

Il Continuum geologico interregionale delle Regioni Emilia-Romagna, Marche, Toscana e Umbria: un database spaziale di dati geotematici

Verdiani G. (*), Conti P. (*), Cornamusini G. (*), Pirro A. (*), Lavorini G. (**)

(*) Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena, via Vetri Vecchi 34, 52027 San Giovanni Valdarno (AR)
Tel: +39 055-9119400 - Fax: +39 055-9119439

(**) Regione Toscana, Settore Geologia, Firenze, 50100, Via di Novoli n.26

Nel corso degli ultimi anni le Regioni Emilia-Romagna, Marche, Toscana e Umbria hanno intrapreso politiche volte a soddisfare le esigenze conoscitive degli aspetti geologici dei territori di competenza con la partecipazione sia di Enti pubblici che Operatori privati. La collaborazione tra le Regioni, finalizzata alla realizzazione della cartografia geologica, ha avuto inizio con il Progetto CARG Nazionale ed è proseguita negli anni successivi con lo scopo di individuare soluzioni tecniche innovative nell'ambito del rilevamento e della diffusione dei dati geologici. Le Regioni hanno infatti reso disponibile per l'intero territorio di interesse la cartografia geologica, in gran parte informatizzata, alla scala di dettaglio 1:10.000. Attualmente l'impegno è rivolto alla realizzazione di una carta geologica continua alla scala 1:10.000 per il territorio interregionale, al fine di consentire una migliore gestione degli interventi in campo ambientale.

During last few years, Emilia-Romagna, Marche, Tuscany and Umbria Regions have been developing a geological survey. Public and private bodies work together to complete the geological knowledge of their territory. The collaboration of Regions aims to the realization of geological mapping. It began with the CARG National Project and continued later on developing innovative technical solutions for the detection and distribution of geological data. The Regions make available geological cartography and related geological data to scale 1:10.000 of the whole area.

Introduzione

La realizzazione di una cartografia geologica continua per le Regioni Emilia-Romagna, Marche, Toscana e Umbria si inserisce tra gli obiettivi del Protocollo di Intesa, stipulato in data 25 maggio 2012, tra le quattro regioni, finalizzato a perseguire una stretta collaborazione nel campo dell'acquisizione, conservazione e diffusione dell'informazione geologica e geotematica con il coinvolgimento organico di altre strutture di ricerca. In una prima fase, mediante incarico all'Università degli Studi di Siena, è stato previsto l'implementazione di una banca dati geologica interoperabile a partire dai dati e dalle cartografie elaborati dalle singole Regioni, la realizzazione di una Legenda Geologica Interregionale Preliminare valida per le quattro Regioni e di uno schema strutturale di riferimento. La Legenda Geologica Interregionale Preliminare ha rappresentato lo strumento fondamentale e il punto di partenza per la successiva progettazione della banca dati del Continuum Geologico Interregionale: essa è stata in seguito applicata ad un caso reale, il bacino idrografico dei fiumi Conca e Marecchia, ubicato in un'area al confine tra le Regioni Toscana, Marche ed Emilia-Romagna.

Metodi di realizzazione

La prima fase del progetto è consistita nella raccolta di tutto il materiale esistente per il territorio in esame. Sono state quindi valutate sia pubblicazioni scientifiche che, soprattutto, materiale cartografico, quale: cartografia geologica prodotta dal Progetto CARG del Servizio Geologico d'Italia, cartografia geologica dei progetti condotti dalle singole Regioni, Cartografia geologica

