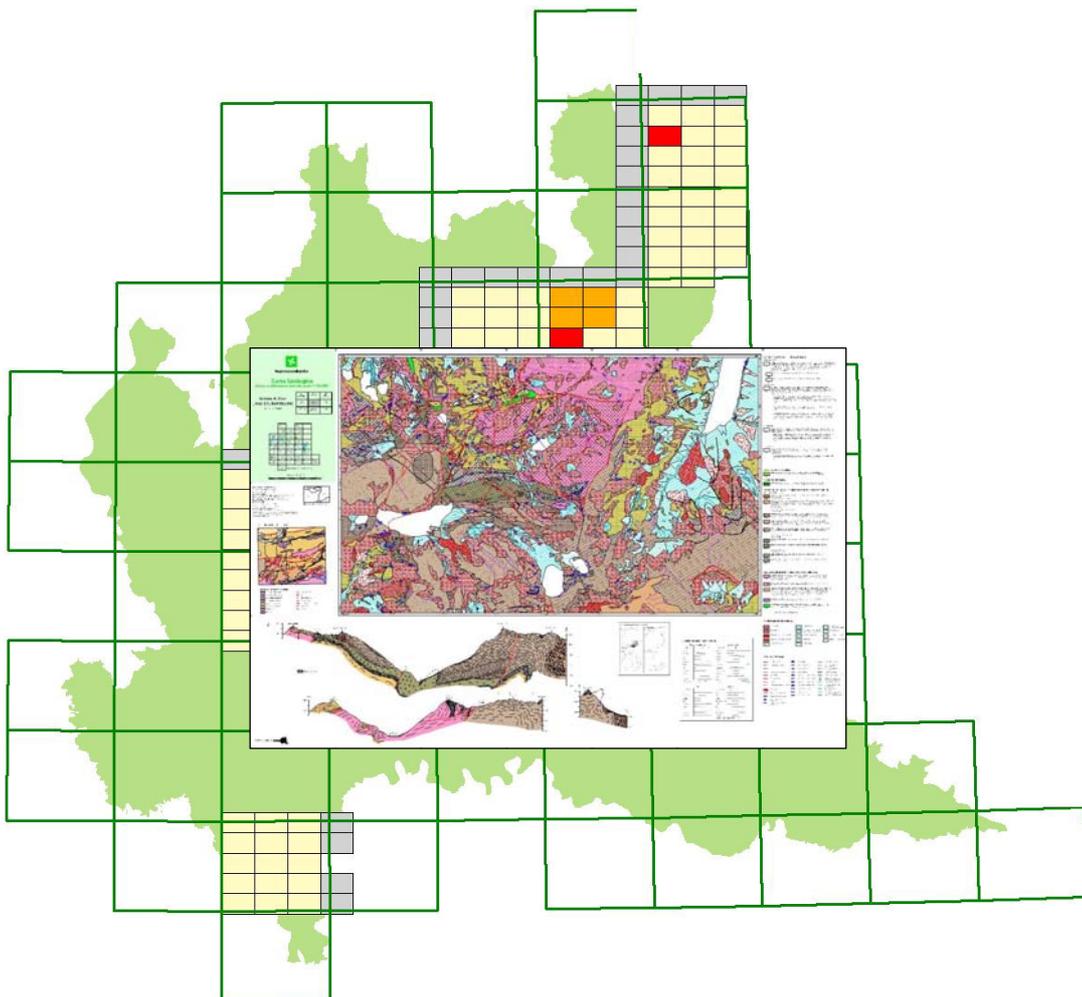


**DALLA PROGETTAZIONE ALL'UTILIZZO DI UN SISTEMA INFORMATIVO GEOLOGICO
AL SERVIZIO DEL RILEVAMENTO GEOLOGICO
la banca dati della Regione Lombardia e la cartografia geologica derivata**



Carlo Alberto BRUNORI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SIENA



Facoltà di
Scienze Matematiche Fisiche e Naturali

Dipartimento di
Scienze della Terra

Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra
XVII ciclo

**DALLA PROGETTAZIONE ALL'UTILIZZO DI UN SISTEMA INFORMATIVO GEOLOGICO
AL SERVIZIO DEL RILEVAMENTO GEOLOGICO
LA BANCA DATI DELLA REGIONE LOMBARDIA E LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DERIVATA**

Direttore della Scuola
Prof. Roberto MAZZEI

Coordinatore del XVII ciclo
Prof. Luigi CARMIGNANI

Tutore
Dott. Gian Bartolomeo SILETTO

Dottorando
Dott. Carlo Alberto BRUNORI

ANNO ACCADEMICO
2006 – 2007

*...verrà un tempo in cui, a forza di pazienti ricerche,
si rivelerà ciò che oggi è nascosto.
Verrà un tempo nel quale i nostri discendenti
saranno sorpresi che noi abbiamo ignorato cose così ovvie...
[Lucio Anneo Seneca, Naturales Questiones]*

*...a Francesco, Virginia, Dìmitra
e...*

RINGRAZIAMENTI

Voglio ringraziare tutte le persone (sono veramente tante) che presso Lombardia Informatica/Servizi e Regione Lombardia, hanno stabilito un rapporto d'amicizia (oltre che lavorativo) negli anni di "funzionamento" del SIG.

Fra gli altri, una citazione particolare va Enrica Mozzi e Fabrizio Berra, amici pazienti.

Un ricordo all'architetto Guido De Carolis che ha innescato questa avventura; i nostri incontri e i nostri scontri sono parte integrante della mia esperienza umana, di lavoro e di formazione.

A Gianni Siletto, in particolare, un sincero ringraziamento per avermi supportato (e sopportato... ma non è stato il solo) negli anni di lavoro, durante la stesura di questa tesi e che mi ha voluto accompagnare, da maestro, fino alla sua conclusione.

Questa tesi nasce da un'intuizione che solo una mente generosa e geniale poteva avere. Grazie Willy (dottoressa Guglielmina A. Diolaiuti).

Un pensiero particolare al Prof. Giampaolo Piali, indimenticabile maestro, che mi ha fatto amare la geologia.

