

Strumenti e metodologie informatiche per l'idrogeologia: dai dati alla rappresentazione cartografica

*Information tools and methodologies applied to hydrogeology:
from data supply to cartographic representation*

ROMA M. (*), VITALE V. (*)

RIASSUNTO – Il presente lavoro illustra le procedure di standardizzazione dei dati e le scelte cartografiche operate per la realizzazione delle cartografie idrogeologiche, presentate in questo volume, finalizzate alla verifica sperimentale di applicabilità del Quaderno 5 – III Serie, del SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE “Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000”.

Lo studio ha rivelato i limiti di rappresentazione del Quaderno, soprattutto in realtà idrogeologiche complesse, cercando di offrire un contributo migliorativo attraverso la realizzazione di una libreria di simboli, compatibili con il software GIS(1) utilizzato, unitamente alla creazione di simbologia *ad hoc* che consentisse una chiara ed immediata lettura del dato idrogeologico.

PAROLE CHIAVE: Linee guida, Idrogeologia, Cartografia idrogeologica, GIS.

ABSTRACT – The aim of this work is to carry out the hydrogeological maps oriented to verify the consistency of the paper named “Guide to the hydrogeological survey and the cartographic representation of the hydrogeological map of Italy at the 1:50.000 scale” printed by the Geological Survey of Italy, using specific cartographic selections and data standardization.

This research allows us to identify which is the borderline application due to the use of guide to build the cartographic representation, especially in the case of complex hydrogeological structures.

To obtain the maps, two lines of implementations had been carried out: a construction of a symbol library inside the GIS(1) software and new symbol list realized to allow a simple visualization of the hydrogeological data.

KEY WORDS: Guidelines, Hydrogeology, Hydrogeological cartography, GIS.

(*) ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - Servizio Geologico d'Italia/Dipartimento Difesa del Suolo

(1) *Geographic Information System*.

1. - INTRODUZIONE

I dati idrogeologici, forniti dagli Autori dei rilevamenti effettuati secondo le specifiche tecniche del Quaderno 5 - Serie III, del SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (MARI *et alii*, 1995), (di seguito indicato sinteticamente come Q5), sono stati utilizzati come elementi di partenza per la realizzazione delle cartografie idrogeologiche che in questo volume vengono illustrate e allegate in tasca di copertina.

Relativamente ai diversi contributi scientifici, i dati idrogeologici forniti hanno mostrato una diversa organizzazione digitale secondo differenti ambienti di lavoro GIS/CAD, non esistendo a riguardo particolari vincoli sulla fornitura, sui formati e sulla metodologia di elaborazione di una prima cartografia prototipale idrogeologica.

Al fine di raggiungere una chiara rappresentazione cartografica dell'informazione idrogeologica, si è resa necessaria una generale rivisitazione dei dati forniti, oltre che uniformare la loro struttura, in modo tale da poterli rendere idonei per una possibile collocazione interna a un *database* di concezione idrogeologica (MARI *et alii*, 2003, 2004; TARRAGONI *et alii*, 2009).

La standardizzazione dei dati forniti è stata necessaria anche per ciò che concerne il riferimento spaziale assegnato all'informazione geografica, il quale è risultato non comune nei diversi contributi idrogeologici; anche sotto questo aspetto, quindi, è stata necessaria una uniformazione del sistema di riferimento geografico.

2. - DATI DI LAVORO

I dati forniti con diversa tipologia di formato vettoriale per i vari contributi idrogeologici (formato *shapefile* (2) o formato CAD (3)) sono stati fatti confluire verso una struttura di dati formato *Geodatabase* (4) (modello dati *object-oriented*) che mette a disposizione utili strumenti di importazione, gestione e controllo del dato.

Le problematiche riscontrate nell'analisi dei dati sono state individuate in primo luogo, nella necessità di standardizzare l'informazione al fine di renderla fruibile ad un unico *software* GIS.

Il passo successivo ha visto il controllo geometrico dei vari oggetti digitali, mediante alcune regole topologiche disponibili nel *software* di gestione del *Geodatabase*, si è proceduto, pertanto, all'eliminazio-

ne di tutte le imprecisioni geometriche di carattere topologico tra i vari oggetti vettoriali, che hanno preso parte nelle forniture, dovute probabilmente ad una non accurata restituzione digitale.

2.1. – FORNITURA DEI DATI

Riguardo la diversa tipologia di dato vettoriale, nel caso del formato *shapefile*, l'informazione è risultata organizzata in alcuni casi con versioni di *software* GIS obsolete non del tutto compatibili con le recenti versioni: la migrazione del progetto ArcView 3.x (.apr) verso un ambiente ArcGIS (.mxd) fa scaturire notevoli difficoltà nella conservazione delle simbologie puntuali, lineari e areali adottate dall'Autore, avendo le due versioni del *software* GIS una gestione completamente diversa del simbolismo.

Per il formato vettoriale CAD è stata operata una conversione dei dati verso un formato gestibile dal *software* GIS; la soluzione adottata ha visto il passaggio per il formato *coverage* (5), per la ricostruzione della geometria poligonale (attraverso la funzione *build*) e rivolgendo particolare attenzione alla conservazione di tutti gli attributi informativi, già associati alle diverse entità geometriche. La conversione di formato non sempre ha consentito il mantenimento della parte informativa, tant'è che è stato necessario, per alcune *feature*, intervenire manualmente sulle tabelle.

Per ciò che concerne la presenza di errori topologici presenti nella fornitura dei dati si è proceduto, attraverso le potenzialità della struttura dati *Geodatabase*, con l'applicazione di regole topologiche che acconsentissero alla validazione del dato e all'individuazione di eventuali difetti nella geometria degli oggetti.

Le imprecisioni geometriche riscontrate sono state essenzialmente del tipo:

- poligoni o parte di essi in sovrapposizione (OVERLAP);
- presenza di vuoti tra poligoni (GAP);
- elementi lineari non perfettamente coincidenti con il contorno dei poligoni;
- poligoni "unghia" (SLIVER POLYGON).

Per i primi tre tipi sono state applicate le regole specifiche per *features* poligonali e lineari che in ambiente ArcGIS sono denominate: "*Must not overlap*", "*Must not have gaps*" e "*Must be covered by boundary of*"; mentre gli *sliver polygon* sono stati individuati fissando un valore soglia areale e successivamente accorpati ai poligoni adiacenti.

(2) Formato vettoriale per GIS sviluppato da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*).

(3) *Computer-Aided Drafting*.

(4) Formato *database* geografico nativo ESRI.