della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 prodotta dal Servizio Geologico d'Italia, carte geologiche a varie scale presenti in pubblicazioni scientifiche, banche dati geologiche regionali. Tra le varie fonti consultate, i prodotti CARG sono risultati particolarmente utili per una visione regionale degli insiemi geologici e per le correlazioni tra formazioni analoghe o simili affioranti in aree diverse. Purtroppo spesso i vari fogli CARG mostrano disomogeneità tra loro e soprattutto la copertura non è completa per tutto il territorio nazionale, specialmente per le Regioni Toscana e Umbria. In seguito alla consultazione e alla valutazione di tutto il materiale cartografico esistente, si è resa necessaria l'elaborazione di una Legenda Geologica Preliminare Interregionale applicabile in maniera univoca a tutto il territorio in esame. Per avere un quadro stratigrafico-strutturale di riferimento dell'area indagata, propedeuticamente alla definizione della Legenda, è stato elaborato uno Schema Geologico-Strutturale di riferimento che copre l'intero Appennino settentrionale, basato sul Modello Strutturale d'Italia pubblicato in scala 1:500.000. Questo documento è risultato utile per organizzare tutte le unità litostratigrafiche presenti nelle varie carte (formazioni, depositi quaternari, depositi vulcanici) in una struttura gerarchica ispirata al Modello Strutturale d'Italia, suddivisa in unità tettoniche, domini paleogeografici, etc.

Nello Schema Strutturale dell'Appennino settentrionale sono stati distinti i seguenti depositi, successioni ed unità tettoniche Figura 1):

- (a) Successioni sedimentarie e unità tettoniche (Falda Toscana, Successione Umbro-Marchigiana, Unità Subligure, Unità Liguri esterne, Unità Liguri interne, Successione epiligure, successioni mioceniche, plio-pleistoceniche, depositi recenti, etc.
- (b) Unità metamorfiche (Unità metamorfiche toscane, Unità con metamorfismo HP, etc.
- (c) Successioni vulcaniche e complessi intrusivi

Per la definizione dello Schema Strutturale di Riferimento sono stati consultati i lavori di Bigi et al., (1990) e Boccaletti, Coli M. (1982).

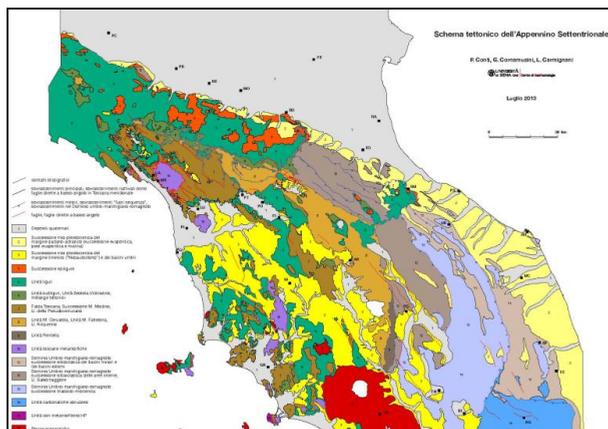


Figura 1 – Schema Strutturale dell'Appennino settentrionale.

Parallelamente alla definizione dello Schema Strutturale di riferimento, è stata realizzata una Legenda Geologica Preliminare Interregionale valida per le quattro Regioni nella quale, per ogni successione sedimentaria, tettonica, metamorfica, vulcanica o complesso intrusivo sono state riportate le unità litostratigrafiche presenti nei Fogli geologici prodotti dal progetto CARG, organizzate secondo l'ordine cronologico.

La Legenda Geologica Interregionale Preliminare è stata compilata partendo dalle informazioni contenute nei Fogli CARG attualmente realizzati e consultabili sul sito web dell'ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/index.html>). Sono stati considerati gli 82 Fogli CARG

a scala 1:50.000 che coprono il territorio interregionale in esame e sono state esaminate le legende e Note Illustrative a corredo di ogni carta.

In questa fase del lavoro concentrata sull'analisi dei Fogli CARG, sono state considerate le possibili correlazioni esistenti tra le unità litostratigrafiche sulla base dell'età, della litologia, della posizione strutturale o tra formazioni che possiedono il medesimo significato stratigrafico-paleogeografico. Nella Legenda Geologica Preliminare sono state distinte 430 unità litostratigrafiche, molte delle quali ulteriormente suddivise in membri e litofacies, raggruppate in successioni e unità tettoniche basandosi sullo Schema Geologico-Strutturale dell'Appennino settentrionale di Fig.1. Nella Legenda compaiono solo le formazioni che sono state cartografate alla scala 1:50.000, ovvero quelle che sono riportate nei fogli CARG: non sono quindi presenti formazioni che hanno una estensione limitata tale da non risultare cartografate nei Fogli CARG, ma presenti nelle varie cartografie geologiche alla scala 1:10.000.