Infine a Maria Teresa Galli, per il sostegno in tutti i momenti e che, caparbiamente, ha deciso di sopportarmi comunque.

INDICE

RIASSUNTO _____	12
<i>PREMESSA</i> _____	14
INTRODUZIONE _____	15
ORGANIZZAZIONE DELLA TESI _____	16
CAPITOLO 1 - STRUMENTI E METODI _____	17
1.1 - SIT E GIS _____	18
1.1.2 - CARTOGRAFIA E <i>DATABASE</i> GEOGRAFICI _____	19
1.2 - HARDWARE, SOFTWARE E DATI _____	20
1.2.1 - L'APPROCCIO SPAZIALE _____	20
1.2.2 - LA VISUALIZZAZIONE _____	21
1.2.3 - IL PROCESSAMENTO _____	21
1.3 - DATI, INFORMAZIONE E CONOSCENZA GEOLOGICA _____	22
1.4 - LA CONDIVISIONE E LA "DISSEMINAZIONE" DELL'INFORMAZIONE TERRITORIALE _____	23
1.4.1 - INTEROPERABILITÀ DEI SISTEMI. _____	23
1.4.2 - METADATI _____	23
1.4.3 - GIS E WEB _____	24
1.5 - DAL RILEVAMENTO GEOLOGICO AL RILEVAMENTO DELL'"INFORMAZIONE" GEOLOGICA _	25
1.5.1 - LA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA _____	25
1.5.2 - RILEVAMENTO E GIS _____	26
CAPITOLO 2 - IL PROGETTO NAZIONALE CARG _____	28
INTRODUZIONE _____	28
2.1 - LA NUOVA CARTOGRAFIA GEOLOGICA ITALIANA _____	29

2.2 - STRUTTURA DELLA BANCA DATI _____	30
2.3 - I CRITERI PER LA PUBBLICAZIONE DEL DATO _____	33
2.3.1 - ACQUISIZIONE NUMERICA E EDITING DELLA COMPONENTE CARTOGRAFICA _____	33
2.4 - STATO DI ATTUAZIONE DEL PROGETTO NAZIONALE CARG _____	34
CAPITOLO 3 - IL PROGETTO CARG - REGIONE LOMBARDIA _____	37
PREMESSA _____	37
3.1 – RILEVAMENTO GEOLOGICO IN LOMBARDIA _____	38
3.2 - METODOLOGIA DI DEFINIZIONE E SPECIFICA DELLO SCHEMA CONCETTUALE _____	41
3.3 - CARATTERISTICHE GENERALI DELLA BASE DATI CARG_RL _____	44
3.3.1 - METAINFORMAZIONE _____	44
3.3.2 - DATI PER LA RESA GRAFICA _____	44
3.4 - IL CONTENUTO INFORMATIVO _____	46
3.4.1 - ORGANIZZAZIONE DELLE ENTITÀ _____	46
3.4.1.1 - ELEMENTI GEOLOGICI _____	46
3.4.1.2 AREE DI ESPOSIZIONE (DEI LITOTIPI - POLIGONO) _____	51
3.4.1.4 GIACITURE (PUNTO ORIENTATO) _____	54
3.4.1.5 - AREA DI RILEVAMENTO (POLIGONO) _____	56
3.4.1.6 - ANAGRAFICA DEL GRUPPO DI LAVORO _____	57
3.5 - LA METAINFORMAZIONE _____	58
3.5.1 - METAINFORMAZIONE DI ISTANZA E DI SCHEMA _____	58
3.6 - SCHEMI STRUTTURALI RIASSUNTIVI - ASPETTI GENERALI _____	61
CAPITOLO 4 - CARG REGIONE-LOMBARDIA: ARCHITETTURA FUNZIONALE E FLUSSO DEI DATI _____	69
PREMESSA _____	69
INTRODUZIONE _____	69

4.1 - ARCHITETTURA FUNZIONALE_____	70
4.2 - TRASPOSIZIONE DAL DISEGNO CONCETTUALE AL DISEGNO FISICO _____	71
4.2.1 - AMBIENTE DI DATA ENTRY _____	72
4.2.1.1 - LA STRUTTURAZIONE DEI DATI: DAL DATA ENTRY ALLA BASE CARG_RL _____	73
4.2.1.2 - LE COMPONENTI FUNZIONALI DI SUPPORTO E DI CONTROLLO _____	73
4.2.2 - AMBIENTE DI GESTIONE _____	75
4.2.3 - AMBIENTE DI PUBBLICAZIONE _____	76
4.3 - GENERALIZZAZIONE E DERIVAZIONE _____	78
4.3.1 - SINTESI DISCIPLINARE _____	78
4.4 - APPLICATIVO CARGEO _____	79
4.5 - FLUSSO DEI DATI _____	83
CAPITOLO 5 - CARGEO RL PROBLEMI RISCONTRATI E SOLUZIONI PROPOSTE O ADOTTATE NELL'UTILIZZO DEL SISTEMA. _____	85
INTRODUZIONE _____	85
5.1 - GEOLOGI VS. CARGEO: PROBLEMI E SOLUZIONI _____	86
5.1.1 - DESCRIZIONE DELLE ENTITÀ GEOLOGICHE_____	86
5.2 - CRITERI DI RILEVAMENTO _____	87
5.2.1 - RAPPORTO RILEVATORI/KMQ _____	87
5.2.2 - RILEVAMENTO DEL SUBSTRATO E DEL QUATERNARIO _____	87
5.3 – IL FATTORE “TEMPO” NELLA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO _____	90
5.4 - ARCHITETTURA DI SISTEMA (HARDWARE E SOFTWARE) _____	91
5.4.1 - FORMAZIONE E SUPPORTO _____	91
5.5 – CARGEO 2: DALL'INTEGRAZIONE DELLE PIATTAFORME ALLA PIATTAFORMA INTEGRATA	92
5.5.1 - MODIFICA ARCHITETTURA RETE REGIONALE/SERVER _____	92

CAPITOLO 6 - DISCUSSIONE E CONCLUSIONI _____ 98

BIBLIOGRAFIA _____ 103

RIASSUNTO

In questa Tesi è descritto il processo di creazione di un Sistema Informativo Geologico e degli strumenti informatici per la gestione dell'informazione su base geografica, o più semplicemente GIS (*Geographic Information System*), al servizio delle attività di rilevamento geologico, finalizzato alla raccolta dei dati ed alla loro rappresentazione cartografica nell'ambito di un Sistema Informativo Territoriale (SIT).

