dei programmi ministeriali, che si realizzi attraverso nuove soluzioni, non più didattiche ma didattico-divulgative (fig. 3b), occupando di fatto il vuoto che oggi esiste nella catena delle modalità di trasmissione del sapere: "divulgazione - divulgazione-didattica - *didattica-divulgativa* (rivolta dunque alla Scuola superiore) - didattica". Trasmettendo i contenuti di un argomento o raccontando il territorio non basta semplicemente diffondere un insieme di conoscenze strutturato secondo un palinsesto di processi e di dati.

Per sviluppare interesse, coinvolgere e appassionare, occorre farlo con accortezza, affrontando il compito con entusiasmo e competenza mai disgiunti, mediando i contenuti attraverso *strategie* e *strumenti* studiati e collaudati.

## 5. - DIDATTICA-DIVULGATIVA: STRUMENTI E STRATEGIE

Al fine di (ri)progettare una rinnovata linea di penetrazione didattica che si dimostri adeguata alla rapida evoluzione dei tempi, dovrebbero essere tenute in considerazione due tipologie di inter-



Fig. 3 - a) La diffusione delle Scienze della Terra passa attraverso l'istruzione scolastica, concentrata sulla didattica, e i media (TV), decisamente (e necessariamente) più sensibili alla divulgazione; b) è auspicabile, per la Scuola superiore, una rimodulazione del modo di "fare didattica" promuovendo una didattica-divulgativa che, con adeguate strategie e strumenti, renda le Scienze della Terra più coinvolgenti e appassionanti.

- a) Earth science education can be spread through schooling, focusing on teaching tools and popular media such as television; b) hopefully high school teaching methods will be updated by modifying programs and tools in order to make Earth sciences more interesting and engrossing.

vento, rispettivamente incentrate sulle *strategie* e sugli *strumenti* da impiegare nel "fare didattica".

In modo estremamente conciso - ma ogni categoria meriterebbe una lunga e approfondita trattazione - mi limito ad enumerare le strategie capaci, a mio avviso, di sorreggere e proporre a un pubblico scolastico della Scuola superiore la sempre maggiore mole di contenuti che compongono le Scienze della Terra. Aggiungo, per esperienza personale, che un tale approccio, seppur opportunamente calato su contenuti più approfonditi, può essere utilizzato anche con gli studenti del primo anno di Università.

L'obiettivo è avvicinare gli studenti ad una materia complessa che troppo spesso è ancora percepita come statica, arida, e principalmente "classificativa".



### 5.1. - LE STRATEGIE DIDATTICHE

Le *strategie* hanno la non trascurabile funzione di volano nella trasmissione del sapere. Generano stupore, inducono curiosità, favoriscono la memorizzazione, facilitano la comprensione e sviluppano i collegamenti concettuali. Inoltre, quando vengono utilizzate nei giusti tempi e modi e nelle corrette dosi, finiscono per produrre entusiasmo per la materia, obiettivo questo da tenere sempre in grande considerazione nel “fare didattico”. Tra le strategie che si propongono come vincenti mi preme sottolineare la forza dell'*esemplificazione*, sviluppata tramite l'utilizzo di immagini familiari, attingendo spunto dalla realtà e dai contesti quotidiani (figg. 4a-b-c). Parallelamente dovrebbe essere esaltato il fascino del *fattore tempo*, che la geologia materializza in modo diretto, tridimensionale e coinvolgente (fig. 5).

A questo si aggiunge, come ulteriore strategia, la valorizzazione dell'*impatto* estetico, prerogativa di un'infinità di fenomeni, dal vulcanismo alla mineralogia, dalla sedimentologia alla tettonica, dalla morfologia al carsismo, indispensabili per attrarre, affascinare, incuriosire e predisporre all'analisi. La stessa Geologia può essere definita, senza tema di smentite, il lato artistico della Natura.

Inoltre, una costante attenzione dovrebbe essere dedicata al *dinamismo* che pervade ogni settore della Geologia; dinamismo inteso come capacità di evoluzione costante e inarrestabile che con la propria forza regola e guida la grande porzione abiologica del sistema Terra.

Tutto questo con una vivacità che è pari, se non superiore, a quella del mondo organico e che merita di essere resa nota.

Infine, l'intero insieme delle conoscenze trasmissibili deve assecondare una *organizzazione gerarchica* dei propri contenuti (fig. 6).

Occorre, in altre parole, che tutte le informazioni didatticamente utili (nozioni, dati, parametri, variabili, formule, concetti, processi, fenomeni,...) siano innestate in una logica “ad albero”, in cui le foglie si innestano sui rami minori, questi sui rami maggiori i quali, a loro volta, confluiscono e si innestano nel tronco principale.

In questo modo di procedere diventa molto utile raggruppare in tre soli insiemi (corrispondenti ai rami principali) tutti i fenomeni geologici che producono dati visibili nella crosta. Tali insiemi prendono il nome dall'azione che li produce e che ne guida lo sviluppo: “*si forma*”, “*si deforma*” e “*si modella*” (fig. 7).

Al “*si forma*” apparterranno dati e fenomeni ascrivibili alla sedimentologia, alla stratigrafia, alla paleontologia, nonché i processi ad esse collegati;

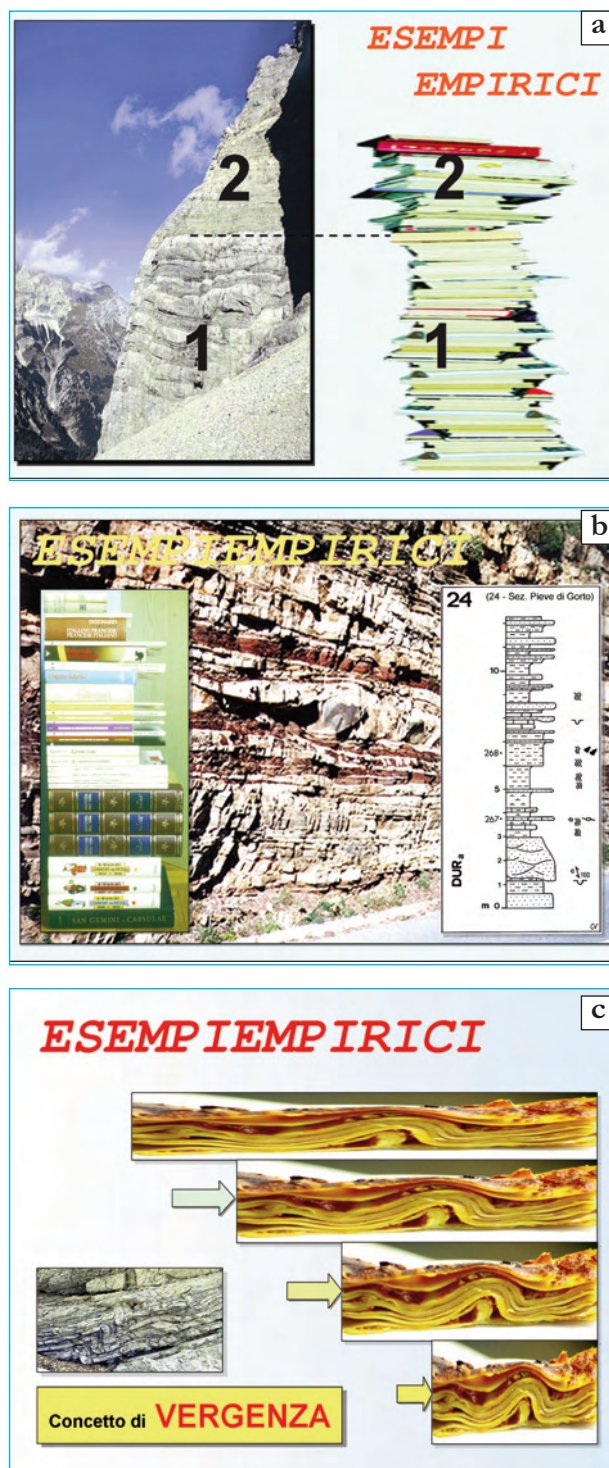


Fig. 4 - a) Il confronto tra le due immagini sottolinea la parallela differenza tra gli insiemi inferiore e superiore (1 e 2) dei due gruppi di informazioni. Al tempo stesso i significati delle due successioni sovrapposte diventano evidenti solo leggendo i rispettivi dati contenuti negli strati e nei fascicoli; b) sulla destra la classica rappresentazione che dà il geologo di una successione stratigrafica. Sulla sinistra la pila di libri, raggruppabili in insiemi omogenei, aiuta a comprendere il criterio adottato; c) un concetto, quello di vergenza (senso di trasporto tettonico relativo di una successione rocciosa deformata), reso esplicito da un'immagine insolita che ne fissa il significato.

- a) Comparing the two images points out the parallel difference between upper and lower groups of information. The two superimposed sequences become easily understandable only when reading the supporting data in the layers and issues; b) on the right we have the classic example that a geologist gives of a stratigraphic sequence. The book pile on the left, where the books can be gathered into homogeneous groups, explains the criteria which is being used; c) the lasagna example helps to memorize geological concepts such as fold vergence and shrinkage.