Successivamente alla definizione della Legenda Geologica Preliminare applicabile al territorio interregionale, si è proceduto alla progettazione del database finalizzato all'immagazzinamento di tutti i dati geologici esistenti per le quattro Regioni. Al fine di supportare al meglio tutti i dati a disposizione, è stato scelto di elaborare un database che rispecchiasse il più possibile la struttura dati della Banca Dati del Continuum Territoriale Geologico della Regione Toscana (BDG-RT) alla scala 1:10.000. Questa Banca Dati, elaborata presso il Centro di GeoTecnologie dell'Università di Siena, presenta una struttura relazionale orientata agli oggetti finalizzata alla gestione e immagazzinamento di grandi moli di informazioni geologiche e geotematiche. Nel progetto di realizzazione del Continuum Geologico della Regione Toscana erano state inoltre elaborate numerose procedure semiautomatiche di migrazione dalla struttura della banca dati geologica (BDG) del Progetto CARG Nazionale verso la nuova struttura dati della BDG-RT: questo aspetto ha facilitato le operazioni di immagazzinamento dei dati geologici delle Regioni Emilia-Romagna, Marche e Umbria, essendo ispirati anche questi alla struttura "simil CARG".

La rielaborazione dei dati preesistenti per il popolamento della banca dati e le omogeneizzazioni tematiche sono state operazioni fondamentali nella fase di progettazione e implementazione della banca dati, nella quale si sono riscontrate numerose criticità operative.

Una prima fase importante nell'implementazione del database è stata l'attenta analisi dei requisiti eseguita sui dati provenienti dalle differenti banche dati. Si è proceduto ad individuare in particolare le differenze tra la struttura dei dati a disposizione con quella della Banca Dati della Regione Toscana "simil CARG", in modo da scegliere opportunamente come suddividere o accorpare i dati di classi di oggetti proprietarie di ogni Regione all'interno delle classi della nuova BDG-RT. Da questa analisi è risultata necessaria anche la realizzazione di nuove classi di oggetti specifiche all'interno del modello dati della BDG-RT e delle relazioni topologiche con le classi di oggetti preesistenti e dei relativi attributi. Da tale analisi si è resa necessaria una nuova progettazione concettuale specifica per l'elaborazione del modello concettuale della Banca Dati del Continuum Geologico Interregionale. In questa nuova struttura si è tenuto conto delle nuove tipologie di dati da immagazzinare nella banca dati, considerando inoltre i rapporti tra le formazioni geologiche alle scale di sintesi 1:100.000 e 1:250.000, in alcuni casi sicuramente differenti o nuovi rispetto a quelli stabiliti nella BDG-RT. Il modello concettuale è stato tradotto nel modello logico, definendo le chiavi primarie delle classi di oggetti, le tipologie di dati degli attributi, le primitive geometriche di immagazzinamento e ovviamente tutte le tipologie di vincoli, inclusi quelli topologici tra le classi di oggetti immagazzinati. La corretta definizione di questi ultimi, in particolare, si è resa indispensabile e di grande aiuto nel corso delle operazioni di "attacco" delle banche dati, descritta più avanti.

Il modello logico è stato infine tradotto nel modello fisico. In questo progetto si è scelto di eseguire la modellazione fisica, e quindi l'implementazione della versione prototipale della Banca Dati del Continuum Geologico Interregionale, con il sistema software proprietario ESRI ArcGis, elaborando un geodatabase (Figura 2)

Il database così strutturato e la Legenda Geologica Interregionale Preliminare sono state applicate ad un caso reale rappresentato dal Bacino idrografico dei fiumi Conca e Marecchia, al fine di elaborare una Carta Geologica del Bacino del Conca-Marecchia.