(5) Formato di dati vettoriale e topologico proprietario ESRI.

2.2. - TOPOGRAFIA

Gli elementi vettoriali plano-altimetrici, linee di collegamento e idrologia di superficie, utilizzati come riferimenti topografici, risultano costituiti da diversi livelli informativi (6):

- altimetria, reticolo fluviale e toponomastica derivata dall'informatizzazione della cartografia IGM scala 1:25.000. L'altimetria è stata rappresentata con curve differenziate in direttrici a tratto più spesso, intermedie con linee meno spesse e ausiliarie con un tratteggio; l'equidistanza di tali curve di livello è rispettivamente di 100, 25 e 5 metri. Per la toponomastica sono stati considerati, tra tutte le tipologie disponibili, solamente gli elementi puntuali con attributo "insediamento grande", "insediamento medio", "insediamento piccolo" e "monte/cima/corno" al fine di non appesantire il campo carta di elementi topografici e lasciare maggior spazio utile all'informazione idrogeologica;

- collegamenti più importanti tra quelli viari e ferroviari, i primi differenziati in autostrade, strade statali, provinciali e secondarie.

3. - SIMBOLOGIA

Al fine di rappresentare in carta tutte le informazioni idrogeologiche fornite dagli Autori dei diversi contributi, è stato necessario generare una libreria di simboli conforme agli strumenti GIS utilizzati e che ricalcasse per quanto possibile la simbologia già proposta in bozza grafica nelle linee guida del Q5. Al contempo, in conseguenza della necessità di ampliare il contenuto informativo della cartografia idrogeologica, parte della libreria di simboli è stata costruita "ad hoc" per sopperire alle "vacanze" del Q5 riguardo alcuni aspetti o fenomeni idrogeologici non contemplati nella normativa; si è così ampliato il *set* di oggetti grafici, realizzando nuovi simboli in modo da rappresentare tutti i fenomeni idrogeologici individuati nelle diverse aree di studio.

In questa fase di sperimentazione delle linee guida, inoltre, è sembrato giusto accogliere alcune proposte formulate dagli Autori, soprattutto per evidenziare alcune fenomenologie particolarmente studiate nelle rispettive aree di indagine idrogeologica.

La metodologia adottata per la strutturazione della libreria di simboli impiegata viene qui di seguito puntualizzata:

1. realizzazione del simbolo in formato vettoriale attraverso *software* grafici;
2. costruzione di un *True Type Font* (.TTF) mediante l'utilizzo di un *font-editor*;
3. creazione di uno *style* attraverso lo strumento *Style Manager* di ArcGIS.

3.1. – SIMBOLOGIA PUNTUALE

La parte di simbologia del Q5, relativa ai dati idrogeologici rappresentabili con oggetti grafici di tipo puntuale è quella che ha ricevuto maggiori integrazioni nel corso dell'allestimento cartografico per la rappresentazione completa della fornitura dei dati. Ciò è dovuto sia per l'intercorrere di informazioni idrogeologiche non previste dalle linee guida, sia per l'esigenza di risolvere problemi di tipo strettamente cartografico come, per esempio, il verificarsi di una eccessiva densità di informazioni localizzate in una ristretta area di studio.

I nuovi simboli di tipo puntuale, rispetto al Q5, realizzati e predisposti per una restituzione alla scala 1:50.000 si ritrovano nelle cartografie allegatae f.t. in tasca di copertina e sono riassunti in tabella 1.

3.2. – SIMBOLOGIA LINEARE









La sperimentazione della simbologia proposta nel Q5, dei fenomeni idrogeologici che in cartografia richiamano l'applicazione di una simbologia a sviluppo lineare ha mostrato, in alcuni casi, difficoltà di applicazione imputabile a particolari geometrie del simbolo o al colore assegnato nell'attuale normativa. Come esempio può essere segnalato, nell'ambito dell'idrologia sotterranea, il colore giallo che si ritrova associato nel Q5 ai limiti idrogeologici; oppure il colore rosso associato a particolari elementi grafici del simbolo proposto: è il caso delle frecce di scambio idrico nei tratti di corso d'acqua con perdite od incrementi di portata in alveo.

Gli esempi sopra menzionati riguardano una simbologia alla quale, convenzionalmente nella cartografia e negli studi idrogeologici anche storici, ormai da decenni vengono associati colori afferenti alle tonalità di blu.

Altro problema affrontato nell'applicazione della simbologia lineare del Q5, ha riguardato il conseguimento del giusto rapporto tra numero di elementi grafici, che costituiscono la simbologia lineare, e la lunghezza del fenomeno idrogeologico da rappresentare. Anche in questo ambito di

(6) Fornitura dati disponibile all'interno dell'ex Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali.

Tab. 1 - *Nuova simbologia puntuale rispetto al Q5.*
 - New punctual symbology not included in the hydrogeology Guidelines.

Nuovo simbolo puntuale	Descrizione
 L3	Stazione fissa lacustre di monitoraggio con relativo codice.
	Stazione idrometrica del Servizio Idrografico.
	Sorgente puntuale; la grandezza del simbolo indica la portata media della sorgente; il riempimento del simbolo (multiplo di 1/8 di cerchio) esprime la portata minima (da BONI <i>et alii</i>).
	Sorgente lineare; la grandezza del simbolo indica la portata media della sorgente; il riempimento del simbolo esprime la portata minima; il simbolo viene collocato lungo la traccia del corso d'acqua laddove si effettuano misure di portata (da BONI <i>et alii</i>).
	Gruppo di sorgenti; i numeri indicano la numerazione delle sorgenti che il simbolo va a rappresentare.
	Sorgenti diffuse. Il simbolo prevede un limite che racchiude un'area dove si manifestano emergenze di piccola entità ma di numero rilevante.
	Gruppo di pozzi con stessa tipologia d'uso o interesse; i numeri costituiscono l'attributo identificativo dei pozzi che il simbolo rappresenta.
	Emanazione gassosa generica; qualora si conoscesse la composizione chimica del gas si potrebbe utilizzare la formula bruta del gas prevalente nell'emanazione.

sperimentazione, i tratti fluviali con variazioni di portata sono stati oggetto di particolare attenzione nel trovare un “*mark/gap line pattern*” appropriato, con l'intento di non appesantire troppo la rappresentazione di elementi grafici e contemporaneamente non “perdere di vista” l'andamento del fenomeno idrogeologico da rappresentare (tab. 2).