Un SIT è definibile come l'insieme di uomini, strumenti e procedure che, nell'ambito di una organizzazione, permettono l'acquisizione e la distribuzione dei dati relativi alla conoscenza dei fenomeni e degli attori presenti su territorio; tutto questo è facilitato in gran parte dalle capacità e funzionalità dei GIS.

Il Sistema Informativo Territoriale orientato alla Geologia (SIG – Sistema Informativo Geologico) della Regione Lombardia è costituito da un gruppo di lavoro composto da geologi, informatici e geologi-informatici dell'Ente regionale e della società Lombardia Servizi (Gruppo Lombardia Informatica). Ho fatto parte del team di consulenza tecnico-scientifica incaricato da Lombardia Servizi per la realizzazione del SIG regionale.

I compiti del gruppo di lavoro sono:

- definizione di ruoli e metodi per la costituzione del SIG;
- definizione delle logiche per la creazione di strumenti finalizzati all'archiviazione del dato geologico in una banca dati geologica e loro manutenzione;

Il progetto è inserito nel più ampio processo di aggiornamento della Cartografia Geologica nazionale (progetto CARG).

Il SIG ha come principali obiettivi:

- la pianificazione ed esecuzione del rilevamento geologico di dettaglio (scala 1:10.000) del territorio lombardo;
- la costruzione di un database della geologia di superficie (ma anche del sottosuolo per le aree di pianura) interrogabile e aggiornabile ;
- il supporto ai processi di analisi finalizzati alla descrizione della geologia superficiale e ricostruzione degli eventi che hanno creato il paesaggio attuale;
- la rappresentazione cartografica dell'ambiente geologico a partire dal database creato.
- la distribuzione dell'informazione geologica archiviata in vari formati (cartaceo e digitale);

Sono qui descritte ed analizzate criticamente la filosofia di costruzione delle procedure e le soluzioni tecniche e metodologiche adottate per realizzare gli obiettivi prefissi.

L'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici nazionali) ha ereditato dal Servizio Geologico il compito di rilevare, aggiornare e pubblicare la Carta Geologica d'Italia (progetto nazionale CARG) quale organo cartografico dello Stato in base alla legge 68/60. Nel 1976 era stato completato il rilevamento della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000 costituita da 278 fogli a copertura del territorio nazionale; per il suo aggiornamento sono stati definiti strumenti normativi idonei a garantire l'omogeneità dei contenuti e della rappresentazione cartografica; la definizione delle norme discende dall'applicazione di linee guida, frutto dell'attività di Commissioni e Gruppi di lavoro, pubblicate nei Quaderni della serie III (ed. APAT).

L'Ente Regione Lombardia, per rispondere all'impegno istituzionale di aggiornamento della Carta Geologica, all'interno del più ampio e strutturato Sistema Informativo Territoriale regionale, ha dunque creato il Sistema Informativo Geologico (SIG) regionale. Il rapido evolversi delle ricerche nel campo delle Scienze della Terra e

l'importanza che riveste la cartografia geologica nella gestione del territorio, hanno spinto la Regione Lombardia a progettare un rilevamento geologico di dettaglio per dotarsi di una banca dati geologica dalla quale derivare la propria cartografia geologica (alla scala 1:10.000). Sono stati quindi definiti standard specifici rispondenti a questa esigenza di maggior dettaglio (rispetto a quanto indicato dal progetto nazionale CARG) ed è stato pianificato e in gran parte realizzato un rilevamento ex-novo finalizzato alla pubblicazione del dato alla scala del rilevamento e per la sua generalizzazione alle scale 1:25.000 e 50.000.

Alla fine del processo saranno stati realizzati 14 fogli del territorio lombardo relativamente alle aree alpine e di passaggio alla pianura (Bergamo, Bormio, Breno, Clusone, Lecco, Iseo, Malonno, Ponte di Legno, Sondrio, Vimercate, Milano, Bagolino, Seregno, Voghera). In tale progetto sono anche coinvolti le Università di Milano, di Pavia e di Bologna, il Politecnico di Milano e il CNR - Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria di Milano.

L'attività di rilevamento geologico è di competenza dei funzionari regionali della Struttura Sistema Informativo Territoriale della Direzione Generale Territorio e Urbanistica che, coadiuvati da geologi rilevatori, realizzano tutte le fasi del lavoro, dalla raccolta del dato fino alla sua pubblicazione.

L'ambiente informatico GIS sviluppato, denominato CARGeo (Cartografia Geologica), permette di inserire i dati raccolti da geologi rilevatori in un database appositamente predisposto, mediante interfacce grafiche semplificate e procedure standard di archiviazione e controllo di correttezza formale.

La banca dati è costruita in modo da facilitare l'archiviazione della maggior parte dei dati che normalmente il geologo registra nella carta e nei taccuini di terreno e, allo stesso tempo, guidarlo nella raccolta organica dell'informazione geologica. Nella strutturazione del database è stata privilegiata la possibilità di inserire attributi direttamente associabili agli elementi geometrici anziché attraverso schede associate a punti di osservazione.

Il geologo rilevatore interviene per correggere errori di digitalizzazione o di attribuzione con un processo ciclico, fino ad ottenere una banca dati corretta secondo gli standard predefiniti.

Gli strumenti di creazione della banca dati permettono anche di:

- disegnare gli schemi accessori (sezioni geologiche, schemi stratigrafici e strutturali etc.);
- eseguire lo "sfoltimento" e posizionamento delle annotazioni sulla mappa (sigle di unità litologiche e parametri di inclinazione delle giaciture) secondo criteri di leggibilità della carta
- creare le legende;
- creare banche dati a scala inferiore (1:25.000 e 50.000);
- stampare e pubblicare carte geologiche complete di schemi e legende.