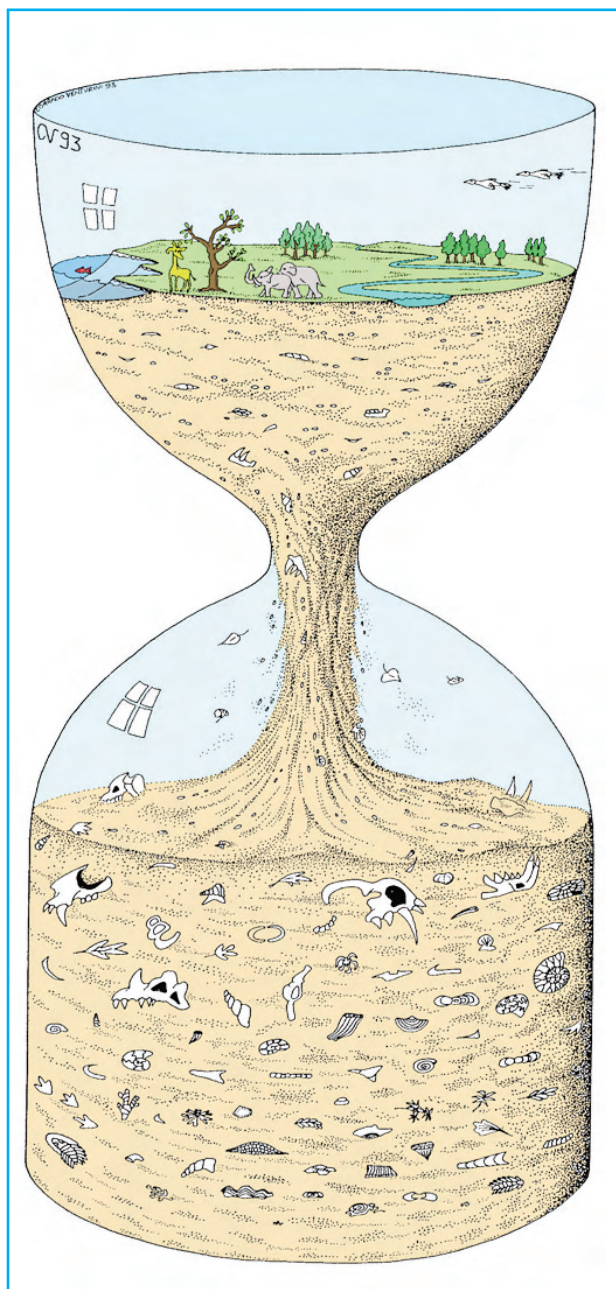


Fig. 5 - Un'immagine da sola può concentrare in sé molti significati fungendo da riferimento concettuale. La trasformazione dell'ambiente attuale in successione sedimentaria tridimensionale passa attraverso il fluire del tempo (da VENTURINI, 2006).

- A single image can convey different concepts such as the tridimensional sedimentary sequence transformation of a current environment through time (after VENTURINI, 2006).

nel “*si deforma*” si troveranno i riferimenti agli elementi di tettonica, mentre il “*si modella*” accoglierà fenomeni di alterazione, erosione, esarazione, dissoluzione e quanto asporta e modifica qualsiasi volume crostale alle più varie scale.

È altrettanto necessario, in questo caso, capire che la sequenza dei tre insiemi non è lineare ma circolare (fig. 8).

Le strategie utilizzate fanno da cornice e sup-

porto al complesso insieme degli argomenti didattici e con esso costituiscono l'inscindibile corpo del sapere trasmesso. Il complesso dei tre insiemi di dati fa capo a un tronco unico che rappresenta il movente e il presupposto di base per la loro esistenza e affermazione: la Tettonica delle placche.

È propedeutica ad essi in quanto capace di giustificare e motivare i dati appartenenti sia al “*si forma*”, tanto al “*si deforma*”, quanto al “*si modella*”. La stessa Tettonica delle placche a sua volta affonda le proprie radici e ragioni d'essere in profondità, nella dinamica astenosferica, regolata dai caratteri fisici e reologici dell'interno terrestre.

A questo proposito è utile notare che per favorire la comprensione della stessa *organizzazione gerarchica* del sapere, applicata alle Scienze della Terra, si è fatto uso di una particolare strategia: l'*esemplificazione* (fig. 9).

L'uso dell'albero, la cui struttura si presta in modo ottimale, permette di codificare, gerarchizzare e posizionare secondo un ordine logico facilmente memorizzabile dagli studenti, una serie di contenuti complessi - per il momento ancora astratti - paragonandoli a qualcosa di noto.

Uno schema simile, qualora ritenuto utile, rappresenta una sorta di mappa concettuale da assimilare propedeuticamente grazie alle sue funzioni di orientamento e di collegamento tra i complessi contenuti della materia. Potrà essere utilizzato come costante chiave di lettura durante l'assimilazione dei contenuti didattici.

L'utilizzo dell'albero (fig. 9) si dimostra pertinente anche per un altro motivo. Consente di inserire nel palinsesto concettuale anche i “rischi” e le “risorse”, considerati come rapporto Uomo-Terra alla luce del ruolo crescente che negli ultimi decenni i due argomenti hanno conquistato, a ragione, nei palinsesti didattici delle Scienze della Terra.



Fig. 6 - Le informazioni didattiche possono essere proposte in due modi differenti: ad arbusto (ogni informazione ha la stessa valenza, rango e ruolo di tutte le altre) o ad albero (valenza e ruolo differenti sulla base della strutturazione gerarchica del sapere trasmesso). Le informazioni didattiche sono correttamente recepite e memorizzate se comunicate secondo una logica gerarchica, seguendo connessioni che sono poi in grado di favorire i collegamenti concettuali.

- Educational contents can be properly arranged in a tree like structure, according to a specific order given by the information conveyed. The best way to convey educational information to students is by following a specific order that also makes it easier to connect to conceptual links.



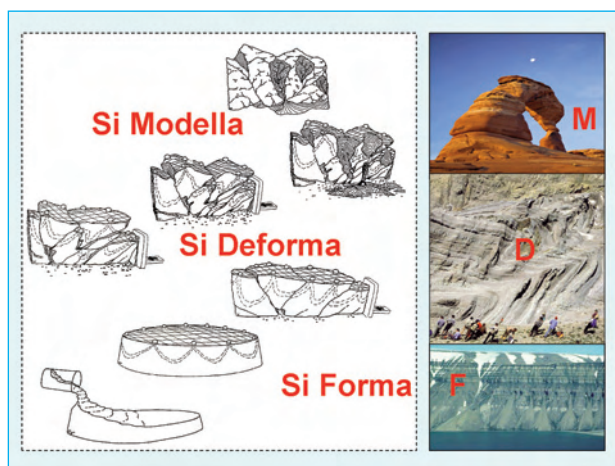


Fig. 7 - L'esempio utilizza un volume circoscritto e noto (la torta) per far comprendere gli effetti prodotti dalla sovrapposizione, nel tempo e nello spazio, di tre particolari insiemi di dati. La rappresentazione, per traslato, è applicabile agli ammassi rocciosi che, per loro natura ed entità, sono spesso percepibili con difficoltà da molti studenti (da VENTURINI, 1991).

- This simplified cake example helps to convey the result coming from the overlaying of three specific groups of data through time and space.

## 5.2. - GLI STRUMENTI DIDATTICI

La scelta di molte strategie didattiche passa necessariamente attraverso l'uso di alcuni strumenti idonei alla loro applicazione. È prevedibile che nelle aule degli istituti scolastici superiori i *computer*, accessoriati con proiettori portatili e schermi a parete, diventeranno la prossima indispensabile dotazione fissa, capace di mantenere la didattica al passo con i tempi.

Anche i *campioni* di roccia e di sedimento sono da ritenersi efficaci strumenti didattici. La proiezione di immagini consente di associare la visione del campione a mano all'ambiente sedimentario di produzione. Si provi a pensare al maggiore interesse, con ovvie ricadute sulla comprensione e memorizzazione concettuale, che possono generare dei campioni raccolti ad es. in un contesto di

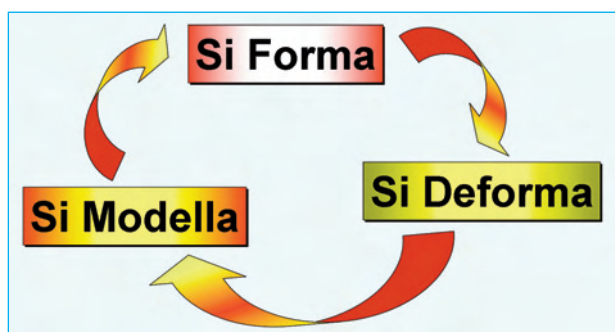


Fig. 8 - Concettualmente la sequenza dei tre insiemi di dati è circolare piuttosto che lineare. Ogni volta dal "si modella" partono i presupposti per il successivo "si forma" e il ciclo si ripropone senza soluzione di continuità.

- The sequence of the three groups of data is circular rather than linear to emphasize the endless repetitive mode of the evolution process.

scogliera organogena tropicale se questi sono associati ad immagini dei fondali lagunari e della scogliera biocostruita. L'aggiunta di immagini da sezioni sottili e da ingrandimenti di sedimento sciolto aggiunge interesse, rivolto anche ai metodi di preparazione e studio.

Per il reperimento di campioni e immagini è spesso possibile rivolgersi ai docenti universitari dei corsi di laurea in Scienze geologiche, Scienze naturali e Scienze ambientali, che più di un tempo si dimostrano sensibili allo sviluppo di un rapporto di scambio didattico tra Università e Scuola

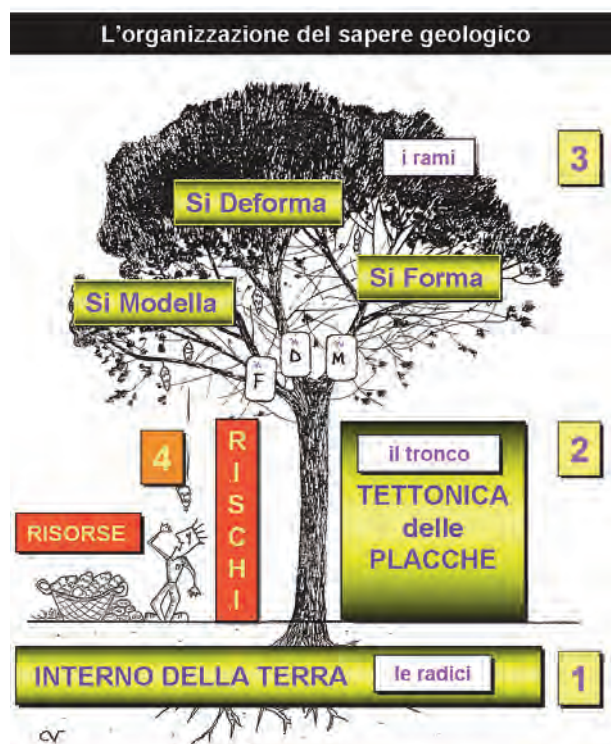


Fig. 9 - L'albero della conoscenza... geologica, dove ogni insieme di dati trova la propria collocazione gerarchica funzionale alla didattica.