3.3. – SIMBOLOGIA AREALE

La simbologia di tipo areale, che è stata impiegata principalmente per identificare i complessi idrogeologici, in questa occasione è stata sottoposta a importante sperimentazione grafica con l'intento di sintetizzare e tradurre in veste cartografica le proprietà idrogeologiche dei complessi.

L'impostazione di lavoro per la rappresentazione dei complessi idrogeologici è stata indirizzata dalla volontà di dare risalto, mediante sfumatura di colore compresa tra il rosso e l'arancio, ai complessi con alta o media permeabilità relativa o caratterizzati da infiltrazione efficace. I restanti complessi, quelli con scarsa permeabilità relativa, o comportamento idrogeologico di “*aquitard*”, sono stati rappresentati con toni di verde, mentre quelli con permeabilità relativa pressoché nulla, o

comportamento idrogeologico di “*aquiclude*”, campiti con toni di grigio.

Contrariamente quindi alla “classica” cartografia geologica, dove il colore di fondo identifica generalmente l'età della formazione geologica (COSCI *et alii*, 1996), in questa occasione il timbro cromatico vuole evidenziare sulle aree maggiormente sensibili, come potenziali “*aree di ricarica*” degli acquiferi.


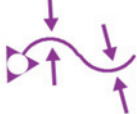
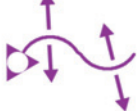




Per quanto riguarda il sovrassegno del simbolo areale, che differenzia per litologia i complessi idrogeologici con infiltrazione efficace o altamente/mediamente permeabili, sono stati ripresi e migliorati i retini proposti nel Q5, insieme a dei nuovi *pattern*, per differenziare e meglio individuare, dal punto di vista litologico, i complessi idrogeologici.

Relativamente ai cromatismi adottati per il colore di fondo (tab. 3) si è proceduto utilizzando i codici colore specificati nel “*Manuale cromatico di riferimento per la stampa delle carte geologiche*” (AA.VV., 2002; TACCHIA, 2007).

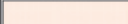




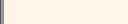

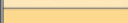


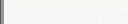
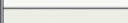

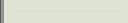
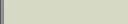
3.4. – SCHEMA DI INQUADRATURA MARGINALE

Lo schema di allestimento grafico, adottato per le cartografie idrogeologiche presentate in questo

Tab. 2 - *Nuova simbologia lineare rispetto al Q5.*
 - New linear symbology not included in the hydrogeology Guidelines.

Nuovo simbolo lineare	Descrizione
	Direzione e verso di deflusso idrico sotterraneo di falde sospese.
	Simbolo già proposto nel Q5, modificato nei colori Tratto di corso d'acqua drenante
	Tratto di corso d'acqua disperdente
	 1 - 20 l/sec  21 - 100 l/sec  101 - 200 l/sec  > 200 l/sec Variazioni di portata nei tratti drenanti o disperdenti

Tab. 3 - *Cromatismi di riferimento adottati per il colore di fondo dei complessi idrogeologici.*
 - Reference background colours for hydrogeologic complexes.

Timbro colore	Codice	Percentuale CMYK	Ambito di utilizzo
	792110	0 - 7,9 - 9,4 - 0	Complessi idrogeologici altamente permeabili (AP) o per classi di infiltrazione efficace.
	792120	0 - 23,7 - 28,2 - 0	
	792130	0 - 39,5 - 47 - 0	
	792140	0 - 55,3 - 65,8 - 0	
	792150	0 - 79 - 94 - 0	
	912110	0 - 2,7 - 10 - 0	Complessi idrogeologici mediamente permeabili (MP).
	912120	0 - 8,1 - 30 - 0	
	912130	0 - 13,5 - 50 - 0	
	912140	0 - 18,9 - 70 - 0	
	912150	0 - 27 - 100 - 0	
	612150	0,6 - 0 - 2 - 2	Complessi idrogeologici scarsamente permeabili (SP) o con comportamento di "aquitard".
	612150	1,8 - 0 - 6 - 6	
	612150	3 - 0 - 10 - 10	
	612150	4,2 - 0 - 14 - 14	
	612150	6 - 0 - 20 - 20	
Colore primario (I) P. COOL GRAY 10		0 - 0 - 0 - 10	Complessi idrogeologici impermeabili (IM) con comportamento di "aquiclude".
		0 - 0 - 0 - 20	
		0 - 0 - 0 - 30	
		0 - 0 - 0 - 40	
		0 - 0 - 0 - 50	

volume, ha generalmente la stessa impostazione di inquadratura marginale. Gli elementi grafici che hanno fatto parte dell'allestimento sono stati disposti secondo lo schema riportato in figura 1.

Seppur con le dimensioni massime variabili del layout di stampa, condizionate da diversi fattori geometrici come l'estensione e sviluppo dell'area di interesse, dagli spazi di legenda, dal numero di profili o sezioni schematiche da rappresentare, da eventuale inquadramento regionale o modelli idrogeologici, si è cercato di mantenere la struttura di allestimento pressoché con la stessa logicità editoriale per tutte le cartografie allegate.

4. - SCELTE ADOTTATE E PROPOSTE CARTOGRAFICHE

Vengono qui di seguito descritte alcune scelte ad indirizzo cartografico che sono state necessarie per fronteggiare le divergenze tra la fornitura dei dati e la normativa del Q5. A tal riguardo si evidenziano gli aspetti idrogeologici ai quali si è dedi-

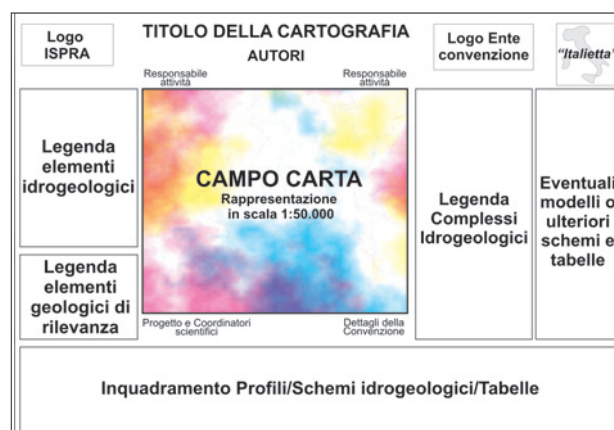


Fig. 1 - Schema di inquadratura marginale delle cartografie allegate al volume.
 - Cartographic development scheme for the attached tables.

cata particolare attenzione per ottenere una risoluzione cartografica ottimale:

- “*Cartografia idrogeologica sperimentale nel settore sud-orientale dei Monti Cimini*”, CAPELLI *et alii*, (tav. I f.t. in tasca di copertina): informazioni idrogeologiche, rappresentabili con oggetti a geometria lineare e puntuale, localmente concentrate con conseguenti ripercussioni sulla leggibilità cartografica.