Il sistema contiene gli strumenti necessari alla migrazione della banca dati dalla struttura proprietaria CARG-Regione Lombardia a quella CARG-APAT secondo la struttura definita nei Quaderni della serie III

Il Sistema nel corso del biennio 2006-2007 ha raggiunto la fase di consegna dei dati (derivazione e generalizzazione della banca dati CARG-APAT 1:50.000 da quella 1:10.000 CARG-Regione Lombardia) dei primi fogli completati (ISEO, MALONNO, LECCO e SONDRIO) con ritardo rispetto alla programmazione. Sono state analizzate le cause che hanno portato a questo rallentamento del flusso di lavoro, quindi apportate le necessarie modifiche al Sistema. Sono qui descritti i problemi e le soluzioni trovate per migliorare l'efficienza del sistema.

Attualmente il Sistema Informativo Geologico è in una fase di ristrutturazione, che vede la migrazione verso un'architettura informatica basata sulla piattaforma ARCGis® 9.x.

Attraverso il Sistema Informativo Geologico viene tentata una sintesi fra le logiche metodologiche dei due ambiti tecnico-scientifici coinvolti (Geologia e Informatica), in un ambiente dove ricercatori e tecnici lavorano sperimentando l'interazione tra le conoscenze e le metodologie conoscitive tipiche delle Scienze Geologiche e le tecnologie e processi logici delle Scienze Informatiche. Con questa Tesi è documentato tutto il percorso di costruzione della banca dati geologica attraverso e all'interno del sistema realizzato assieme gruppo di lavoro composto da geologi e tecnici informatici, cui ho partecipato, riassumendo gli oltre 9 anni di lavoro dall'ideazione del progetto CARGeo, anche in funzione del suo miglioramento.

Premessa

I meccanismi e le forze che hanno modellato e modellano il "guscio" del nostro pianeta (la crosta terrestre), sono testimoniati dalle tracce lasciate sulle rocce nel corso delle ere. I geologi, nel tentativo di decifrare tali segni formulano ipotesi sulla formazione e successiva deformazione dei corpi rocciosi analizzandone la composizione, osservando le forme del paesaggio e i rapporti geometrici fra i diversi elementi geologici che lo costituiscono.

Il processo logico di ricostruzione degli eventi deve tenere conto di diversi fattori che ne complicano l'analisi; alcuni di questi sono:

- la contemporanea azione di molteplici forze*
- le diverse velocità con cui le forze in gioco si manifestano;*
- l'intervallo di tempo in cui i fenomeni agiscono.*

Le rocce che costituiscono la porzione esterna della terra sono dunque deformate da forze che impiegano tempi enormemente maggiori rispetto alla durata della vita dell'uomo impedendo quindi una sperimentazione diretta delle enormi quantità di energia messe in gioco.

La cartografia geologica tradizionale, intesa come rappresentazione simbolica dei processi di trasformazione del paesaggio e dei loro prodotti, fornisce lo strumento necessario a fotografare l'aspetto attuale di una porzione di territorio. Lo strumento cartografico supporta dunque l'analisi delle strutture geologiche permettendo una comprensione della loro evoluzione chiave di lettura per la previsione di quanto potrebbe accadere nel futuro.

Negli ultimi decenni l'impiego di strumenti informatici al servizio dei geologi per la raccolta, l'archiviazione, studio e la distribuzione di dati e informazioni sul territorio, ha potenziato la capacità di analisi ed interpretazione delle caratteristiche geologiche del territorio. Il dato raccolto sul terreno e organizzato secondo schemi logici, è così disponibile per la sua interpretazione alla luce delle conoscenze o capacità speculative e per un suo successivo aggiornamento. Come per qualsiasi campo, la misura e l'osservazione geologica effettuata sul terreno, deve essere strutturata in modo da rendere trasparenti le fasi logiche e le tecniche con cui il dato "grezzo" approda attraverso aggregazioni, e successive rappresentazioni, alla distribuzione come informazione strutturata. Ogni passaggio, dalla raccolta del dato alla sua archiviazione e pubblicazione finale, deve essere riconoscibile, qualificabile e condivisibile attraverso strumenti e logiche condivise.

Inoltre, gli strumenti informatici e i Sistemi dei quali costituiscono il motore di archiviazione e gestione dei dati sono in continua evoluzione, migliorano la capacità dei ricercatori di analizzare i dati stessi, aumentando abilità nel decodificare i segni osservati sul terreno. Quindi i dati una volta raccolti e archiviati, potranno essere nuovamente riorganizzati secondo nuovi criteri e nuove logiche rese possibili dalla disponibilità di strumenti sempre più evoluti, così da permettere una loro trasformazione in nuove informazioni, pur partendo dagli stessi dataset.



Introduzione

Questa Tesi riassume il processo di realizzazione del Sistema Informativo Geologico presso l'Ente Regione Lombardia finalizzato alla creazione, utilizzo e manutenzione della banca dati geologica regionale. È stata adottata una metodologia di lavoro calibrata sulle esigenze tecniche e scientifiche previste nel programma regionale CARG-Regione Lombardia nonché "produttive" legate all'attività di consulenza da parte della società privata (Lombardia Servizi S.p.A.) che ha realizzato la componente informatica (GIS) del Sistema Informativo Geologico.

La pianificazione del rilevamento geologico di dettaglio ha tenuto conto dei diversi utilizzi dei dati da parte dell'Ente Regione Lombardia, ovvero:

- descrizione del territorio dal punto di vista geologico;
- studio e mitigazione dell'impatto da parte delle attività umane sull'ambiente naturale;
- studio e mitigazione dell'impatto sulle attività umane dei fenomeni naturali attivi (dissesto idrogeologico, attività sismica, ...);
- supporto alle attività di pianificazione e gestione territoriale;
- ottemperanza al mandato istituzionale per il territorio di pertinenza relativamente al progetto nazionale CARG.