- The geological tree of knowledge, where each set of data is placed according to the order given by the specific teaching program.

superiore. Un tale modo di procedere diventa sinergico anche per iniziative che già esistono e mirano a rafforzare questa connessione.

Cito a tal proposito il Progetto Edu-Geo, sorto sotto l'egida della Federazione Italiana di Scienze della Terra (FIST), che rivolge agli studenti degli ultimi anni delle Scuole superiori escursioni didattiche organizzate e guidate da docenti e ricercatori di università ed enti di ricerca. Anche le *carte geologiche* (unitamente alle carte topografiche), se opportunamente semplificate, diventano degli insostituibili strumenti didattici utili a fare capire come la tutela dai rischi e lo



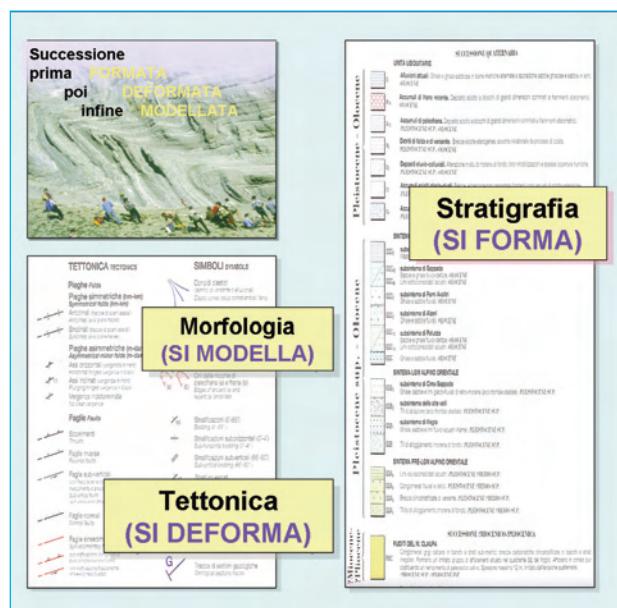


Fig. 10 - Anche le complesse informazioni presenti nella legenda di una carta geologica possono essere opportunamente raggruppate nei tre insiemi di dati, concettualmente ben percepibili. A sua volta ogni insieme sarà formato da sottoinsiemi (ad es. in “si deforma” troveremo faglie e pieghe) o da elementi modulari ripetitivi (ad es. i tasselli delle unità stratigrafiche, ognuno corredato dagli stessi tipi di informazione).

- Even the complex information given by the captions of a geological map can be placed within one of the three groups of data, thus making the information easier to grasp.

sfruttamento sostenibile, si appoggiano alla lettura e alla comprensione dei caratteri geologici s.l. del territorio.

Caratteri che devono essere osservati, misurati, tradotti in simboli e infine registrati su idonei “spartiti” (cartacei o informatici) che a loro volta possono essere spiegati e letti attraverso quella medesima organizzazione gerarchica (“si forma”, “si deforma” e “si modella”) osservata in precedenza (fig. 10).

## BIBLIOGRAFIA

VENTURINI C. (1991) - *Una torta distorta*. In Alto, Cronache della Soc. Alpina Friulana (1990), anno CIX, **73**: 141-145.

VENTURINI C. (2006) - *Evoluzione geologica delle Alpi Carniche*. Museo Friulano di Storia Naturale, Comune di Udine, **48**: pagg. 220.

[www.annodelpianetaterra.it](http://www.annodelpianetaterra.it)

[www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)

[www.edu-geo.it](http://www.edu-geo.it)

[www.geologiaeturismo.it](http://www.geologiaeturismo.it)

[www.geoturismo.it](http://www.geoturismo.it)



*Abstract  
dei  
Poster*

# La cartografia geologica secondo le linee guida del Progetto CARG: alcune applicazioni

## *Geological cartography in accordance with the CARG Project guide lines: some applications*

SERRA M. (\*)

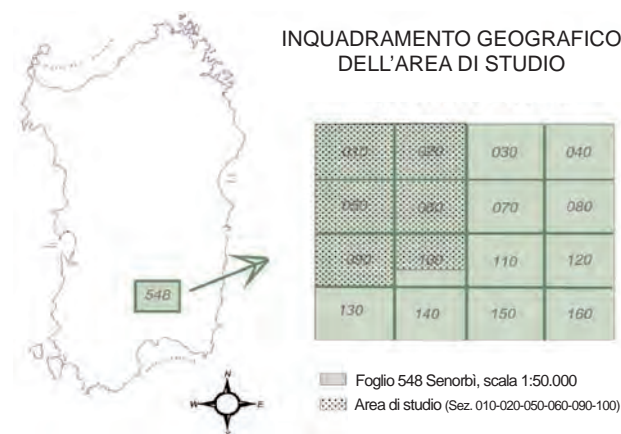
Il presente lavoro è stato estratto dalla ricerca svolta durante il Dottorato di Ricerca in “Difesa e conservazione del suolo, vulnerabilità ambientale e protezione idrogeologica”, Consorzio universitario tra le Università di Cagliari, Pisa, Siena e Sassari (XIV ciclo); rientra nel Progetto CARG Sardegna (Progetto Nazionale di Cartografia Geologica alla scala 1:50.000), promosso dall'ISPRA (ex APAT) - Servizio Geologico Nazionale e partecipato dalle varie regioni d'Italia.

L'area di studio (estesa circa 240 km<sup>2</sup>) si trova nella parte centro-meridionale della Sardegna, in un settore del bacino miocenico della *Trexenta* (regione collinare sita tra i rilievi del *Gerrei* e la pianura del *Campidano*). L'area ricade all'interno del Foglio geologico n. 548 - *Senorbi*, alla scala 1:50.000; nelle due tavolette *Senorbi* e *Donori*, alla scala 1:25.000, e nelle Sezioni 548-010 *Guasila*, 548-020 *Selegas*, 548-050 *Sioccu*, 548-060 *Senorbi*, 548-090 *Samatzaui*, 548-100 *Barrali*, alla scala 1:10.000.

La prima fase della ricerca è consistita nel rilevamento geologico dell'area di studio, utilizzando una base topografica alla scala 1:10.000, con lo scopo di realizzare una carta geologica di dettaglio, che mirava a ricostruire l'assetto stratigrafico e tettonico del bacino miocenico in esame, ampiamente dibattuto ed approfondito in sede universitaria.

La seconda fase è consistita prima nell'informatizzazione dei dati raccolti (elaborati secondo le metodologie e le banche dati indicate dal Progetto “G.I.S. CARG”) e successivamente sono state evidenziate alcune utilità applicative della base geologica di dettaglio:

- realizzazione di modelli tridimensionali del territorio (D.E.M.);
- applicazioni pratiche del Sistema Informativo Territoriale (G.I.S.) nel campo della tutela e gestione del territorio, ottenute con la sovrapposizione di differenti tematismi (*overlay mapping*). Sono



state quindi utilizzate la Carta dell'Uso del suolo secondo la legenda CORINE, la Carta delle Acclività, la Carta dei *Parent Material*, contenenti informazioni necessarie ed indispensabili per l'applicazione dell'*overlay mapping*.

Nell'ottica della difesa e conservazione del suolo, della sua vulnerabilità, risulta fondamentale conoscere il territorio sotto i suoi diversi aspetti, al fine della sua utilizzazione e protezione. Si è cercato quindi di mettere in risalto l'importanza delle informazioni geologiche non solo per la produzione di materiale cartografico di base (Cartografia Geologica CARG), ma anche per rispondere alle odierne esigenze di utilizzo e di gestione del territorio. Si è giunti quindi alla sua zonazione, realizzando un G.I.S. elementare, ma che può essere esteso ed approfondito con innumerevoli altri tematismi.

### BIBLIOGRAFIA

SERRA M. (2002) - *Rilevamento geologico di un settore del territorio della Trexenta (Sardegna centro-meridionale) e realizzazione di un sistema informativo geografico (G.I.S.). Modellazione tridimensionale e zonizzazione del territorio per overlay mapping.* Tesi di Dottorato.

(\*) ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca ambientale



## Geologia del Foglio 396 “San Severo” (Puglia, Italia meridionale)

*Geology of the Sheet 396 “San Severo”  
(Apulia, southern Italy)*

---

MORETTI M. (\*), PIERI P. (\*), SPALLUTO L. (\*)

L'area del Foglio 396 “San Severo” appartiene a due principali domini geografici e geologici: a) l'Avampaese apulo (settore occidentale del Promontorio del Gargano) e l'Avanfossa bradanica (settore settentrionale del Tavoliere delle Puglie). I due settori rappresentano rispettivamente le aree di avampaese ed avanfossa dell'Appennino meridionale. I nuovi ed originali dati stratigrafici hanno permesso di elaborare un nuovo quadro stratigrafico sostanzialmente differente rispetto a quello presente sia nella cartografia geologica ufficiale che in studi stratigrafici successivi. Per quanto riguarda il settore di avampaese sono state distinte le seguenti unità litostratigrafiche formali o informali: Calcare di Bari (Calloviano p.p.-Cenomaniano inf./medio) e Calcare di Altamura (Coniaciano-Santoniano p.p.), entrambe in facies di piattaforma carbonatica interna; Calcari di Monte Acuto (Santoniano p.p.) in facies di scarpata; formazione di Masseria Belvedere (Serravalliano medio-superiore), formazione di Masseria Spagnoli (Tortoniano superiore), formazione di Valle di Vituro (Messiniano superiore?/Pliocene medio-sup.?) e Calcareniti di Gravina (Pliocene medio-superiore) depositatesi in contesti deposizionali di tipo neritico.

Per quanto riguarda il settore di avanfossa sono state invece riconosciute le seguenti unità informali: argille subappennine (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore) e supersintema del Tavoliere delle Puglie (suddiviso in sei sintemi di età compresa tra il Pleistocene medio e superiore).