- “*Cartografia idrogeologica sperimentale nel settore nord-occidentale dei Monti Sibillini*”, BONI *et alii*, (tav. II f.t. in tasca di copertina): classificazione dei complessi idrogeologici permeabili secondo l’infiltrazione efficace e loro rappresentazione nel campo carta (7); dei complessi impermeabili o scarsamente permeabili secondo il comportamento idrogeologico (*aquiclude* o *aquitard*). Inoltre, la risorsa idrica viene qui distinta in base all’acquifero di origine con conseguente differenziazione cartografica.

- “*Cartografia idrogeologica sperimentale delle aree dei Monti del Matese e del Monte Totila*”, CELICO *et alii*, (tav. III f.t. in tasca di copertina): grado di permeabilità relativa espresso con un numero di classi superiore a quelle previste dal Q5 con conseguente suddivisione e sfumature all’interno delle quattro classi di permeabilità.

4.1. – MONTI CIMINI

La rappresentazione cartografica, dei dati idrogeologici forniti e spettanti al settore sud-orientale dei Monti Cimini, ha rivelato una osservante applicazione delle direttive proprie del Q5 per ciò che concerne il grado di permeabilità relativa dei complessi idrogeologici. Questi ultimi, infatti, sono stati coerentemente classificati secondo le quattro classi stabilite dal Q5, Alta Permeabilità (AP) – Media Permeabilità (MP) – Scarsamente Permeabile (SP) – Impermeabile (IM).

L’impianto rappresentativo dei complessi idrogeologici è stato mantenuto infatti secondo la normativa, rappresentando cioè le classi di permeabilità relativa con quattro definiti timbri cromatici supportati da sovrassegni litologici unicamente sui complessi idrogeologici identificati come altamente e mediamente permeabili.

L’informazione idrogeologica che il Q5 rappresenta attraverso simbologie puntuali e lineari è stata sottoposta a particolari attenzioni in quanto, per alcune situazioni, si è trovata difficile applicazione della specifica normativa definita nelle Linee Guida. Ciò è dovuto al gran numero di dati

idrogeologici che hanno fatto parte della fornitura appartenenti a determinate tipologie; in particolare il numero di pozzi, i punti di misura e le informazioni sui deflussi idrici sia superficiali che sotterranei. Tali dati hanno fornito, in una prima elaborazione cartografica alla scala di rappresentazione 1:50.000, una elevata densità di elementi puntuali e lineari, determinando una difficile e poco chiara rappresentazione complessiva dei dati nella specifica scala di restituzione.

La difficile gestione della simbologia attraverso procedure semi-automatiche del *software* GIS, in aree con estrema densità di informazioni idrogeologiche, ha mostrato problematiche di tipo cartografico con molti casi di sovrapposizione grafica degli oggetti ed eccessivo conflitto tra “*labels*” descrittive. Pertanto si è fatto ricorso, nella fase di allestimento cartografico, a strumenti e metodologie grafico-editoriali mediante *software* dedicati (*Adobe Illustrator*) sintetizzabili in due punti:

- formulazione di simboli cartografici che rappresentassero due o più di elementi vicini nella realtà e appartenenti alla stessa categoria di oggetto;

- intervento manuale diretto sui singoli oggetti grafici, che ha riguardato sia la simbologia puntuale che quella lineare, laddove veniva a crearsi interferenza grafica tra i vari oggetti.

Il primo punto ha riguardato i pozzi e le sorgenti (vedi cap. 3, simbologia “*gruppo di pozzi*” e “*gruppo di sorgenti*”) che hanno subito, con un processo di raggruppamento, uno sfoltimento degli elementi da rappresentare, mantenendo però il contenuto informativo, lasciando cioè l’attributo di numerazione come *label* identificativa.

Il secondo punto ha coinvolto la totalità della vestizione cartografica, con l’intervento di tipo grafico, in particolar modo sui simboli di direzione di deflusso sotterraneo, tratti di alveo drenante/disperdente, pozzi, sorgenti e relative *label* identificative. L’azione, prettamente manuale, ha agito sulla posizione dell’oggetto simbolo spostando leggermente il punto di ancoraggio e, dove necessario, cambiando le proprietà di orientazione. In figura 2 è riportato come esempio uno stralcio del campo carta, con solamente la simbologia puntuale e lineare, dove è stato necessario l’intervento grafico direttamente sulla vestizione del dato, proveniente da ambiente GIS. L’elaborazione in ambiente grafico-editoriale ha permesso di dare una lettura più ordinata della simbologia idrogeologica, ovviando agli inconvenienti di eccessiva densità e conseguente interferenza grafica delle informazioni alla scala di lavoro.

(7) Spazio cartografico riservato per la stampa alla scala 1:50.000.