Come sottolineato da vari autori (in particolare Burrough, 1986) e suggerito dall'esperienza diretta, in un Sistema Informativo Territoriale la componente "umana" deve essere rappresentativa delle diverse competenze tecniche e scientifiche richieste dalla tematica specifica; nel nostro caso, la creazione di un Gruppo di Lavoro in cui sono presenti geologi esperti di GIS, quindi competenti per le due principali discipline coinvolte nel progetto, ha fornito un valore aggiunto. La realizzazione del progetto CARG nazionale ha coinvolto e coinvolge un gran numero di enti istituzionali, strutture di ricerca, società di servizi e professionisti che concorrono alla realizzazione dell'ambizioso e necessario strumento di conoscenza della geologia del territorio e della sua gestione.

La tipologia stessa del progetto, le risorse impegnate e le capacità tecnico-scientifiche coinvolte, sono tali da imprimere una spinta notevole alla necessaria circolazione dell'informazione fra enti e soggetti coinvolti in tutte le fasi del lavoro. In molti casi è stato innescato o rinnovato lo sviluppo di sinergie fra le diverse realtà aprendo la strada a collaborazioni che, soprattutto da parte del mondo accademico italiano in generale e delle Scienze della Terra in particolare, spesso faticano a trovare spazi, tematiche comuni e risorse economiche.

Partito negli anni '90, il progetto CARG ha indicato la strada da percorrere e gli strumenti logici e metodologici di omogeneizzazione per la produzione informativa e cartografica. L'introduzione della logica di Sistema Informativo Territoriale applicato al mondo della cartografia geologica è stato spesso accolto con difficoltà dagli Enti e istituzioni accademiche; in alcuni casi la causa di tali resistenze è da ricercare nelle preclusioni metodologiche o resistenze agli "slanci" tecnico-scientifici proposti non sempre alla portata (tecnica o economica) dei soggetti coinvolti. È spesso emersa una oggettiva difficoltà nell'utilizzo di nuovi strumenti e tecniche in un universo variegato e frammentato come quello coinvolto nelle attività di studio e fornitura di servizi nel campo dell'informazione geologica.

L'ente Regione Lombardia ha sfruttato lo stimolo per dotarsi di una banca dati aggiornata alla scala 1:10.000 e, cosa forse più importante, di un protocollo per la raccolta e gestione dell'informazione geologica di superficie e del sottosuolo regionale. La struttura fisica della banca dati differisce da quella indicata dal progetto nazionale, rispondendo alle esigenze di maggior dettaglio in conformità con il dettaglio geografico richiesto e muovendosi nell'ambito della più ampia architettura del Sistema Informativo Territoriale Regionale (Rossi e Sarli, 1997) progettato per l'acquisizione, aggiornamento, elaborazione, rappresentazione e diffusione di dati ed informazioni su base geografica. La migrazione della banca dati geologica regionale verso l'organizzazione definita dalle specifiche CARG nazionali è integrata nel flusso di lavoro; i criteri generali di controllo qualità e di tracciabilità del dato sono comunque recepiti e implementati nel sistema GIS denominato CARGeo.

Organizzazione della tesi

I Sistemi Informativi Territoriali, intesi come organizzazione delle risorse metodologiche, umane e tecnologiche nella costruzione e gestione dell'informazione geologica e delle procedure di popolamento delle banche dati; viene delineata una breve descrizione dei sistemi informatici adottati e delle architetture scelte.

Nel **secondo capitolo** è delineato il programma nazionale CARG finalizzato alla realizzazione di una banca dati geologica nazionale e alla stampa della carta nazionale alla scala 1:50.000. Sono sinteticamente descritte le specifiche tecniche e i criteri logici ai quali tutti gli enti coinvolti si sono dovuti adeguare (e si adegueranno) nella creazione di una banca dati geologica comune e alla mappatura e descrizione dell'ambiente geologico nazionale da essa derivate.

L'attuazione del progetto nazionale CARG da parte della Regione Lombardia è descritto nel **terzo capitolo**. Recepiti gli stimoli e le linee guida del Servizio Geologico (oggi APAT), è stato creato un Sistema Informativo Geologico dotato di propri strumenti informatici e di criteri per il rilevamento, archiviazione e pubblicazione di una banca dati geologica con dettaglio alla scala 1:10.000. Nel capitolo sono dettagliate alcune parti del sistema (ruoli, strumenti e strutture logiche di archiviazione dei dati), finalizzati alla creazione di una banca dati regionale specifica e della banca dati nazionale derivata.

Il **quarto capitolo** descrive strumenti e logiche messe a disposizione del geologo rilevatore; la costruzione del Sistema Informativo Geologico vede il geologo come principale "regista" ed esecutore delle operazioni. In tal modo viene realizzato il controllo di qualità dei dati in tutte le fasi di attuazione del progetto, superando la metodologia "classica" che vede la pubblicazione dell'informazione geologica eseguita da tecnici non esperti della tematica.

Negli anni di funzionamento del Sistema Informativo Geologico, sono emerse difficoltà e sono state introdotte modifiche al progetto iniziale; nel **quinto capitolo** ho cercato di descrivere i principali limiti e le scelte fatte per superarli, gettando una base per la realizzazione di un nuovo sistema che, tenendo conto dell'esperienza fatta e dei nuovi strumenti informatici a disposizione, potrebbe migliorare ulteriormente il lavoro fin qui svolto.

Nel **sesto e ultimo capitolo** ho cercato di redigere un'analisi critica del metodo di lavoro con cui è stato realizzato il programma; una parte dell'analisi si sofferma sulla peculiarità del ruolo "ibrido" (geologo-informatico) da me svolto. Infine ho cercato di sintetizzare gli aspetti salienti del progetto.