Contents Preview Metadata	
Name	Type
REL_SigleCont_sel_1	File Geodatabase Relationship Class
REL_SigleCont_sel	File Geodatabase Relationship Class
REL_SigleCont1	File Geodatabase Relationship Class
REL_SigleCont	File Geodatabase Relationship Class
cipe_cgt_geo_cipe_sigle_continuum_sel_1	File Geodatabase Table
cipe_cgt_geo_cipe_sigle_continuum_sel	File Geodatabase Table
cipe_cgt_geo_cipe_sigle_continuum_1	File Geodatabase Table
cipe_cgt_geo_cipe_sigle_continuum	File Geodatabase Table
BD_GEOMORFOLOGIA	File Geodatabase Feature Dataset
BD_GEOLOGIA	File Geodatabase Feature Dataset

Figura 2 – Struttura del geodatabase “Continuum_Interregionale” modellato in ESRI ArcGIS.

Il Bacino idrografico del Conca-Marecchia comprende territori appartenenti amministrativamente alle Regioni Emilia-Romagna, Toscana e Umbria e al suo interno include l'intera Repubblica di San Marino. Nel 2009 si è avuto il distacco amministrativo dei Comuni di Castel delci, Maiolo, Novafeltria, Pennabilli, San Leo, Sant'Agata Feltria e Talamello dalla Regione Marche e la loro aggregazione alla Regione Emilia-Romagna Figura 3. Queste variazioni di limiti amministrativi hanno avuto ripercussioni anche sul reperimento delle banche dati geologiche. Nella zona di confine, infatti, erano presenti banche dati con differente grado di aggiornamento.

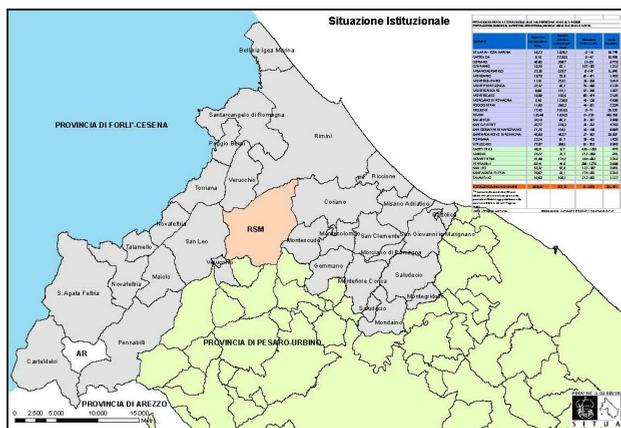


Figura 3 - Nuovi confini regionali, provinciali e comunali nell'area del Bacino del Conca-Marecchia (in grigio è l'estensione della provincia di Rimini)(Fonte: http://www.provincia.rimini.it/territorio/nuovi_comuni/mappe.htm).

Per la realizzazione della Carta Geologica del Bacino del Conca-Marecchia, non essendo prevista alcuna attività di rilevamento in campagna o raccolta di nuovi dati geologici, è stata presa in considerazione tutta la cartografia esistente nelle varie banche dati geologiche a scala 1:10.000 in possesso dei Servizi Geologici delle quattro Regioni. A causa del cambiamento recente dei limiti amministrativi regionali descritto in precedenza, alcune aree attualmente appartenenti alla Regione Emilia-Romagna sono coperte da banche dati geologiche in possesso della Regione Marche. In Figura 4 è indicato lo stato iniziale della copertura geologica sul territorio di interesse. Per la copertura dell'area a nord del bacino non era presente alcuna cartografia a scala 1:10.000: per questa area è stata utilizzata la cartografia del Progetto CARG a scala 1:50.000.

Tutte le Banche dati acquisite presentavano struttura dati differente, soprattutto per la gestione dei depositi quaternari.