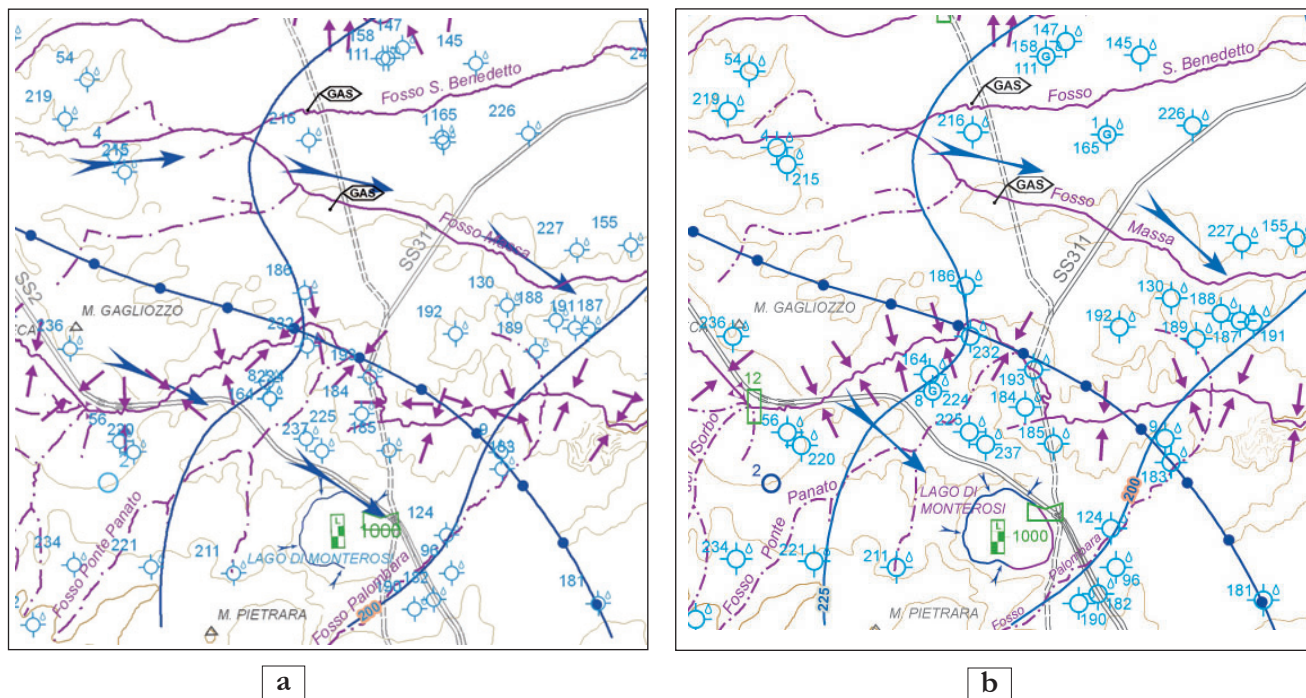


Fig. 2 – Confronto di allestimento cartografico della “Cartografia idrogeologica sperimentale nel settore sud-orientale dei Monti Cimini”: a) da ambiente di lavoro ArcGIS; b) risultato dopo intervento manuale in ambiente grafico Adobe Illustrator.

- Comparison of cartographic development in the “Cartografia idrogeologica sperimentale nel settore sud-orientale dei Monti Cimini”: a) in ArcGIS software; b) result after Adobe Illustrator software graphic processing.

4.2. – MONTI SIBILLINI

I dati forniti a seguito del rilevamento idrogeologico, effettuato da BONI *et alii*, nel settore nord-occidentale dei Monti Sibillini, hanno consentito la sperimentazione di un diverso approccio alla lettura dell'informazione idrogeologica, rendendo quanto più possibile lampanti gli aspetti quantitativi oltre che qualitativi della risorsa idrica sotterranea.

Con l'applicazione di una simbologia dedicata, coadiuvata da una nuova strutturazione di legenda, si è cercato di raggiungere una lettura tematica dei dati quanto più esplicita possibile con il risalto degli aspetti idrogeologici particolarmente approfonditi.

I diversi complessi idrogeologici, con significativa permeabilità, sono stati distinti principalmente in funzione del loro parametro di infiltrazione efficace; tale caratterizzazione, contrariamente alle indicazioni del Q5, è stata riportata direttamente nel campo carta(8), rappresentando quindi l'elaborato principale dell'allestimento.

Peculiare è anche la rappresentazione dell'aspetto qualitativo delle emergenze di acque sotterranee. Queste, oltre ad essere classicamente differenziate secondo il regime di portata, sono

state ulteriormente differenziate, su proposta degli Autori, sulla base del complesso idrogeologico da cui scaturiscono.

4.2.1. – Rappresentazione dell'Infiltrazione Efficace

I complessi idrogeologici oltre ad essere cartografati con un proprio retino litologico, vengono rappresentati mediante un diverso timbro cromatico che ravvisa un diverso comportamento idrogeologico.

La variazione di percentuale cromatica nell'ambito del colore rosso, è stata utilizzata per definire classi di infiltrazione efficace.

Quest'ultima grandezza idrogeologica è stata suddivisa secondo cinque classi espresse in mm/anno (Non Determinata, <450, 450-600, 600-750, >750); nelle aree dove l'infiltrazione efficace non è stata direttamente valutata (Non Determinata) il complesso idrogeologico è stato rappresentato con solamente il *pattern* litologico identificativo del complesso, senza colore di fondo.

La legenda dei complessi idrogeologici aventi valori di Infiltrazione Efficace, ha visto qui una nuova e sperimentale organizzazione presentando per ogni complesso idrogeologico la gamma di valori di Infiltrazione Efficace (I_{eff}) riscontrati

(8) Il parametro idrogeologico di infiltrazione efficace è previsto, nel Quaderno n. 5, attraverso una rappresentazione separata (cap. 1.8 del Q5) mediante una tavola complementare (tavola H) allegata alle note illustrative.

nell'area di studio (fig. 3). Il classico tassello di legenda viene così "esploso" secondo cinque tasselli con stesso retino litologico, mentre il colore di fondo, che varia secondo una sfumatura di rosso, riflette le cinque classi di I_{eff} . Il tassello con la sola retinatura denota che il complesso, nella specifica area, manca di dati di carattere quantitativo; mentre l'assenza fisica di un preciso tassello fa esaltare che lo stesso complesso non possiede, nell'area di studio, la relativa classe di I_{eff} .

4.2.2. – Rappresentazione delle sorgenti

Al fine di consentire una lettura più immediata dell'informazione idrogeologica anche la legenda del dato puntuale, nella fattispecie le emergenze di acque sotterranee, in parte ha subito una sperimentale riorganizzazione rispetto all'originale proposta di allestimento (fig. 4).

Per le sorgenti, si è cercato attraverso l'impianto di legenda di formulare una classificazione che tenesse conto delle informazioni di tipo qualitativo, distinguendo i punti sorgivi in base all'acquifero di origine. Alla classica suddivisione delle sorgenti secondo il loro regime di portata si è sovrapposta una ulteriore differenziazione che contempla il complesso idrogeologico da cui le sorgenti scaturiscono; l'espressione rappresentativa e simbolica di quest'ultima differenziazione ha trovato soluzione attraverso un diverso tono di colore blu.

L'aspetto quantitativo delle sorgenti, in particolare quelle di tipo lineare, è stato illustrato secondo una proposta di legenda che riporta tutte le combinazioni, che si verificano nell'area studiata, tra le portate medie e di magra registrate; la legenda, e la conseguente lettura dell'informazio-

ne idrogeologica, diviene così più esplicita su tale aspetto, tenendo conto contemporaneamente delle portate medie e di magra delle sorgenti, sia puntuali che lineari.

La forma fisica del simbolo, sia per le sorgenti puntuali che per quelle lineari, è rimasta simile a quella originariamente proposta dagli Autori, apportando migliorie nelle proprietà grafiche e nella leggibilità cartografica dell'oggetto simbolo. Ad esempio, le porzioni bianche che fanno parte del simbolo, che solitamente rimangono all'interno, sono state rese trasparenti in modo da non coprire spazio carta che in alcuni casi, quando il simbolo assume dimensione relativamente notevole, renderebbe difficile la lettura delle informazioni riportate negli strati informativi (*layers*) di posizione inferiore.