CAPITOLO 1 - Strumenti e metodi

Introduzione

Nel definire i SIT (Sistemi Informativi Territoriali) e/o GIS (Geographic Information Systems), spesso si cade in contraddizioni e confusioni di interpretazione del significato dei termini utilizzati e/o dei ruoli svolti, dovuti, in alcuni casi, al contesto in cui tali termini e concetti sono utilizzati. Per convenzione e praticità, in questo lavoro i due acronimi sono utilizzati secondo una definizione che vede il GIS come componente informatica del SIT (Sartori, 2001).

Qui di seguito viene descritto l'utilizzo degli strumenti informatici al servizio della conoscenza e catalogazione dell'informazione territoriale (in genere) e geologica (nel particolare).

In questo capitolo sono descritti strumenti, terminologie, criteri e logiche di archiviazione, analisi e disseminazione dell'informazione territoriale utilizzati per il progetto CARG in Regione Lombardia, a sua volta inseriti nel più ampio Sistema Informativo Territoriale della Regione.

Il Sistema Informativo Territoriale regionale lombardo utilizza lo standard ESRI® (piattaforme ArcView®, Arc/Info®-ArcGIS®) associato al DBMS MSAccess, i cui modelli di database e strumenti per la creazione, gestione e pubblicazione di dati geografici, sono utilizzati anche per il progetto di cartografia geologica regionale.

1.1 - SIT e GIS

Data la complessità del territorio, gli strumenti per la sua conoscenza e gestione devono essere organizzati in un Sistema Informativo (SI), definito come il complesso di uomini, strumenti e procedure che permette l'acquisizione e la distribuzione dei dati nell'ambito di una organizzazione, in grado di fornire informazioni per lo sfruttamento razionale di risorse (Negri et al, 2001). Avendo per oggetto il territorio e le informazioni a esso correlabili questo sistema verrà chiamato Sistema Informativo Territoriale (SIT) e potrà essere definito come un complesso organizzativo e funzionalmente integrato di risorse umane, procedure e apparecchiature, flussi informativi, norme organizzative in grado di acquisire, archiviare ed elaborare dati che siano correlabili al territorio (Aronoff, S., 1991; Barrough, 1986; DoE, 1987; Toccolini & Angileri, 1992)



Figura 1.2 - Sistema Informativo (SI), definito come il complesso di uomini, strumenti e procedure che permette l'acquisizione e la distribuzione dei dati nell'ambito di una organizzazione, in grado di fornire informazioni per lo sfruttamento razionale di risorse. Nella foto alcuni geologi rilevatori e geologi-informatici del Sistema Informativo Geologico della Regione Lombardia

Nella definizione di ogni sistema informativo un aspetto importante riguarda il livello di informatizzazione che si vuole raggiungere. Con il termine generale di informatizzazione dell'informazione geografica si intende un processo a più livelli che inizia con il trasferimento su supporto informatico di dati inizialmente rappresentati su supporto cartografico tradizionale (cartaceo). La gestione informatizzata può supportare l'accesso visivo al dato e la sua presentazione in forma di carte e/o attraverso il WEB, l'estrazione dei dati per elaborazioni settoriali, l'elaborazione dei dati (spaziali, alfanumerici, temporali) per la derivazione di nuove informazioni (per esempio nuovi tematismi), l'elaborazione dei dati attraverso programmi applicativi per produrre dati pianificatori o gestionali/operativi, l'aggiornamento dei dati contenuti nella base informativa, l'elaborazione distribuita dei dati.

È in questo contesto che si inserisce il GIS, definibile come un sistema organizzato di calcolatori, programmi e dati geografici studiato per acquisire, archiviare, aggiornare, mettere in relazione, analizzare, creare e mostrare in modo efficiente ogni forma di informazione georeferenziata (Green and Bossomayer, 2002).

Si tratta di strumenti che consentono sia di elaborare dati territoriali aventi natura, origine e caratteristiche anche molto differenti fra loro, per descrivere e prevedere fenomeni ambientali nella loro complessità (Gomasca et. al, 2001), ottenere informazioni di sintesi e nuove informazioni dall'incrocio di dati cartografici con dati inerenti a tutti i fenomeni georiferibili. I sistemi GIS, dunque, rappresentano gli strumenti che favoriscono un approccio multidisciplinare nella studio di fenomeni complessi (Salvi *et al.*, 1999) Caratteristica peculiare del GIS è quindi la capacità di georeferenziare i dati mediante l'attribuzione a ogni oggetto delle sue coordinate effettive all'interno del sistema di riferimento in cui esso è posizionato (UTM, Gauss-Boaga ecc.). In questo modo ogni oggetto è rappresentato oltre che con le sue coordinate reali, anche con le dimensioni effettive. Un sistema GIS è in grado di stabilire relazioni spaziali di tipo topologico (ad esempio, adiacenza e contenimento) o metrico (ad esempio, distanza da...). Ciò perché, rispetto a una semplice rappresentazione puramente geometrica degli oggetti presenti nella realtà, a un GIS è richiesto di mantenere e gestire tutte le informazioni che riguardano le mutue relazioni spaziali tra i diversi elementi, come la connessione, l'adiacenza o l'inclusione. Oltre a ciò, il GIS consente di condurre elaborazioni su dati geografici e su informazioni a essi associate; la ricaduta più efficiente nell'uso di un tale sistema è rappresentata dall'incremento di utilità che ogni informazione acquisisce quando diventa immediatamente confrontabile con le altre.

1.1.2 - Cartografia e *database* geografici

Le carte geologiche costituiscono il principale strumento di descrizione e studio delle strutture tettoniche, geomorfologiche e stratigrafiche, nonché delle dinamiche che esse testimoniano e propongono una ricostruzione dei processi che hanno portato alla creazione delle forme del paesaggio. Esse forniscono chiavi di lettura per la conoscenza del sottosuolo o per la previsione dei fenomeni naturali connessi con le energie agenti sulla superficie terrestre o internamente ad essa.