I nuovi dati stratigrafici hanno fornito degli importanti vincoli per l'evoluzione tettonica dell'area. Un primo vincolo è costituito dai Calcari di Monte Acuto che marcherebbero la formazione, durante il Santoniano, di un bacino di intrapiattaforma (Bacino apulo Auct.) all'interno della Piattaforma apula (Auct.). I vincoli forniti dalle unità neogeni-

che hanno permesso di evidenziare che gran parte delle strutture mappate nel foglio sono state attive durante le fasi orogenetiche appenninico-dinariche. Le più importanti di queste strutture è la Faglia di Mattinata, orientata E-O, che mostra indicatori cinematici e caratteristiche morfo-strutturali tipiche di strutture trascorrenti che hanno registrato una complessa evoluzione polifasica. Le seguenti fasi tettoniche terziarie e quaternarie sono state distinte: a) durante il Miocene superiore-tardo Pleistocene inferiore le fasi tettoniche appenninico-dinariche avrebbero indotto sul settore garganico un campo di stress regionale che avrebbe attivato la Faglia di Mattinata come trascorrente sinistra generando contestualmente attività compressiva lungo direttrici orientate NO-SE (faglie inverse e pieghe) e attività distensiva lungo direttrici orientate NE-SO (faglie dirette); b) a partire dal tardo Pleistocene inferiore la rotazione del campo di stress regionale avrebbe prodotto la riattivazione della Faglia di Mattinata come trascorrente destra, producendo contestualmente compressione lungo direttrici orientate NE-SO (pieghe) e distensione lungo direttrici orientate NO-SE (faglie dirette).

I dati neotettonici evidenziano inoltre una generale fase di subsidenza (Pliocene – Pleistocene inferiore) connessa alla subduzione appenninica e registrata nell'area di studio da strutture tettoniche distensive che interessano la Calcareniti di Gravina; ed una fase di sollevamento pleistocenico, segnata dalla presenza dei depositi marini e continentali terrazzati del Supersintema del Tavoliere delle Puglie. Il progressivo sollevamento dell'area in esame è desunto dallo studio dei caratteri evolutivi di tali depositi interessati da faglie prevalentemente distensive, la cui attività è riferibile al post-Pleistocene medio.

---

(\*) Dipartimento di Geologia e Geofisica - Università degli Studi di Bari, via E. Orabona n. 4, 70125, Bari

# The role of geological survey in defining the morphostructural setting of Marsica region in the Foglio 378 “Scanno” (Abruzzo, Central Italy)

*Il ruolo del rilevamento geologico nella definizione dell'assetto morfostrutturale della Marsica nel Foglio 378 “Scanno” (Abruzzo, Italia centrale)*

BERTI C. (\*), MICCADEI E. (\*), PIACENTINI T. (\*)

The area of the Foglio 378 “Scanno” is located in Central Italy, in the Marsica Region. This area is characterized by high carbonatic mountain ridges, divided by narrow valleys, usually carved in siliciclastic deposits. The complex geologic setting, reflected by the present day physiography, developed in this area starting in the Upper Miocene, by means of thrust faults which juxtapose different Mesozoic paleo-geographical domains. The calcareous rocks outcropping in the field can be related to different depositional environments: carbonatic platform limestone, slope limestone with detritic lenses, and pelagic limestone.

This study aims to reconstruct the ancient landscapes through time since the incipient phases of morphogenesis in the area, while trying to reconstruct different morphogenic environments.

The detailed geologic survey, carried out in the Progetto CARG, lead to the identification of several structural units and to the reconstruction of the relationships between them.

The geologic survey has been paired by a morphostructural survey, that took in consideration the landforms and the complex arrangement of continental quaternary deposits. Several high-standing, low relief surfaces have been recognised and their relationship with the major tectonic elements have been investigated in order to find some constraints to the morphoevolution of the area.

In the western sector, the upper Sangro river valley, outcropping fluvial deposits have been investigated focusing on strath (erosive) and fill (depositional) terraces in order to define the regional and local erosive surfaces as the boundaries of the different UBSU. Remnants of the main strath can be recognized at various height, carved both in siliciclastic and carbonate bedrock.

At high elevation, high standing, wide, karst areas seem to represent the most long lasting morpho-logical feature, and testify for a long term landscape evolution. Inset glacial and slope deposits are clue for a complex and polycyclic morphological history.

In the eastern sector, Tasso creek and Sagittario river valleys, some high standing surfaces have been identified and related to pleistocenian hanging fluvial and glacial deposits outcropping all along the valley flanks. These surfaces have been incised by today river courses but some major remnants are preserved. Steep knick point zones are present where river captures occurred.

Collected data have been integrated to investigate the relationship between ancient landscape, geomorphological processes, and tectonic evolution in the study area. As an example, the Tasso Creek area has found a strong relation between tectonic elements in the valley, hanging glacial valleys on the sides, knick points along the river course and paleosurfaces, analysed also by hypsometric analysis.

The analysis carried out puts in evidence the strict relationship between the complex geological setting and the subsequent morpho-structural evolution and lead to the definition of the morpho-structures in the area. Data provided by the geomorphological study and constrains from Quaternary deposits and depositional surfaces help to define the timing of tectonic activity.

The relationship between landforms, deposits, and their position with respect to the actual landscape gives clues to the sequence of different paleo-morpho-climatic environments. High altitude paleo-landscape testify for a long-term geomorphological evolution of the area, that probably started before the tectonic compression.

(\*)Università degli Studi “G. d’Annunzio” di Chieti-Pescara/Dipartimento di Scienze della Terra

# La geologia del Foglio n. 348 Antrodoco

## *The geology of "Antrodoco" Sheet n. 348*

BERTI D. (\*), BLUMETTI A. (\*), CAPOTORTI F. (\*), CHIARINI E. (\*), D'AMBROGI C. (\*),  
DI STEFANO R. (\*), FIORENTINO A. (\*), GUERRIERI L. (\*), LA POSTA E. (\*),  
MARINO M. (\*), MURARO C. (\*), PANTALONI M. (\*), PAPASODARO F. (\*),  
PERINI P. (\*), PICCHEZZI R.M. (\*), ROSSI M. (\*)

Fra le attività che il Servizio Geologico Nazionale sta attualmente svolgendo rientra il rilevamento geologico del nuovo Foglio in scala 1:50.000 Antrodoco. I rilievi, effettuati alla scala 1:10.000, ricoprono attualmente il 50% del territorio.

L'area del Foglio Antrodoco è ubicata a cavallo fra il Lazio e l'Abruzzo ed è caratterizzata da una morfologia particolarmente acclive. La geologia risulta essere una delle più varie ed interessanti dell'Appennino centrale, sia per l'elevata complessità stratigrafica che per la complicata evoluzione tettonica cominciata a partire dal Giurassico inferiore.

In funzione delle differenti successioni sedimentarie presenti (bacino e transizione umbro-sabini, piattaforma e slope laziali-abruzzesi, di transizione al bacino marchigiano, flysch della Laga) e dei principali lineamenti tettonici, l'area si può sommariamente dividere in 4 zone. All'interno di queste sono presenti alcune aree minori sub-pianeggianti occupate da sedimenti continentali quaternari.

Il Foglio presenta un'elevata complessità stratigrafica, fino ad ora sono state riconosciute, per il solo substrato, quasi 50 unità formazionali le cui età spaziano dal Triassico superiore al Miocene superiore, ad esse vanno aggiunti i relativi membri e litofacies.

Per il Quaternario sono state individuate specifiche successioni di UBSU per ciascun bacino intermontano: Leonessa (3 unità), Cascina (3), Pizzoli-Barete (5-6), Montereale (4).

Fra i dati più interessanti ed originali riguardanti la stratigrafia si segnala il riconoscimento di due fasi di annegamento della piattaforma, probabilmente entrambe per cause tettoniche, di cui la prima durante il Bajociano e la seconda a partire dal Turoniano.

Per quanto concerne la tettonica sono stati riconosciuti alcuni elementi tettonici d'importanza regionale come un tratto della linea di accavallamento Olevano-Antrodoco, il thrust del M. Gabbia-M.

Calvo, la faglia di Antrodoco e alcuni lineamenti, certamente caratterizzati anche da attività recente, come le faglie di Capitignano, S. Giovanni e Pizzoli.

I dati fino ad ora ottenuti e il rilevamento effettuato, sebbene siano in una fase ancora preliminare, confermano e incrementano le precedenti conoscenze sull'elevata complessità geologica dell'area del Foglio.

Pur non essendo in possesso di elementi che consentono di fare delle elaborazioni conclusive, si possono comunque evidenziare degli ambiti geologici verso cui indirizzare gli sforzi futuri: l'evoluzione tettonica e stratigrafica del substrato, tenendo bene a mente che solo lo studio integrato delle due potrà fornire un quadro sufficientemente rispondente alla realtà geologica presente; l'evoluzione stratigrafica delle successioni continentali, per la loro stretta connessione con la tettonica recente cui l'area è soggetta.

### BIBLIOGRAFIA

- CAPOTORTI F. & MARIOTTI G. (1983) - *Le strutture sabine e della piattaforma carbonatica laziale-abruzzese nell'area del lago del Salto (Rieti)*. Studi geologici camerti. Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 11 Civitavecchia-Vasto. 1-2, p. 135-144628-32
- CENTAMORE E., ADAMOLI L., BERTI D., BIGI G., BIGI S., CASNEDI R., CANTALAMESSA G., FUMANTI F., MORELLI C., MICARELLI A., RIDOLFI M. & SALVUCCI R. (1992) - *Carta geologica dei bacini della Laga e del Cellino e dei rilievi carbonatici circostanti (Marche meridionali, Lazio nord-orientale, Abruzzo settentrionale)*. Scala 1:100.000. S.E.L.C.A.
- CAPOTORTI F., CENTAMORE E., CHIOCCHINI M., CIVITELLI G., CORDA L., MANCINELLI A., MARIOTTI G., ROMANO A. & SALVUCCI R. (1991) - *Dati preliminari geologico-stratigrafici sull'Unità di Monte Giano e Monte Gabbia*. Studi Geologici Camerti, Volume speciale 1991/2, CROP 11, 119-125.
- SALVUCCI R. (1995) - *Caratterizzazione geologico-strutturale della "zona d'incontro" tra il dominio sabino e quello abruzzese a nord di Antrodoco*. Studi Geologici Camerti, Volume speciale (1995/2), 397-406.