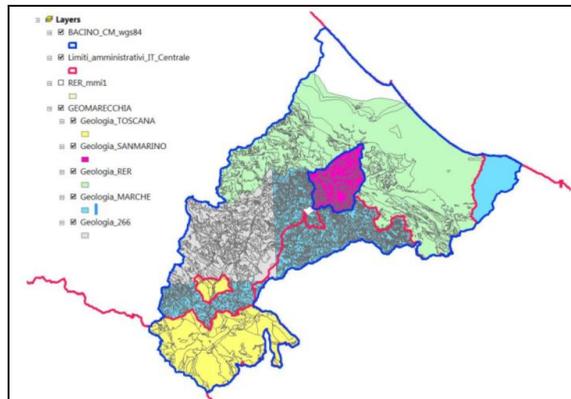


Figura 4 - Copertura delle banche dati geologiche utilizzate per la realizzazione della carta geologica del Bacino del Conca-Marecchia.

L'impiego di varie banche dati, realizzate da enti differenti ed in periodi differenti, ha comportato necessariamente dei problemi di "attacco" tra loro (Figura 5). Laddove le coperture geologiche di due banche dati si trovavano a contatto, si è riscontrata la seguente casistica di incongruenze:

- poligoni a contatto con attribuzioni formazionali diverse;
- attribuzioni diverse di contatti (es. faglie dirette che proseguono come sovrascorrimenti nella banca dati adiacente);
- nomi formazionali differenti utilizzati per indicare lo stesso tipo di roccia;
- stesso nome formazionale utilizzato per indicare tipi di rocce diverse;
- problemi di attacco di tipo geometrico tra poligoni

Per risolvere i problemi di "attacco" e incongruità sopra elencati e realizzare una carta continua per tutta l'area del bacino, priva di problemi di attacco o incongruenze tra le varie banche dati, si è proceduto modificando le geometrie dei contatti senza introdurre altre modifiche alla cartografia esistente.

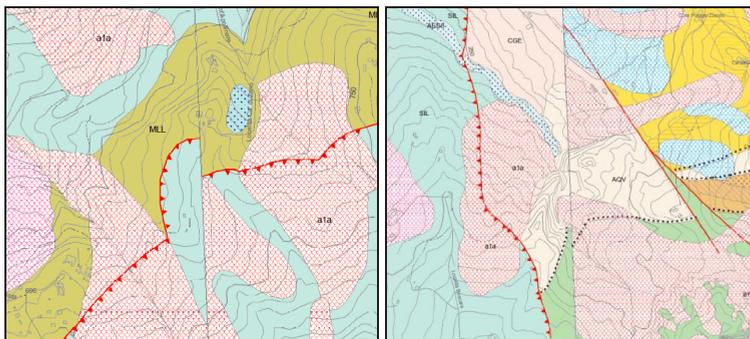


Figura 5 - Esempi di problemi di attacco di tipo geometrico tra due banche dati adiacenti.

Un'importante modifica alla carta e alla legenda è stata invece la riorganizzazione dei depositi quaternari. Nelle banche dati acquisite i depositi quaternari sono organizzati in parte in unità litologiche e in parte in sintemi. Poiché le unità sintemiche utilizzate hanno necessariamente estensione locale,

è stato scelto in questo lavoro di organizzare tutti i depositi quaternari in unità litologico deposizionali, raggruppate per posizione stratigrafica e per macro-ambiente deposizionale.