In estrema sintesi, costituiscono la raffigurazione simbolica bidimensionale in scala, secondo la proiezione geografica opportunamente scelta, di una porzione di superficie terrestre, di cui descrivono una grande varietà di dati e informazioni derivate di interesse geologico (Twiss and Moores, 1992); esse rappresentano la rappresentazione dell'ambiente geologico alla luce delle conoscenze dell'epoca in cui sono state redatte. Costituiscono la documentazione di riferimento per tecnici e scienziati ma, evidentemente, non possono essere aggiornate con facilità rispetto ai cambiamenti del paesaggio che descrivono né informare sulle nuove osservazioni, scoperte e teorie. Inoltre rendono difficile il lavoro di analisi e interrogazione del dato rappresentato.

Per far fronte ai limiti appena citati è possibile costruire *database* orientati a temi geologici; l'associazione di questi a strumenti di rappresentazione, interrogazione e diffusione dell'informazione geologica, costituisce un potente strumento di conoscenza della storia e evoluzione della terra, integrando lo strumento cartaceo tradizionale.

Gli obiettivi chiave da perseguire nella costruzione di un Sistema Informativo Geologico (ovvero un SIT orientato a temi geologici) che ha fra i suoi principali obiettivi la produzione cartografica, possono essere sintetizzati in (Laxton and Becken, 1996):

- definizione di un *database* geologico orientato alla rappresentazione cartografica che comprenda sia dati spaziali funzionali alla sintesi simbolica cartografica, sia i relativi attributi e informazioni geologiche;
- previsione di continui o periodici revisioni e aggiornamenti;
- creazione di una struttura dati che garantisca il collegamento fra i componenti del *database* e con altri *database* esterni ad esso relazionabili;
- produzione di mappe geologiche di elevato livello qualitativo attraverso la pubblicazione con sistemi tradizionali (stampa);
- produzione di mappe tematiche (o fuori dagli standard eventualmente previsti);
- garanzia di un uno standard qualitativo elevato sia nella implementazione della banca dati che nella produzione cartografica e pubblicazione del dato originale attraverso altri mezzi (principalmente il WEB).

La scala 1.10.000 è quella generalmente scelta per la creazione di un *database* geologico per la produzione cartografica; essa generalmente corrisponde alla scala idonea di rilevamento sul terreno e permette, tramite generalizzazione, la produzione di mappe a scale minori.

1.2 - Hardware, software e dati

A supporto dei ricercatori e tecnici che costituiscono la "componente umana" di un SIT, la "componente informatica" identificabile nel GIS è composta da sistemi *hardware* e *software* per la gestione e archiviazione fisica dei dati:

- I dati: nel caso del GIS si tratta di dati territoriali caratterizzati da due componenti, quella geografica e quella descrittiva; la componente geografica identifica la localizzazione del oggetto descritto sulla superficie terrestre (dato georeferenziato), la componente descrittiva a essa associata, gestita attraverso la costituzione di banche dati, lo identifica elencandone le caratteristiche specifiche;
- l'*hardware* è l'insieme delle componenti fisiche del sistema, cioè delle apparecchiature che consentono l'acquisizione (tastiera, *mouse*, digitalizzatore e *scanner*), l'archiviazione e l'elaborazione dei dati (*computer*, memorie di massa) e la loro restituzione sotto forma di nuove informazioni (video, stampanti e plotter).
- Il *software* costituisce l'insieme dei programmi del sistema che permette all'operatore di utilizzare le componenti *hardware* e quindi al GIS di espletare le sue funzioni. Permette inoltre il dialogo fra ambiente informatico e utente ("interfaccia utente"); tutte le funzionalità del GIS, per quanto potenti, troverebbero una forte limitazione nel loro utilizzo se non ci fosse una adeguata modalità d'interazione tra l'uomo e la macchina in grado di svolgerle.

Il dato georeferenziato e l'informazione da esso ricavata rappresenta la componente principale di un SIT nell'ambito di un ambiente integrato che consta di competenze tecniche e scientifiche, logiche, procedure codificate di raccolta ed archiviazione delle informazioni e tecnologie funzionali all'esecuzione del lavoro (Smith *et al.*, 1993).

Una volta organizzato il dato in un *database*, l'interazione con esso può avvenire secondo diversi approcci che, per comodità, elenchiamo come modalità distinte, ma che nella pratica rappresentano l'uno la realizzazione delle funzioni dell'altro:

- approccio spaziale;
- visualizzazione;
- processamento.

1.2.1 - L'approccio spaziale

Un modello specializzato per la gestione spaziale dei dati consente la gestione di elementi vettoriali (*features*), immagini *raster*, topologie, reti e così via, organizzandoli in strati informativi (Longley. *et al.*, 2001) .

Nel processo di progettazione di un Sistema Informativo su base geografica va definito, in primo luogo, con quale tipo di geometria saranno rappresentati gli elementi della realtà geografica da inserire nel *database*. Ad esempio:

- le unità geologiche saranno rappresentate come poligoni;
- le faglie saranno cartografate come linee;
- i siti di misura dei parametri geometrici di strati, superfici di faglia etc., come punti;
- la topografia attraverso modelli *raster* ;

e così via.

Gli elementi aventi specifiche caratteristiche comuni saranno raggruppati in classi per la loro gestione ottimale.

I *dataset* GIS rappresentano aspetti della realtà geografica, secondo le seguenti tipologie:

- collezioni ordinate di elementi su base vettoriale (insiemi di punti, linee e poligoni);
- *dataset raster*, per rappresentare immagini e modelli;
- insiemi organizzati di dati a supporto e completamento di quanto rappresentato sul territorio;
- metadati per la qualificazione e la "tracciabilità" dal dato stesso.

I dati descrittivi delle entità geometriche sono strutturati in tabelle collegate attraverso "chiavi esterne", cioè codici, in genere numerici, organizzati in campi comuni fra geometrie e tabelle descrittive, detti "campi chiave". Questa organizzazione delle informazioni e relazioni tabellari giocano un ruolo fondamentale nella strutturazione dei dati alfanumerici e non contenuti in un GIS, sfruttando il modello e le funzionalità proprie dei sistemi di gestione dei *database* su base relazionale (RDBMS – *Relational Database Management Systems*) (Healey, 1991).