4.3. – MONTI DEL MATESE E DEL MONTE TOTILA

In questa particolare area di studio si riconosce un complesso assetto geologico-strutturale e contemporaneamente l'identificazione di litotipi con permeabilità relativa significativamente diversa; i complessi idrogeologici sono stati segnalati comunque impiegando i quattro colori di base scelti per le quattro classi principali di permeabilità (AP, MP, SP e IM - cfr. par. 3.3).

La significativa differenza di permeabilità relativa fa definire, all'interno delle classi "Altamente" e "Mediamente Permeabile", delle sottoclassi che si ravvisano nel colore di fondo, attraverso sfumature del timbro cromatico della classe di appartenenza. Il sovrassetto litologico accompagna sempre la rappresentazione dei complessi idrogeologici afferenti a queste due classi, e segnala una permeabilità rela-

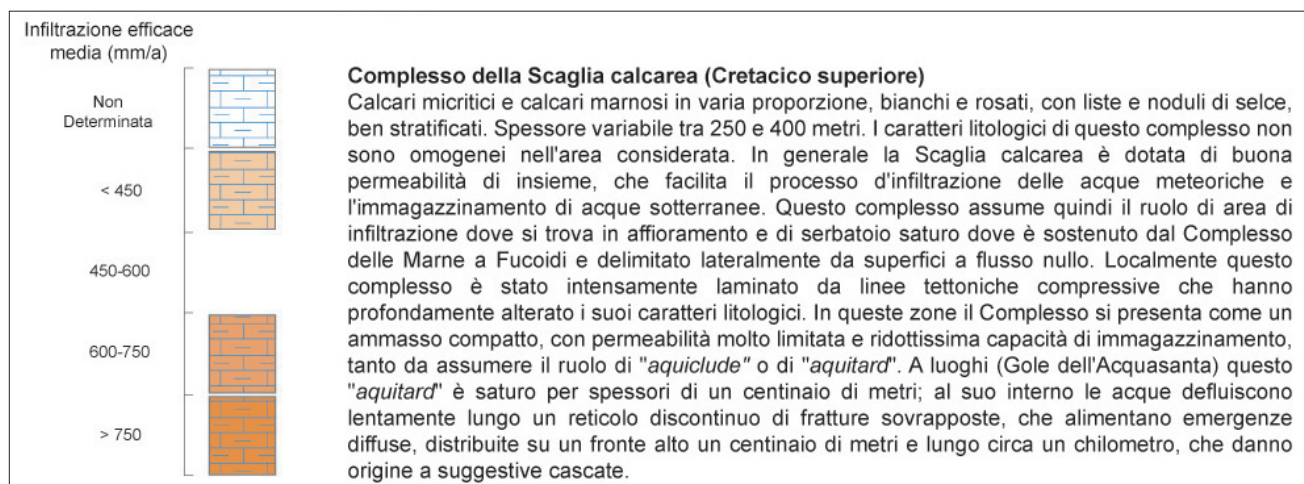


Fig. 3 – Stralcio di legenda dei complessi idrogeologici nella "Cartografia idrogeologica sperimentale nel settore nord-occidentale dei Monti Sibillini"; con questo tipo di organizzazione di legenda si evidenziano quali valori di Infiltrazione Efficace presenta il complesso idrogeologico nell'area studiata.
 - Part of "Cartografia idrogeologica sperimentale nel settore nord-occidentale dei Monti Sibillini" legend. The Effective Infiltration values of the hydrogeological complex in the study area are highlighted in this legend organization.