I depositi quaternari sono stati quindi suddivisi in depositi dell'Olocene ed in depositi del Pleistocene medio-superiore, con ripartizioni interne sulla base del processo deposizionale dominante e dell'ambiente: es. depositi di versante, detriti di falda, depositi alluvionali attuali, depositi alluvionali recenti terrazzati e non terrazzati, depositi eluvio-colluviali, depositi di versante, depositi lagunari, depositi palustri, depositi di spiaggia, ecc. Sono stati indicati anche i depositi di frana, i quali a loro volta sono distinti in base allo stato di attività della frana (es. indeterminata, attiva, quiescente, stabilizzata, relitta) ed in base al tipo di movimento prevalente. La Legenda della Carta Geologica del Bacino del Conca-Marecchia è stata elaborata prendendo come punto di partenza la Legenda Geologica Interregionale Preliminare precedentemente definita, eliminando tutte le formazioni che non affioravano nel Bacino di interesse. Sono state successivamente inserite tutte le formazioni, membri e litofacies presenti nelle banche dati geologiche a scala 1:10.000 ma non cartografate, per motivi di scala, nella cartografia del Progetto CARG a scala 1:50.000.

La struttura dati della Banca Dati impiegata per l'immagazzinamento dei dati geologici, derivata come descritto precedentemente, dalla struttura della BDG-RT diversa dalla struttura dati "simil CARG", ha permesso inoltre di elaborare, oltre alla Carta Geologica del Bacino del Conca Marecchia (Figura 7), una Carta Geologica del substrato del Bacino del Conca Marecchia (cosiddetta "carta geologica scoperta") (Figura 8), in cui non sono state riportate le frane e i depositi quaternari.

Nella struttura dati della BDG "simil CARG" le frane sono comprese nello Strato 18 delle ULF, mentre le DGPV sono immagazzinate nello Strato 11 degli Elementi Geomorfologici. Nella struttura della nuova BDG-RT, invece, al fine dare risalto agli aspetti geomorfologici del territorio, è stato scelto di considerare frane e DGPV in base a parametri differenti, legati ad aspetti quali forma, tipo di movimento o stato di attività che non sono considerati nelle unità geologiche (ULF).

Per questo motivo nella nuova BDG-RT è stata creata la classe ElementoFranoso contenente le classi Frana e DGPV. Ne deriva che questa struttura dati deve contenere informazioni sui limiti sepolti sotto le frane dato che la copertura delle ULF rappresenta la carta del substrato che non può contenere poligoni vuoti, privi di attribuzione, né lacune (

Figura 6).

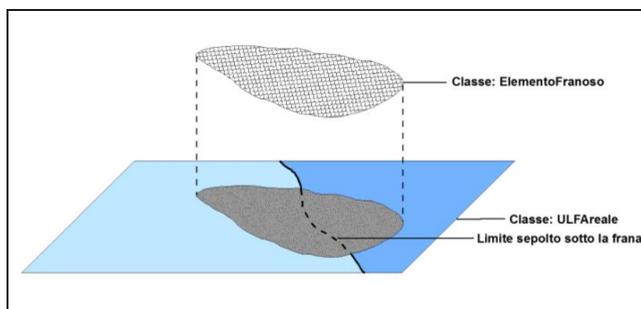


Figura 6 - Relazioni spaziali tra le classi ULF e ElementoFranoso nella struttura dati della BDG-RT e della Banca Dati del Continuum Geologico Interregionale (dal Documento tecnico descrittivo della struttura dati in formato shapefile del Continuum Geologico della Regione Toscana alla scala 1:10.000).

Al fine di rispettare interamente le caratteristiche della BDG-RT, anche nella versione prototipale della Banca Dati del Continuum Geologico Interregionale sono stati immagazzinate tutte le informazioni relative ai contatti tra formazioni sepolti sotto le frane. Laddove non presenti, specialmente nella banca dati geologica della Regione Marche, si è proceduto alla digitalizzazione dei limiti sepolti mancanti.