# Cartografia geofisica in aree urbane. Il Foglio Gravimetrico “Roma” alla scala 1:50.000

*Geophysical cartography in urban areas.  
The “Roma” Gravimetric Sheet at the scale 1:50,000*

CESI C. (\*), EULILLI V. (\*)

La nuova collana editoriale della “Carta Gravimetrica d’Italia alla scala 1:50.000” esordisce con la pubblicazione del Foglio 374 “Roma” che rappresenta anche un esempio di cartografia gravimetrica in aree urbane. Il Foglio è accompagnato dalle “Linee Guida per la produzione dei Fogli Gravimetrici Ufficiali”, le quali hanno costituito il riferimento normativo per la sua realizzazione.

Le fonti dei dati sono costituite dal Geodatabase Geofisico Nazionale e dal “Rilievo gravimetrico della Città di Roma” (DI FONZO *et alii*, 1986). Il *subset* di dati gravimetrici estratti dal Geodatabase, costituito da 687 valori di gravità osservata distribuiti sul territorio romano, è stato integrato nell’area del Centro Storico da 201 dati gravimetrici recuperati dal citato lavoro di DI FONZO. Questi ultimi dati sono stati oggetto di verifiche e controlli adottando strumenti di localizzazione geografica (GIS) e riposizionando talora i punti stazione con apparati GPS.

L’omogeneizzazione dei due *set* di dati ed il loro riferimento alla rete gravimetrica internazionale IGSN71, effettuati tramite la stazione n° 17912E - “Roma - Cancelli Esterno della Facoltà di Ingegneria”, e le riduzioni e correzioni apportate ai dati per il calcolo delle Anomalie di Bouguer hanno consentito di realizzare la Carta Gravimetrica alla scala 1:50.000. La densità di calcolo utilizzata è pari a 1.9 g/cm<sup>3</sup>, ritenuta la densità maggiormente rappresentativa dei terreni affioranti nel territorio romano; la Correzione Topografica è stata estesa fino a 166,736 km dal punto stazione, utilizzando Modelli Digitali del Terreno.

L’informazione gravimetrica contenuta nel Fo-

glio “Roma” viene rappresentata tramite le curve delle Anomalie di Bouguer, sovrapposte ad una base geologica semplificata, e dalle Carte derivate ottenute con ulteriore elaborazione del dato di anomalia.

Le isoanomale delineano in modo inequivocabile i principali andamenti del substrato calcareo flyschoidale, ad orientamento prevalentemente appenninico, ed alcuni elementi tettonici trasversali che ne interrompono la continuità e ne modificano la direzione.

L’alto morfologico di M. Mario non corrisponde ad un alto strutturale del substrato, il quale invece risulta innalzarsi immediatamente più a NE nella zona di Tor di Quinto.

Il Foglio è corredato, oltre che dalla legenda gravimetrica e geologica, dallo Schema gravimetrico-strutturale e dalle Sezioni. I profili gravimetrici sono presentati sovrapposti alle sezioni già individuate nel corrispondente Foglio geologico.

Le Carte derivate sono costituite dal filtro passa alto con  $\lambda < 11$  km, dal filtro passa basso con  $\lambda > 11$  km e dalla carta residua da polinomio di 2° ordine.

## BIBLIOGRAFIA

- CESI C., EULILLI V. & FERRI F. (2008) – *Analisi ed interpretazione dei valori delle anomalie di gravità del territorio dell’area romana: correlazione con gli elementi geologici di superficie e la struttura profonda*. Mem. Descr. Carta Geol. d’It., **80**, S.EL.CA., Firenze.
- DI FONZO F., GIANNONI U. & MARUFFI F. (1986) - *Rilevamento gravimetrico della Città di Roma*. Boll. Serv. Geol. D’It.
- VENTRIGLIA U. (2002) – *Geologia del territorio del Comune di Roma*. A cura Amm. Provinc. Roma

(\*) ISPRA – Servizio Geologico d’Italia/ Servizio Geofisica

# Dalla riorganizzazione formazionale del Gruppo del Cilento secondo i criteri CARG all'interpretazione sedimentologica e stratigrafica sequenziale dell'area del Bacino del Cilento compresa nei fogli geologici n. 502, 503 e 519

*From the lithostratigraphic review, according to the CARG criteria, to a new sedimentologic and sequence stratigraphy interpretation of the Cilento units cropping out in the area of the maps n. 502, 503 and 519*

CAVUOTO G. (\*), CAMMAROSANO A. (\*\*), MARTELLI L. (\*\*\*),  
NARDI G. (\*\*), VALENTE A. (\*\*\*\*)

ABSTRACT - A new and decisive impulse to the geological knowledge of Cilento is derived by the CARG 1:50.000 maps. These new surveys allowed a revision of the stratigraphy and structure of the Oligo-Miocene units belonging to the "Internidi" whole.

This review also given the requirement for a new interpretation, according to the sequence stratigraphy criteria, of the Miocene units sedimented in the Cilento basin.

PAROLE CHIAVE: Cilento, Internidi, litostratigrafia, U.B.S.U.

KEY WORDS: Cilento, Internidi, lithostratigraphy, U.B.S.U.

Dai primi studi condotti nell'area cilentana fino al 1996, anno di inizio dei rilievi per la nuova Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (CARG 50.000) in quest'area, per l'inquadramento e la descrizione di questo settore dell'Appennino meridionale, sono state descritte e proposte diverse unità stratigrafiche e strutturali (SELLI, 1962; IETTO *et alii*, 1965; OGNIBEN, 1969; COCCO, 1971; AMORE *et alii*, 1988; BONARDI *et alii*, 1988a; VALENTE, 1991, 1993).

Un nuovo impulso alla conoscenza geologica del Cilento è derivato dalla realizzazione del foglio

503 Vallo della Lucania (APAT, 2005; MARTELLI & NARDI, 2005) il cui rilevamento, condotto secondo i criteri CARG 50.000 alla scala 1:10.000, integrato da nuovi dati lito-biostratigrafici (v. ad es.: DI STASO & GIARDINO, 2002; CAMMAROSANO *et alii*, 2004), ha consentito una nuova ed originale organizzazione dell'impianto stratigrafico e strutturale del Gruppo del Cilento (Arenarie di Pollica e Formazione di S. Mauro), dell'unità Nord-calabrese (Formazione delle Crete Nere, Formazione del Saraceno e Arenarie di Cannicchio) e delle unità "ad affinità sicilide" *Auctt.* (Argilliti di Genesio, Marne e Calcareni del T. Trenico e Arenarie di Pianelli) (CAMMAROSANO *et alii*, 2000, 2004; MARTELLI & NARDI, 2005) successivamente confermato dalla realizzazione dei Fogli 502 Agropoli e 519 Capo Palinuro.

Questo nuovo quadro stratigrafico ha costituito anche la base per una revisione della sedimentologia e una nuova interpretazione in chiave sequenziale delle unità mioceniche del bacino del Cilento.

(\*) CN.R. - Istituto di Geologia ambientale e Geoingegneria (IGAG), Roma

(\*\*) Università "Federico II" / Dipartimento di Scienze della Terra, Napoli

(\*\*\*) Regione Emilia-Romagna / Servizio geologico, sismico e dei suoli, Bologna

(\*\*\*\*) Università degli Studi del Sannio / Dipartimento di Studi geologici e Ambientali, Benevento

Le sezioni stratigrafiche del Gruppo del Cilento sono state ridescritte e reinterpretate secondo i criteri dell'*UGA Stratigraphy Lab* (2002). È stata così elaborata una nuova sintesi sedimentologico-stratigrafica basata sull'analisi delle principali caratteristiche fisiche, quali le *unconformities*, le superfici erosive, i bruschi cambi granulometrici e/o composizionali, la presenza e distribuzione dei corpi grossolani e di quelli caotici. In tal modo sono stati ricostruiti i principali "Depositional Systems" del Gruppo del Cilento (CAVUOTO *et alii*, 2002, 2004).

L'ottima correlazione con le unità litostratigrafiche CARG ha consentito di definire anche la distribuzione areale dei sistemi deposizionali e un modello di evoluzione paleogeografica a partire dall'Oligocene superiore (CAVUOTO *et alii*, 2005).

L'analisi stratigrafico-sequenziale delle Arenarie di Cannicchio e delle Arenarie di Pollica ha confermato l'assetto litostratigrafico proposto nel Foglio 503, individuando sequenze di III e IV ordine facilmente correlabili con le unità suddette. Inoltre, in base alla architettura sedimentaria e alla loro posizione all'interno dei singoli *system tracts*, sono stati riconosciuti e descritti i diversi tipi di canali (CAMMAROSANO A., 2006).

Gran parte dei risultati di queste ricerche sono stati oggetto di studi recentemente pubblicati nel volume speciale n. 56 dell'*American Association Petroleum Geologists*: "Atlas of Deep-Water Outcrops in the world" (CAVUOTO *et alii*, 2008a, 2008b, 2008c).