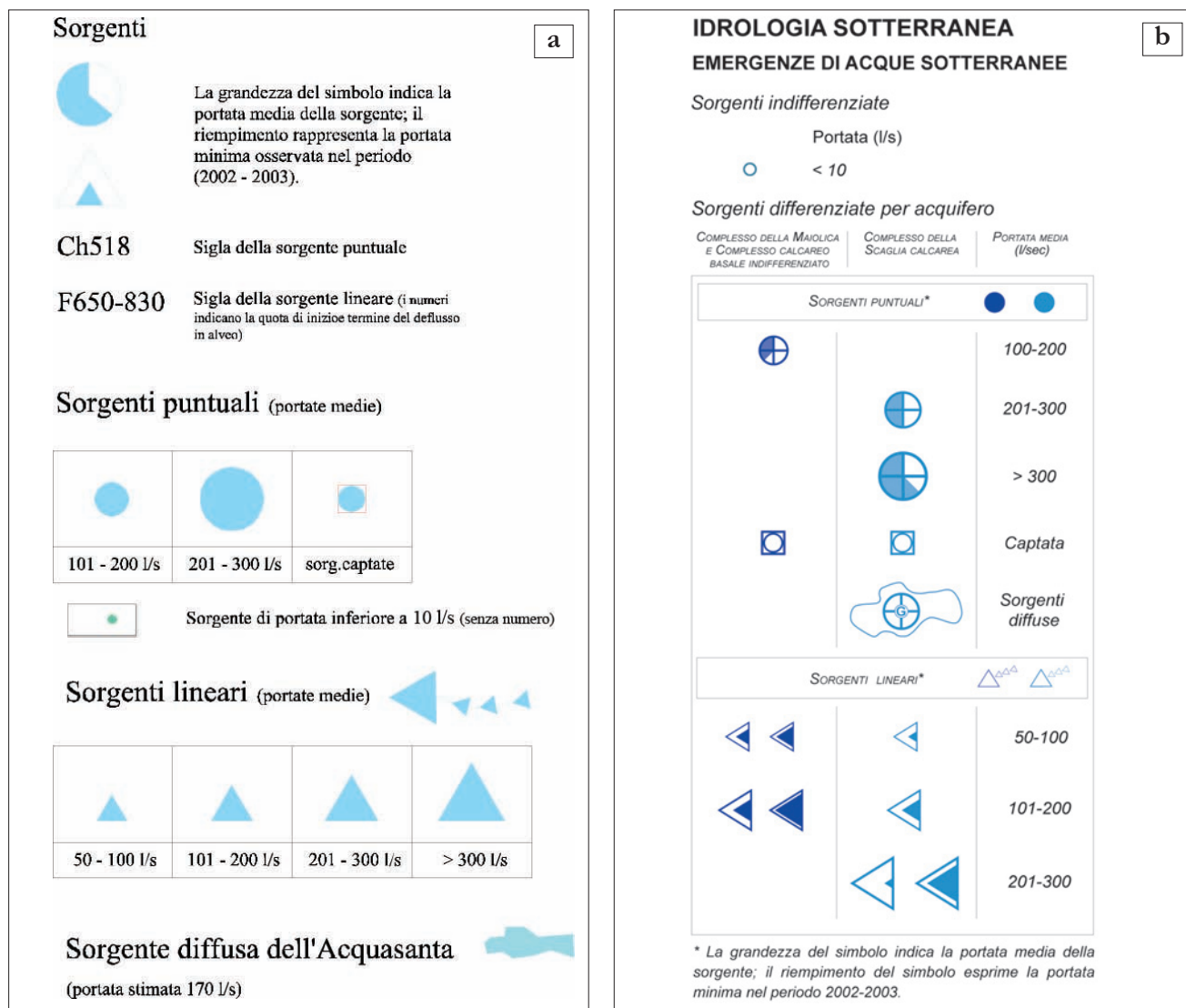


Fig. 4 – Legenda delle sorgenti adottata nella cartografia del settore nord-occidentale dei Monti Sibillini; a) legenda originale proposta degli Autori dello studio idrogeologico; b) nuova legenda proposta.

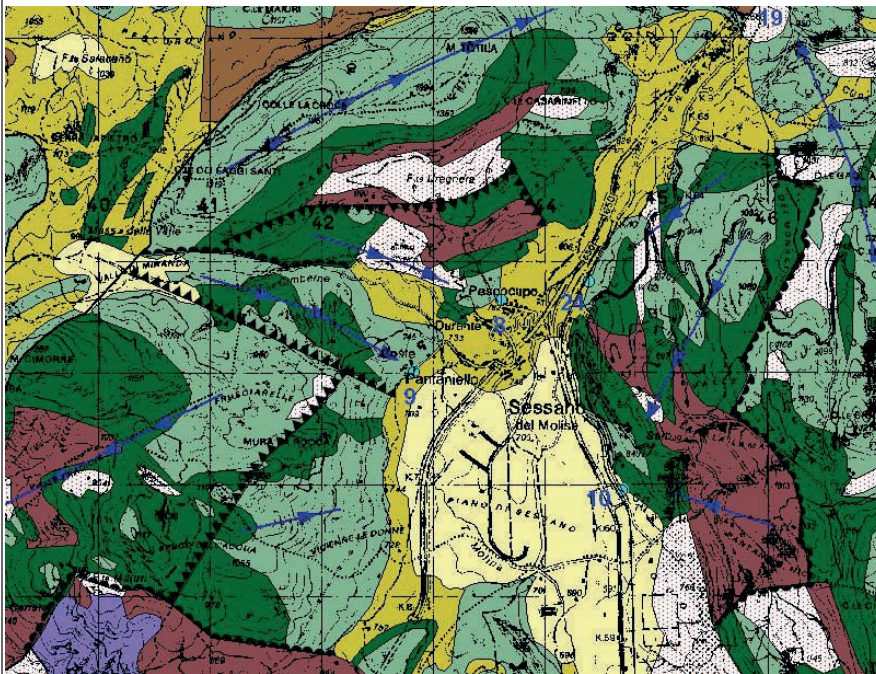
- Spring legends adopted in the north-western Sibillini Mountains map; a) original legend proposed by the Authors of the hydrogeological study; b) the new proposed legend.

tiva da elevata ad alta e da medio-alta a medio-bassa.

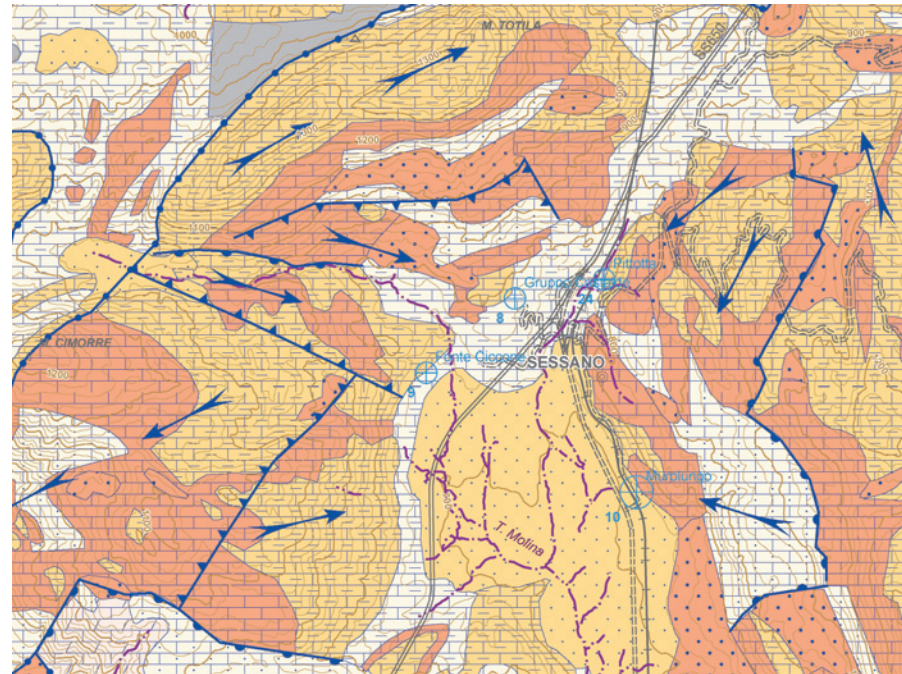
Nella figura 5 sono riportati due stralci di cartografie con relative legende messe a confronto; da una parte la cartografia fornita dall'Autore e dall'altra l'allestimento effettuato direttamente dalla banca dati del Progetto sperimentale attraverso strumenti *software* GIS. Tali stralci si riportano come esempio di revisione e riorganizzazione operata sui dati originali. In particolare si pone in evidenza il nuovo allestimento della legenda che propone un ordinamento dei complessi secondo il grado di permeabilità relativa e non secondo un criterio geocronologico; il raggruppamento delle varie sottoclassi di permeabilità secondo quattro gruppi principali che, unitamente al timbro cromatico e al sovrassegno, permettono una chiara

ed immediata differenziazione dei gradi di permeabilità dei complessi idrogeologici.