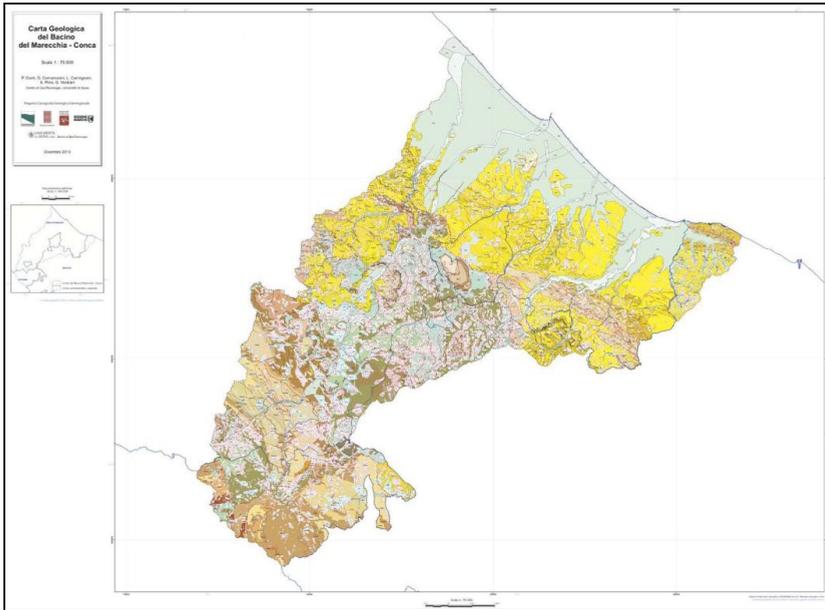


Figura 7 - Carta Geologica del Bacino del Conca Marecchia, con i depositi e le coperture quaternarie.

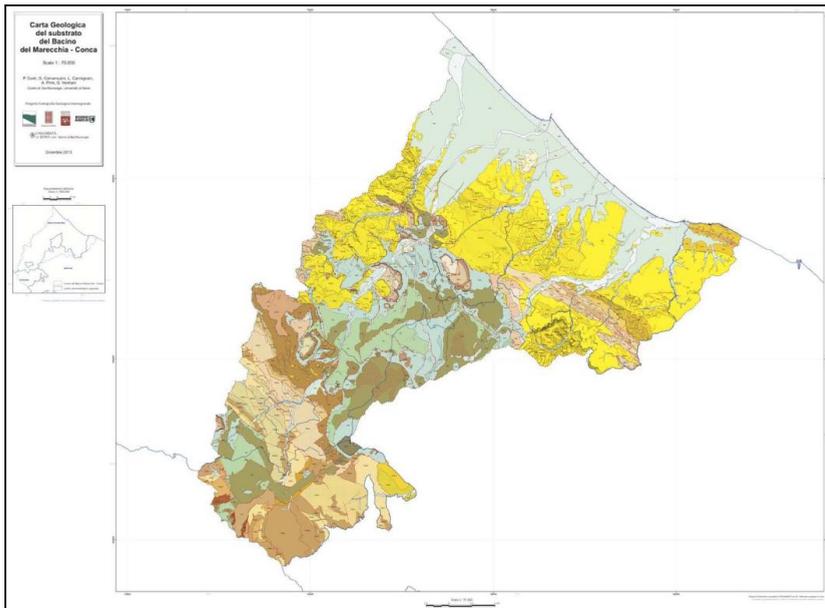


Figura 8 - Carta Geologica del substrato del Bacino del Conca Marecchia, senza i depositi e le coperture quaternarie.

Conclusioni

La corretta gestione e l'elaborazione dei dati geologici sono alcuni aspetti principali per la pianificazione, tutela e mitigazione dei rischi in un territorio. Per un approccio integrato ed efficiente alla pianificazione territoriale, la disponibilità da parte delle Regioni di dati geologici costantemente aggiornati, interoperabili e gestibili su piattaforme GIS rappresenta un valido

strumento oltre che per le amministrazioni regionali e locali, per la comunità scientifica e i liberi professionisti.