## BIBLIOGRAFIA

- AMORE F.O., BONARDI G., CIAMPO G., DE CAPOA P., PERRONE V. & SGROSSO I. (1988a) - *Relazioni tra "Flysch interni" e domini appenninici: reinterpretazione delle formazioni di Pollica, San Mauro e Albidona nel quadro della evoluzione inframiocenica delle zone esterne appenniniche*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 285-297.
- APAT (2005) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 503 "Vallo della Lucania"*. APAT, SGI - Univ. "Federico II", Dip. Scienze della Terra, Napoli. S.EL.CA., Firenze.
- BONARDI G., AMORE F.O., CIAMPO G., DE CAPOA P., MICONNET P. & PERRONE V. (1988a) - *Il Complesso Ligure Auct.: stato delle conoscenze e problemi aperti sull'evoluzione pre-appenninica ed i suoi rapporti con l'arco calabro*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 17-35.
- CAMMAROSANO A., DANNA M., DE RIENZO F., MARTELLI L., MIELE F. & NARDI G. (2000) - *Il substrato del Gruppo del Cilento tra il M. Vesale e il M. Sacro (Cilento, Appennino Meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **119**: 395-405.
- CAMMAROSANO A., CAVUOTO G., DANNA M., DE CAPOA P., DE RIENZO F., DI STASO A., GIARDINO S., MARTELLI L., NARDI G., SGROSSO A., TOCCACELI R.M. & VALENTE A. (2004) - *Nuovi dati e nuove interpretazioni sui flysch terrigeni del Cilento (Appennino meridionale, Italia)*. Boll. Soc. Geol. It., **123**: 253-273.
- CAMMAROSANO A. (2006) - *Analisi sequenziale delle Formazioni di Cannicchio e Pollica affioranti nell'area di Monte della Stella (Cilento, Italia meridionale)*. PhD Thesis, University "Federico II", Naples (Italy). Published on web: <http://www.fedoa.unina.it/2637>.
- CAVUOTO G., NARDI G. & VALENTE A. (2002) - *Architetture deposizionali delle successioni torbiditiche nel Cilento Settentrionale (Appennino Meridionale)*. IX<sup>a</sup> Riunione Annuale del Gruppo Informale di Sedimentologia, 21- 22 Ottobre 2002, Pescara (Italy).
- CAVUOTO G., MARTELLI L., NARDI G. & VALENTE A. (2004) - *The influence of basin topography in the architecture of miocene turbiditic successions in Cilento (Southern Apennines)*. 32<sup>nd</sup> International Geological Congress Florence, Italy August 20-28, 2004. Abs. Vol. G21.05 (328): Deep-Abstract and communication: sea clastic sedimentation. Electronic version on-line on July 20, 2004, Abs. Vol. G21.05 (328): Deep-sea clastic sedimentation. Sito web?on web: <http://www.32igc.info/>.
- CAVUOTO G., MARTELLI L., NARDI G. & VALENTE A. (2005) - *Depositional systems and Architecture Of Oligo-Miocene Turbiditic Successions In Cilento (Southern Apennines)*. GeoActa, **3**: 129-147.
- CAVUOTO G., VALENTE A., NARDI G. & MARTELLI L. (2008a) - *Turbidite Depositional Systems and Architectures, Cilento, Italy*. In: "The Atlas of Deep-Water Outcrops of the World", AAPG Special Publication, Studies in Geology, **56**.
- CAVUOTO G., VALENTE A., NARDI G., MARTELLI L. & CAMMAROSANO A. (2008b) - *A prograding Miocene turbidite system, Tempa Rossa cliffs, Italy*. In: "The Atlas of Deep-Water Outcrops of the World", AAPG Special Publication, Studies in Geology, **56**.
- CAVUOTO G., VALENTE A., NARDI G. & MARTELLI L. (2008c) - *Upper Miocene channel-fill deposits, Tempa della Pantanella, Italy*. In: "The Atlas of Deep-Water Outcrops of the World", AAPG Special Publication, Studies in Geology, **56**.
- COCCO E. (1971) - *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, F. 209 Vallo della Lucania*. Serv. Geol. It., Roma.
- DI STASO A. & GIARDINO S. (2002) - *New integrate biostratigraphic data about the Saraceno Formation (North Calabrian Unit, Southern Apennines)*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. **1**: 517-526.
- IETTO A., PESCATORE T. & COCCO E. (1965) - *Il flysch mesozoico del Cilento occidentale*. Boll. Soc. Natur. Napoli, **74**: 396-402.
- MARTELLI L. & NARDI G. con contributi di BRAVI S., CAVUOTO G. & TOCCACELI R. (2005) - *Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 503 "Vallo della Lucania"*. APAT, SGI - Università. "Federico II", Dip. Scienze della Terra, Napoli. S.EL.CA., Firenze.
- OGNIBEN L. (1969) - *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Mem. Soc. Geol. It., **8**: 453-763.
- SELLI R. (1962) - *Il Paleogene nel quadro dell'Italia meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **3**: 737-790.
- VALENTE A. (1991) - *Caratteri sedimentologici di una successione torbiditica nel Cilento orientale (Appennino meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **47**: 191-196.
- VALENTE A. (1993) - *Studi geologici e sedimentologici sulla successione miocenica di Monte Sacro (Flysch del Cilento, Appennino Meridionale)*. PhD Thesis, University "Federico II", Naples (Italy).
- UGA STRATIGRAPHY LAB (2002) - *Online guide to sequence Stratigraphy: application to outcrops*. on web: <http://www.uga.edu/>.



## Stratigrafia del Foglio 438 “Bari” (Puglia, Italia meridionale)

### *Stratigraphy of the Sheet 438 “Bari” (Apulia, southern Italy)*

---

PIERI P. (\*), SABATO L. (\*), SPALLUTO L. (\*),  
TROPEANO M. (\*)

La suddivisione stratigrafica proposta nell’ambito dei rilevamenti del Foglio 438 “BARI” può rappresentare un significativo esempio per l’intero territorio delle Murge (Puglia, Italia meridionale). In particolare per la prima volta viene suggerita una suddivisione stratigrafica dei depositi del Pleistocene medio e superiore che caratterizzano la porzione orientale delle Murge.

Tutte le unità affioranti possono essere ricondotte a tre principali intervalli di sedimentazione, vincolati a differenti fasi di evoluzione geodinamica dell’area: i) aggradazione della Piattaforma carbonatica apula nel Cretaceo (subsidenza di margine passivo compensata da sedimentazione - Gruppo dei Calcari delle Murge); ii) trasgressione ed annegamento nel Pliocene superiore e Pleistocene inferiore della serie cretacea dopo un lungo periodo di esposizione subaerea (subsidenza flessurale dell’Avampaese apulo non compensata da sedimentazione - serie trasgressiva della Fossa bradanica); iii) regressione forzata a partire dal Pleistocene medio (sollevamento regionale con, a luoghi, terrazzamento di depositi marini e continentali).

Per quanto riguarda le unità stratigrafiche attribuibili geneticamente al primo grande intervallo di sedimentazione, queste sono state riferite alla Formazione del Calcare di Bari (Albiano superiore-Cenomaniano superiore), analogamente alla precedente edizione della Carta Geologica d’Italia così come confermate e/o parzialmente emendate anche in lavori successivi.

I depositi attribuibili alle altre due fasi di evoluzione geodinamica non erano stati differenziati nei vecchi lavori di rilevamento geologico, e solo successivamente, in alcuni lavori di sintesi regionale, era stata riconosciuta nel loro ambito una differenza genetica e proposta una schematica suddivisione. In particolare, in questi lavori, una parte di

tali depositi era già stata attribuita alla porzione trasgressiva della serie bradanica utilizzando la stessa nomenclatura stratigrafica già nota per le unità affioranti sul fianco occidentale delle Murge (Calcarene di Gravina e argille subappennine) la cui età, da considerazioni regionali, è stata riferita genericamente al Pleistocene inferiore; i depositi più recenti erano stati invece più correttamente attribuiti all’intervallo di sedimentazione legato al sollevamento regionale ma genericamente definiti come depositi marini terrazzati.

Nell’ambito dei nuovi rilevamenti per la realizzazione del Foglio 438 “BARI”, i depositi legati alla fase di sollevamento regionale sono stati distinti in due supersintemi: Supersintema delle Murge (MU) (Pleistocene medio-superiore) e Supersintema delle Lame delle Murge (MB) (Pleistocene superiore-Olocene). Nel Supersintema delle Murge rientrano depositi costieri s.l. a composizione mista carbonatico/terrigena e caratterizzati da facies marine, transizionali e/o continentali. Tali depositi, in appoggio discordante sulle unità più vecchie, risultano terrazzati a quote diverse ed attribuiti nell’area rilevata a cinque differenti sintemi (Rutigliano MUA; Noicattaro MUN; Carbonara MUC; San Pasquale MUQ; San Girolamo MUI) sviluppatisi in cinque differenti intervalli di parziale risalita e stazionamento relativo del livello del mare durante la fase regressiva di più lungo periodo. Nel Supersintema delle Lame delle Murge rientrano i depositi alluvionali terrazzati a diverse quote sui fianchi delle incisioni a fondo piatto (lame) che caratterizzano il reticolo idrografico delle Murge. Tali depositi, in appoggio discordante sulle unità più vecchie, sono stati attribuiti a due differenti sintemi (Madonna delle Grotte MBL; Costa S. Giovanni MBN) sviluppatisi in due differenti fasi di incassamento ed alluvionamento delle lame.

---

(\*) Dipartimento di Geologia e Geofisica - Università degli Studi di Bari, via E. Orabona 4, 70125, Bari

# La cartografia dei fenomeni franosi nell'ambito del progetto "foglio Antrodoco":

## stato di avanzamento e risultati conseguiti

### *Landslides cartography in "foglio Antrodoco" project: progress report and results*

AMANTI M. (\*), CHIESSI V. (\*),  
GUARINO P.M. (\*), SERAFINI R. (\*)

Nell'ambito delle integrazioni geotematiche al rilevamento geologico del foglio 348 Antrodoco, è stato realizzato un censimento dei fenomeni franosi.

Il censimento è stato svolto mediante una accurata attività di rilevamento, fotointerpretazione e di verifica delle informazioni disponibili nelle banche dati esistenti. L'inventario dei dati è stato effettuato utilizzando la scheda frane IFFI e realizzando un database e un GIS mediante il software Arcgis 9.0.

Il risultato è una Carta Inventario delle Frane avente un grado di dettaglio alla scala 1:10.000, anche se la restituzione finale è prevista alla scala 1: 50.000.

In totale, sono state censite 367 aree in frana, per una superficie complessiva di 9,86 km<sup>2</sup>, pari a circa 1,6% dell'estensione complessiva del foglio.

Le frane interessano prevalentemente la formazione del flysch della Laga (41%) e le successioni carbonatiche di piattaforma, scarpata e bacino (30%). In misura minore sono interessate la formazione delle Marne a Cerrognà (17%), le successioni calcareo-marnoso-argillose (10%) e i depositi di detrito (2%).

Per quanto riguarda la tipologia del movimento, se si considera il numero degli eventi franosi, prevalgono le frane da crollo (56%), cui seguono gli scivolamenti traslativi (18%). Se si considera l'estensione delle aree in frana, ponendo a parte le DGPV, i fenomeni di crollo continuano a essere tra i più rappresentati, anche se superati in estensione dalle frane complesse, vedi figura a destra.