Per quanto riguarda la simbologia lineare, particolare attenzione è stata posta nella realizzazione dei simboli lineari variabili in senso longitudinale, operando sulla realizzazione di un simbolo che potesse essere gestito con la banca dati e al tempo stesso essere di immediata interpretazione dell'informazione idrogeologica ad esso associata. L'assemblaggio della simbologia lineare è avvenuto attraverso la ripetizione di simboli puntuali per l'intera lunghezza del vettore, utilizzando come intervallo di ripetizione una distanza opportuna in modo tale da permettere una corretta rappresentazione cartografica indipendentemente dall'estensione della linea.



a



b

LEGENDA

LEGENDA

Complessi idrogeologici

- Complessi idrogeologici
- Complesso delle terre rosse: terre rosse e detriti delle depressioni di tipo carsico, sui rilievi calcareo-dolomitici. Grado di permeabilità da molto basso ad alto per porosità
 - Complesso detritico: detrito di falda sciolto o debolmente cementato. Grado di permeabilità molto alto per porosità

GRADO DI PERMEABILITÀ

- Da molto alto ad alto Da medio-alto a medio-basso Basso Molto-basso



COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Complesso calcareo
Breccie e brecciole calcaree monogeniche; calcari bianchi subcrystalini. Calcarenti bianche a cemento spatico, ben stratificate. Calcarenti, talora marnose, prevalentemente organogene. Calcarenti e breccie calcaree. Breccie in prevalenza stratificate, con elementi calcarei a luoghi arrotondati, più o meno cementate. Breccia poligenica ad elementi e cemento calcarei, passante a breccia avana stratificata, lenticolare e discontinua. Calcari oolitici e pisoliti grigio scuri; talora calcinuti con rare intercalazioni di marne giallastre e verdi. Grado di permeabilità molto alto per fratturazione e carsismo.

Complesso detritico
Detrito di falda sciolto o debolmente cementato. Grado di permeabilità molto alto per porosità.

5 – CONCLUSIONI

L'opportunità di avere dati idrogeologici relativi ad aree del territorio nazionale, di particolare interesse per l'idrogeologia e scelte proprio come aree campione rappresentative in diversi ambiti geologici (CACCIUNI *et alii*, 2004; CAMPOBASSO *et alii*, 2004) è risultata un'occasione piuttosto unica per testare l'applicabilità del Q5 quasi nella sua interezza. Infatti le diverse aree di studio, proprio per le differenze di assetto idrogeologico, si sono prestate a dare risalto a particolari aspetti idrogeologici peculiari di ogni area e che hanno così contribuito a presentare un panorama quasi completo sulla variabilità del dato idrogeologico. Tale variabilità scaturisce non solo dal livello di conoscenze idrogeologiche locali, ma anche per metodologia di studio idrogeologico o formazione accademica degli Autori.

Il tentativo di applicazione della normativa del Q5, sui dati idrogeologici delle diverse aree campione, ha rivelato una oggettiva difficoltà nella rappresentazione dell'informazione idrogeologica. L'esperienza di applicazione della normativa ha fatto emergere, infatti, alcune lacunosità e problematiche applicative di parte della simbologia definita dal Q5. Attraverso la formulazione di nuovi simboli e la modifica di particolarità di alcuni simboli proposti, si è cercato, per quanto possibile nei limiti delle interferenze grafiche, di mantenere il contenuto informativo delle forniture di dati e, parallelamente, ottenere una ottimale gestione del dato nel sistema informativo geografico.

A nostro avviso, l'applicazione rigida del Q5, così come formulato oggi, non avrebbe condotto ad una resa cartografica ottimale e ad una completa e chiara rappresentazione tematica. Utili indicazioni pertanto potrebbero arrivare dai contributi di questo volume, al fine di affinare la normativa per la rappresentazione cartografica alla scala 1:50.000, la fornitura dei dati, la gestione e archiviazione dei dati idrogeologici.

Nell'immediato ci si aspetta quindi un aggiornamento dell'attuale Q5 con integrazioni e precise

specifiche dimensionali della simbologia, indicazioni sull'inquadratura marginale e, in una visione futuristica, la possibilità di costruire un *database* che possa "ospitare" i dati idrogeologici del territorio nazionale.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2002) – *Carta Geologica d'Italia (progetto C.A.R.G.), Manuale cromatico di riferimento per la stampa delle carte geologiche*, Servizio Geologico d'Italia.
- CACCIUNI A., CAMPOBASSO C., MARI G.M., MARTARELLI L., SCALISE A.R. & SILVI A. (2004) – *Cartografia idrogeologica in aree campione del territorio nazionale* - Poster, 32nd International Geological Congress, Firenze 2004.
- CAMPOBASSO C., MARTARELLI L., PARIS F., SCALISE A.R. & SILVI A. (2004) – *Attività Idrogeologiche di campagna del Servizio Geologico, Scienze della Terra e carte tematiche del Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT* - Poster, 32nd International Geological Congress, Firenze 2004.
- COSCI M., FALCETTI S. & TACCHIA D. (1996) – *Carta Geologica d'Italia – 1:50000. Guida alla rappresentazione cartografica*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **2**, Roma.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute) (2004) – *ArcGIS 9 – Geodatabase Workbook*, Redlands (CA), USA.
- MARI G.M., CECILI A., CINNIRELLA A., LISI A., MARTARELLI L., SCALISE A.R., TACCHIA D. & VENTURA R. (2003) – *Proposta di modello dati GIS per la strutturazione dell'informazione idrogeologica a partire dalla Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000* (Quaderno SGN, Serie III, **5**, IPZS, Roma, 1995) - Poster, FIST Geoitalia 2003, 4^o Forum Italiano Scienze della Terra, Bellaria 16-18 settembre 2003.
- MARI G.M., CECILI A., LISI A., SCALISE A.R., TACCHIA D. & VENTURA R. (2004) – *GIS proposal for a structured hydrogeological information* - Poster, 32nd International Geological Congress, Firenze 2004.
- MARI G.M., MOTTERAN G., SCALISE A.R., TERRIBILI D. & ZATTINI N. (1995) – *Carta Idrogeologica d'Italia – 1:50.000 Guida al rilevamento e alla rappresentazione*. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia, Serie III, **5**, IPZS, Roma.
- SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE (1993) – *Carta Idrogeologica d'Italia in scala 1:50.000- Foglio n. 389 Anagni* e nota illustrativa.
- TACCHIA D. (2007) – *Carta Idrogeologica 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**, IPZS, Roma.
- TARRAGONI C., MARTARELLI L., PIERDOMINICI S., ROMA M. & BONI C.F. (2009) – *A proposal for compiling quantitative hydrogeological maps*. Rend. Società Geologica, in stampa.