Tematiche quali la gestione delle risorse idriche, geotermiche e naturali e la prevenzione dei rischi idrogeologico, sismico, radiologico e tecnologico interessano, con profili di analogia, i territori delle Regioni Emilia-Romagna, Marche, Umbria e Toscana, e si basano su una corretta e dettagliata conoscenza degli aspetti geologici del territorio. La prima sperimentazione della Banca Dati del Continuum Geologico Interregionale ha immagazzinato i dati relativi ad un'area prototipale, rappresentativa per quanto riguarda l'ubicazione e la varietà della copertura geologica di partenza utilizzata per le successive elaborazioni. Questo ha permesso di valutare la corretta progettazione svolta e di fornire indicazioni sulle possibili modifiche da effettuare sulla struttura dati, in modo da ottimizzare questo strumento per la corretta gestione dell'informazione geologica immagazzinata al suo interno in fase di interrogazione, aggiornamento ed elaborazione dei dati.

Vista la realizzazione e la differente gestione, da parte di diversi enti, delle banche dati regionali inizialmente a disposizione, un'operazione fondamentale è stata la rielaborazione e l'integrazione dei dati geologici provenienti dai diversi database nella struttura di banca dati del Continuum Territoriale della Regione Toscana, scelta come modello. Questo ha comportato il recupero da altre banche dati o il tracciamento *ex novo* di tutti i contatti geologici sepolti sotto le coperture, al fine di gestire separatamente i dati relativi agli aspetti geomorfologici ed evolutivi del territorio.

In futuro si prevede di estendere l'operazione di recupero dei contatti sepolti per le intere banche dati geologiche delle Regioni Marche ed Umbria, al fine di dare maggiore risalto agli aspetti geomorfologici di tutto il territorio interregionale e consentire un approccio più diretto ai fenomeni di instabilità, oltre che l'aggiornamento indipendente del substrato geologico e delle coperture quaternarie.

Riferimenti bibliografici

Carmignani L., Conti P., Cornamusini G., Pirro A. (2013), “*Geological Map of Tuscany (Italy)*”, Journal of Maps.

Carmignani L., Conti P., Cornamusini G., Pirro A., (2013) “*La carta geologica della Toscana a scala 1:250.000*”, *Il Geologo*, 22-24.

Pirro, A.; Carmignani, L.; Morini, D.; Massa, G.; Giannetti, L.; Pasqua, E.; Lavorini, G.; Marsico, N.; Bastone, M. F.; Graziosi, D.; Cocca, E.; Pugnaghi, F.; Gamberi, F.; Romanelli, S. & Verdiani, G. (2012), “*A open source GIS application to the environmental data: the Tuscany Region subsoil use atlas database*”, 7th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information System - EUROGEO - Bologna, 5th-7th of June 2012.

Pirro A., Lavorini G., Carmignani L., Morini D., Ciulli A., Massa G., Giannetti L., Pasqua E., Marsico N., Bastone M., Graziosi D., Conti P., Cornamusini G., Callegari I., Bonciani F., Mantovani F., Bigio T., Grazzini L., Rindinella A., Pugnaghi F., Guastaldi E., Brogna F., Pieroni C., Frau I., Gamberi F., Giagu M., Gatta A., Parillas Chaves M., Verdiani G. and Zazzeri M. (2012), “*Il Continuum Geologico scala 1:10.000 della Regione Toscana: un sistema informativo geografico a supporto della conoscenza del territorio*”, *Il Geologo*, XXIII:87(4-8).

Ciulli A. Massa G., Giannetti L., Pasqua E., Perna M., Manetti F., Marsico N., Bastone M., Cocca E. Pannacci F., Scacchetti S., Pirro A., (2010), “*A shared geodatabase for a landslides and Quaternary cover map of the Regione Toscana*”, 85° Congresso Nazionale della Società Geologica Italiana “*l'Appennino nella geologia del mediterraneo centrale*”.

Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (1990), “*Structural Model of Italy*”, C.N.R. - Progetto Finalizzato Geodinamica, Roma.

Boccaletti M., Coli M. (1982), “*Carta Strutturale dell'Appennino Settentrionale, 1:250.000.*”, Pubblicazione n. 429 C.N.R. - Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto 5 - Modello Strutturale. SELCA, Firenze.