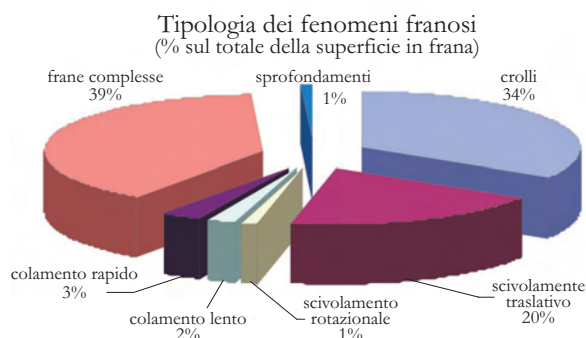
La Carta Inventario delle Frane costituisce il punto di partenza per ulteriori studi, come l'elaborazione di una Carta della pericolosità geologica per instabilità dei versanti, attualmente in fase di realizzazione.

Inoltre, è in corso di approfondimento l'analisi

delle relazioni tra tipologia e distribuzione dei fenomeni franosi e le caratteristiche del paesaggio.

A tal fine, si è proceduto alla individuazione delle Unità di Paesaggio, caratterizzate da una relativa omogeneità dell'assetto morfologico, litologico e strutturale, e dal prevalere di alcuni processi morfodinamici rispetto ad altri. Le Unità di Paesaggio individuate sono: 1) Rilievi carbonatici molto elevati della successione Umbro-marchigiana; 2) Rilievi carbonatici della successione Umbro-marchigiana; 3) Rilievi carbonatici della unità M. Giano-M. Gabbia; 4) Rilievi carbonatici della unità G. Sasso-Cittareale; 5) Rilievi calcarei, calcareo-argillosi e marnosi; 6) Rilievi marnosi; 7) Rilievi in successioni flyschoidi arenaceo-siltose.

Lo studio della distribuzione delle frane in funzione delle Unità di paesaggio consente di analizzare in maniera più mirata i settori del foglio maggiormente interessati dai fenomeni, segnatamente quelli ricadenti nelle unità 1, 5 e 7.



#### BIBLIOGRAFIA CITATA

ISPRA – *Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI)*.

(\*) ISPRA - Servizio Geologico d'Italia/ Servizio Geologia Applicata e Idrogeologia

# Datazioni radiometriche: dal post-Varisico alla collisione e riesumazione di un orogene. Le Alpi liguri viste attraverso il Foglio -228 Cairo Montenotte

*Radiometric dating: from the post-Variscan to the collision and exhumation of an orogen. The Ligurian Alps through the Foglio -228 Cairo Montenotte*

DALLAGIOVANNA G. (\*), GAGGERO L. (\*\*),  
MAINO M. (\*), SENO S. (\*)

## INTRODUZIONE

Il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pavia ha ricevuto mandato dalla Regione Liguria – Dipartimento Ambiente, Servizio Politiche dell'Assetto del Territorio, di allestire la cartografia geologica CARG del Foglio 228-Cairo Montenotte. Al suo interno affiorano rocce metamorfiche appartenenti a tre domini della catena alpina (Brianzonese, Piemontese e Piemontese-Ligure), ricoperte in discordanza dai depositi clastici del Bacino Terziario Ligure-Piemontese. Questo progetto ha fornito il supporto all'esecuzione di indagini mirate ad approfondire argomenti che completano, e al tempo stesso trascendono, la realizzazione cartografica. Uno di questi è la miglior definizione cronologica di due momenti che si trovano agli estremi della storia dell'orogene alpino: i) la messa in posto delle serie vulcano-clastiche permiane, che occupano gran parte del foglio; ii) la riesumazione della catena alpina.

## DATAZIONI U-PB DEL MAGMATISMO POST-VARISICO

Datazioni U-Pb di rocce vulcaniche comprese tra il basamento pre-varisico e la copertura permio-mesozoica delle unità Brianzonesi Liguri, hanno permesso di ricostruire l'evoluzione tettono-magmatica tardo paleozoica delle Alpi Liguri. Le analisi U-Pb sono state eseguite su zirconi con il

metodo LA ICP MS, presso i laboratori dell' I.G.G. - CNR - Unità di Pavia.

Le nuove età U-Pb confinano un primo ciclo vulcanico e la coeva sedimentazione continentale, tra circa 286 e 273 Ma. In seguito a un gap nell'attività vulcanica di circa 15 Ma, si ha la messa in posto di rioliti alcaline (circa 258 Ma). Il cambio dell'attività vulcanica segna il passaggio dalla fase orogenica post-collisionale a quella anorogenica e prelude alla successiva evoluzione mesozoica del margine passivo europeo.

## DATAZIONE (U-TH)/HE DELL'ESUMAZIONE DELL'OROGENE

Il metodo (U-Th)/He, applicato agli zirconi, permette di investigare l'età cui le rocce si sono raffreddate ad una temperatura inferiore a 200 °C. Le analisi sono state eseguite presso i laboratori del S.U.E.R.C. presso East Kilbride, Scotland. L'applicazione di questo metodo sulle rocce vulcaniche delle Alpi Liguri ha permesso di datare la fine delle fasi metamorfiche alpine e calcolare i tassi di esumazione dell'orogene con le relative variazioni spazio-temporali.

I modelli numerici che integrano i dati T/t delle analisi (U-Th)/He con quelli stratigrafici, indicano come l'esumazione sia stata molto rapida (con un tasso medio di circa 3 mm/a) e differenziata sia parallelamente che trasversalmente lungo la direzione del trasporto tettonico (NE-SW)

(\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia, via Ferrata 1 - 27100 Pavia, Italy. E-mail:matteo.maino@manhattan.unipv.it.

(\*\*) Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue risorse, Università di Genova, corso Europa 26 - 16132 Genova, Italia



# La Cartografia Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 - Fogli Profondi

*Geological Maps of the Adriatic Sea,  
scale 1:250,000 - Subcrop Charts*

---

ARGNANI A. (\*), ROVERE M. (\*)

Fogli profondi della cartografia geologica a scala 1:250.000 offrono una rappresentazione sintetica delle caratteristiche strutturali e stratigrafiche del sottofondo marino nelle acque italiane.

I prodotti cartografici sono riassunti in 6 carte geologiche (Fogli NL-33-7 Venezia, NL 33-10 Ravenna, NK33-1/2 Ancona, NK33-5 Pescara, NK 33-6 Vieste e NK 33-8/9 Bari), con relative note illustrative, che coprono il Mare Adriatico e nelle quali sono descritte la carta strutturale della superficie che marca la base della successione pliocenico-quadernaria e le strutture tettoniche che interessano tale superficie.

Tale informazione è rappresentata nella carta principale di ciascun foglio, come carte accessorie sono inoltre rappresentate delle sezioni geologiche e degli schemi stratigrafici che illustrano l'evoluzione geologica di lungo periodo e l'attuale assetto strutturale.

Qualora presente, viene illustrata anche l'attività sismica (sismicità strumentale, storica e meccanismi focali) e le sue relazioni con le strutture tettoniche

attive alla base del Quaternario. La base del Quaternario è un'altra superficie di rilevante interesse geologico e, anche se non viene rappresentata nella carta principale dei fogli, essa occupa una delle carte accessorie dedicate alla neotettonica delle aree marine.

I Fogli profondi della cartografia geologica a scala 1:250.000, pertanto, costituiscono da un lato un prodotto cartografico omogeneo e di facile confronto con la cartografia terrestre, dall'altro offrono un quadro sintetico dell'assetto strutturale e stratigrafico delle aree del Mare Adriatico. Le carte sono state realizzate con l'intento di renderle di facile fruibilità e lettura da parte di un pubblico vasto, in modo da soddisfare ricadute di interesse sia scientifico che applicativo. Questa scala di osservazione consente, infatti, fra le altre cose, di pianificare ulteriori ricerche con finalità geologiche più approfondite, di effettuare correlazioni con la geologia di terreno delle adiacenti regioni costiere, di focalizzare studi specifici volti alla caratterizzazione sismotettonica delle aree marine.

---

(\*) ISMAR – CNR, Sezione di Geologia Marina, via P. Gobetti 101, 40129 Bologna, Italia

# La Cartografia Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 - Fogli Superficiali

*Geological Maps of the Adriatic Sea,  
scale 1:250,000 - Seafloor Charts*

---

TRINCARDI F. (\*), CORREGGIARI A. (\*)  
E COLLABORATORI (\*)(\*\*)

La cartografia geologica a scala 1:250.000 offre una rappresentazione sintetica della distribuzione dei depositi superficiali nelle acque italiane del bacino adriatico.

I prodotti cartografici sono riassunti in 6 carte geologiche e relative note illustrative in cui sono descritti i depositi tardo-quadernari suddivisi, in base alle fasi principali dell'ultimo ciclo glacio-eustatico, in:

- sistemi di stazionamento alto (ultimi ca. 5.000 anni)
- sistemi trasgressivi (intervallo 18.000-5.000 anni)
- sistemi di stazionamento basso (intervallo 25.000-18.000 anni)
- sistemi di caduta del livello del mare (intervallo 125.000-25.000 anni)

In alcuni casi i sistemi di caduta e di stazionamento basso del livello del mare non sono separabili.

L'utilità scientifica e pratica di questo tipo di rappresentazione appare evidente: sul piano scientifico la rappresentazione sintetica e a scala di bacino permette, per la prima volta, di calcolare i volumi delle varie unità stratigrafiche per valutare variazioni nei budget sedimentari legate a fattori tettonici, climatici e, più recentemente, al crescente impatto delle attività umane sui suoli, sui fiumi e nelle aree deltizie e costiere; sul piano applicativo le carte permettono di indirizzare ricerche sulle ri-

sorse (biologiche e di materiali per il ripascimento costiero) e di definire i fondali adatti alla posa di opere in condizioni di sicurezza e di caratterizzarli in funzione dei diversi ecosistemi.

La maggior parte dei paesi europei possiede una cartografia geologica delle aree marine nazionali che costituiscono la Zona Economica Esclusiva, con il foglio NL33-10 RAVENNA pubblicato nel 2001 a scala 1:250.000, anche l'Italia ha iniziato un simile progetto che si sta concludendo per il bacino adriatico con altri 5 fogli NL33-7 VENEZIA, NK33-1/2. ANCONA, NK33-5 PESCARA, NK33-6 VIESTE, NK33-8/9 BARI.

La rappresentazione della geologia superficiale delle aree marine verrà resa utilizzabile attraverso un semplice sistema iterativo già in uso presso alcune regioni italiane. Infatti oltre ai prodotti cartografici specifici, tutti i dati utilizzati confluiscono in un WEBGIS che contiene anche le carte di sintesi della distribuzione degli spessori dei vari tipi di depositi per tutto l'Adriatico.

## BIBLIOGRAFIA

TRINCARDI F. ET ALII (2004) – *Geological Mapping of Italian Seafloors: The Adriatic Project*. In: "Mapping Geology in Italy", [a cura di] G. PASQUARÈ, C. VENTURINI, G. GROPELLI - [S.L.] : A.P.A.T. - ISBN 88-448-0189-2.

---

(\*) ISMAR – CNR, Sezione di Geologia Marina, via P. Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy

(\*\*) ANGELETTI L., ASIOLI A., CAMPIANI E., CATTANEO A., FOGLINI F., MINISINI D., PIVA A., REMIA A., RIDENTE D., TAVIANI M. & VERDICCHIO G.

## INDICE / INDEX

Presentazione.....	Pag. 3
Introduzione.....	» 5
TACCHIA D. & VATOVEC M.L. - <i>Le innovazioni introdotte dal progetto CARG nell'allestimento e stampa dei fogli geologici</i> - The innovations in setting and printing of geological maps introduced by the CARG project.....	» 7
PROGRAMMA.....	» 13
LETTIERI M. - <i>Progetto CARG - Il Progetto di Cartografia geologica nazionale alla scala 1:50.000: stato di avanzamento (novembre 2008)</i> - Carg Project - The Italian cartography project for the new geological map of Italy at 1:50,000 scale: state of the art (november 2008).....	» 17
FORLATI F. - <i>Pericolosità e rischio idrogeologico: il contributo della conoscenza geologica</i> - Natural hazard and risk assessment: geological knowledge support.....	» 21
TOSI L., TEATINI P., CARBOGNIN L., BRANCOLINI G. & RIZZETTO F. - <i>Variabilità spaziale della subsidenza attuale nell'area veneziana</i> - Spazial variability of the present land subsidence in the Venice area.....	» 27
MARTELLI L. - <i>I dati CARG e il governo del territorio: l'esempio della definizione della pericolosità locale per la riduzione del rischio sismico</i> - CARG data and territory government: the example of the definition of the local hazard for seismic risk reduction.....	» 31
BATTAGLINI L., CAMPO V., CIPOLLONI C., CONGI M.P., DELOGU D. & VENTURA R. - <i>Il Portale Geografico del Servizio Geologico d'Italia. Uno strumento di diffusione dei dati geologici</i> - The Geographic Portal of the Geological Survey of Italy. A geological data dissemination tool.....	» 35
AMANTI M. - <i>Integrazioni geotematiche al rilevamento geologico: il caso del foglio "Antrodoco"</i> - Geothematic Integration to Geological Map Survey: the "Antrodoco" case study.....	» 39
D'ANGELO S. & FIORENTINO A. - <i>Il progetto CARG e la geologia marina. Esperienze cartografiche per la conoscenza delle aree marine</i> - The Carg Project and marine geology: Mapping of submerged areas.....	» 47
BOERIO V., POLATTINI S. & TOGNALA B. - <i>La conoscenza geologica e la progettazione di grandi infrastrutture</i> - Geological knowledge and infrastructural design.....	» 53
GASPERINI L. - <i>Il rilievo Geofisico-Geologico del Lago Trasimeno (F. 310 Passignano sul Trasimeno)</i> - Geophysical-Geological survey of Lake Trasimeno (F. 310 Passignano sul Trasimeno).....	» 57
DI BUCCI D. - <i>Le informazioni geologiche nelle attività di protezione civile</i> - Geological Information and Civil Protection activities.....	» 61
CITA M.B. - <i>Stratigrafia e carte geologiche</i> - Stratigraphy and geological maps.....	» 67
BERNOULLI D. - <i>Mesozoic faults and folds in the South-Alpine and Austroalpine upper crust and its sedimentary cover</i> - Sudalpino e Austroalpino: faglie e pieghe mesozoiche nella crosta superiore e loro coperture sedimentarie.....	» 73
BARCHI M.R., BOSCHERINI A. & MOTTI A. - <i>20 anni di cartografia geologica e geotematica in Umbria</i> - 20 years of Geological and Geothematical Maps in Umbria.....	» 75
CATALANO R., SULLI A., ALBANESE C., AVELLONE G., BASILONE L., GASPARO MORTICELLI M., AGATE M., VALENTI V. & LENA G. - <i>Il controllo della sismica a riflessione nella elaborazione dei Fogli Geologici del Progetto CARG nella Sicilia Occidentale</i> - Seismic reflection constraints in the frame of the CARG Project in Western Sicily.....	» 79
BRANCA S. - <i>Foglio 634 Catania: metodologia stratigrafica per la mappatura dei prodotti vulcanici del basso versante SE dell'Etna e considerazioni sulla pericolosità vulcanica</i> - Foglio 634 Catania: stratigraphic methodology for mapping volcanic products of lower SE flank and consideration about volcanic hazard.....	» 83



D'OREFICE M. - <i>Gli elementi innovativi nell'ambito della cartografia geologica del Quaternario (Progetto CARG)</i> - Innovative elements in the geological mapping of the Quaternary (CARG Project).....	Pag. 89
VALENSISE G. - <i>Cartografia geologica e tettonica attiva: un matrimonio impossibile?</i> - Geologic cartography and active tectonic studies: an impossible marriage?..... »	95
PICCIN A. - <i>Risorse idriche in aree urbane: integrazione tra geologia e idrogeologia</i> - Water resources in urban areas: integration between geology and hydrogeology..... »	99
D'AMBROGI C. - <i>Modellazione geologica 3D: nuovi strumenti di rappresentazione e analisi dei dati e delle strutture geologiche</i> - 3D geological modelling: new tools to represent and to analyse geological data and structures..... »	105
MORELLI M., MALLIN L., NICOLÒ G., PIANA F. & FIORASO G. - <i>Il contributo dell'interferometria PS-InSAR<sup>TM</sup> satellitare nella valutazione della mobilità tettonica in Piemonte</i> - Analysis of interferometry (PS-InSAR <sup>TM</sup> )..... »	109
PANTALONI M. - <i>La Carta Geologica d'Italia 1:1.000.000 e OneGeology: tradizione e innovazione</i> - The Geological Map of Italy at 1:1,000,000 scale and OneGeology: tradition and innovation..... »	113
COCCIONI R. - <i>Geositi e Geoturismo</i> - Geosites and Geotourism..... »	117
VENTURINI C. - <i>Carte geologiche come spartiti musicali. Dal solfeggio all'ascolto: come e quando</i> - Geological maps like musical scores. From solmization to listening: how and when..... »	121
SERRA M. - <i>La cartografia geologica secondo le linee guida del Progetto CARG: alcune applicazioni</i> - Geological cartography in accordance with the CARG Project guide lines: some applications..... »	131
MORETTI M., PIERI P. & SPALLUTO L. - <i>Geologia del Foglio 396 "San Severo" (Puglia, Italia meridionale)</i> - Geology of the Sheet 396 "San Severo" (Apulia, southern Italy)..... »	132
BERTI C., MICCADEI E. & PIACENTINI T. - <i>The role of geological survey in defining the morphostructural setting of Marsica region in the Sheet 378 "Scanno" (Abruzzo, Central Italy)</i> - Il ruolo del rilevamento geologico nella definizione dell'assetto morfostrutturale della Marsica nel Foglio 378 "Scanno" (Abruzzo, Italia centrale)..... »	133
BERTI D., BLUMETTI A., CAPOTORTI F., CHIARINI E., D'AMBROGI C., DI STEFANO R., FIORENTINO A., GUERRIERI L., LA POSTA E., MARINO M., MURARO C., PANTALONI M., PAPASODARO F., PERINI P., PICHEZZI R.M. & ROSSI M. - <i>La geologia del Foglio n. 348 "Antrodoco"</i> - The geology of "Antrodoco" Sheet n. 348..... »	134
CESI C. & EULILLI V. - <i>Cartografia geofisica in aree urbane. Il Foglio Gravimetrico "Roma" alla scala 1:50.000</i> - Geophysical cartography in urban areas. The "Roma" Gravimetric Sheet at the scale 1:50,000..... »	135
CAVUOTO G., CAMMAROSANO A., MARTELLI L., NARDI G. & VALENTE A. - <i>Dalla riorganizzazione formazionale del Gruppo del Cilento secondo i criteri CARG all'interpretazione sedimentologica e stratigrafica sequenziale dell'area del Bacino del Cilento compresa nei fogli geologici n. 502, 503 e 5019</i> - From the lithostratigraphic review, according to the CARG criteria, to a new sedimentologic and sequence stratigraphy interpretation of the Cilento units cropping out in the area of the maps n. 502, 503 and 519..... »	136
PIERI P., SABATO L., SPALLUTO L. & TROPEANO M. - <i>Stratigrafia del Foglio 338 "Bari" (Puglia, Italia meridionale)</i> - Stratigraphy of the Sheet 338 "Bari" (Apulia, southern Italy)..... »	138
AMANTI M., CHIESSI V., GUARINO P.M. & SERAFINI R. - <i>La cartografia dei fenomeni franosi nell'ambito del progetto "foglio Antrodoco": stato di avanzamento e risultati conseguiti</i> - Landslides cartography in "foglio Antrodoco" project: progress report and result..... »	139
DALLAGIOVANNA G., GAGGERO L., MAINO M. & SENO S. - <i>Datazioni radiometriche: dal post-Varisco alla collisione e riesumazione di un orogene. Le Alpi liguri viste attraverso il Foglio-228 Cairo Montenotte</i> - Radiometric dating: from the post-Variscan to the collision and exhumation of an orogen. The Ligurian Alps through the Foglio-228 Cairo Montenotte..... »	140
ARGNANI A. & ROVERE M. - <i>La Cartografia Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 - Fogli Profondi</i> - Geological Maps of the Adriatic Sea, scale 1:250,000 - Subcrop Charts..... »	141
TRINCARDI F., CORREGGIARI A. & COLLABORATORI - <i>La Cartografia Geologica dei Mari Italiani alla scala 1:250.000 - Fogli Superficiali</i> - Geological Maps of the Adriatic Sea, scale 1:250,000 - Seafloor Charts..... »	142