L'organizzazione in strati informativi (*layer*) permette quindi di analizzare l'informazione sia all'interno di una stessa tematica, ma anche fra strati con contenuti informativi fra loro non omogenei dal punto di vista geometrico (modelli poligonali, puntiformi, lineari o raster), coesistenti nella stessa porzione territoriale.

Oltre alla rappresentazione geografica e gli attributi descrittivi, componente fondamentale di un *database* geografico sono dunque le relazioni spaziali; le proprietà topologiche proprie degli elementi archiviati nel *database* sono utilizzate per gestire, ad esempio, i confini tra elementi geografici adiacenti, definire e rafforzare le regole di integrità del dato, stabilire i rapporti fra elementi puntiformi che possono cadere all'interno o meno di una determinata area o permettere il riconoscimento del rapporto spaziale fra geometrie lineari e poligoni (coincidenza di una linea con il bordo del poligono o suo attraversamento).

1.2.2 - La visualizzazione

Poter visualizzare l'informazione georeferenziata archiviata nella sua rappresentazione bidimensionale, permette di costruire rappresentazioni geografiche complete e complesse (mappe) in cui vengono visualizzati gli elementi (*feature*) e le mutue relazioni spaziali sulla superficie terrestre, nel rispetto delle regole cartografiche di leggibilità (discriminazione spaziale delle forme e colori) e rappresentabilità simbolica. Si possono costruire sia mappe di base che mappe "avanzate", utilizzando le informazioni geografiche associate ai dati. Tali mappe possono essere archiviate a supporto dell'interrogazione, analisi e editing dei dati, e costituiscono il principale strumento di descrizione, interpretazione del dato archiviato e mezzo di visualizzazione dell'informazione geografica attraverso la sua rappresentazione simbolica e in scala. Le mappe possono essere generate attraverso interfacce utente disponibili sia sui piccoli palmari o come strumenti più evoluti per la navigazione WEB, fino alle potenti applicazioni GIS su *desktop*.

È importante rilevare che l'informazione geografica prodotta con un GIS e visualizzata attraverso lo schermo di un *computer*, si differenzia dalle mappe stampate, che definiremo "statiche", data la possibilità di interagire con esse e con le informazioni ad esse relazionate. I GIS hanno acquisito, nel tempo, la capacità di restituire l'informazione geografica con una qualità paragonabile a quella tradizionale (a stampa) grazie all'evoluzione degli strumenti tecnologici in grado di produrre le mappe secondo i principi del disegno cartografico (Buttenfield and Mackaness, 1991). La mappa visualizzata a schermo diventa dunque interattiva, può essere così esplorata e ingrandita, possono essere opportunamente resi visibili o meno i vari livelli informativi alle scale di visualizzazione appropriate e, nella visualizzazione degli starti informativi, si possono utilizzare simbologie rappresentative di una qualunque combinazione degli attributi associati agli oggetti del livello stesso. Ogni oggetto risulta essere interrogabile singolarmente rispetto al suo contenuto informativo o assieme ad altri oggetti rappresentati anche appartenenti a strati informativi diversi. Attraverso opportune procedure la risposta all'interrogazione produrrà elaborati sia grafici che documentali, strumenti base per l'analisi e la comprensione dei fenomeni analizzati.

Quanto descritto è riconducibile anche all'ambito funzionale dei Sistemi a Supporto delle Decisioni (DSS – *Decision Support Systems*; Cowen, 1988): i GIS costituiscono l'estensione geografica di tali sistemi, realizzando la simulazione di scenari possibili, attraverso la visualizzazione di particolari fenomeni analizzati, quantificandone l'impatto e l'individuazione degli elementi del territorio coinvolti.

1.2.3 - Il processamento

Le funzioni di processamento, a partire da *dataset* geografici, consentono di applicare funzioni analitiche e memorizzare i risultati in nuovi *dataset*. È da sottolineare la capacità da parte del sistema di creare, all'interno di una banca dati geografica organizzata, logiche e strutture fisiche derivate da quelle esistenti (dato *grezzo*), ma anche virtuali, cioè non materializzate in tabelle, record o dati geografici veri e propri, frutto del processamento dei dati archiviati, in grado di fornire ulteriori informazioni, visualizzandole attraverso rappresentazioni simboliche cartografiche. È l'informazione vera e propria, prodotto ultimo di processi spesso lunghi ed articolati di aggregazione ed elaborazione del dato originariamente disaggregato e organizzato in *database*.

1.3 - Dati, informazione e conoscenza geologica

Al pari di tutti gli ambiti della conoscenza, la geologia utilizza tecniche, strumenti e logiche sempre più potenti in funzione delle capacità tecniche e scientifiche umane. La comprensione dei fenomeni studiati dipende dalla qualità e quantità di dati geologici raccolti sul terreno, dalla loro analisi di laboratorio o loro elaborazione anche informatica (Wadge, 1992a,b; Walker *et al.*, 1996), nasce quindi l'esigenza di nuove logiche e strumenti di l'archiviazione, classificazione ed interpretazione dei *database*. La comprensione dei fenomeni e la descrizione degli scenari evolutivi sarà infine favorito dalla condivisione delle banche dati fra la comunità scientifica, per stimolare lo scambio di idee e il confronto delle interpretazioni.

L'organizzazione e gestione di *database* geologici comporta, come riflesso immediato, la disponibilità di una gran mole organizzata di dati e di informazioni derivate. Tale disponibilità e accessibilità di dati geologici influenza positivamente la capacità di ricostruire con chiarezza e ricchezza di dettagli, l'oggetto studiato. D'altra parte, saranno le stesse tecnologie informatiche impiegate nell'attività scientifica a essere a loro volta influenzate positivamente da questa evoluzione della conoscenza. Si può dunque affermare che esista un rapporto positivo di mutua reciprocità tra la comprensione dei fenomeni naturali, l'evoluzione delle capacità cognitive dei ricercatori impegnati in questa attività e l'efficienza degli strumenti impiegati.

Nell'esperienza descritta in questa tesi si sono rese necessarie continue modifiche al *database* a fronte delle nuove esigenze emergenti in corso d'opera per l'adeguamento della struttura fisica e delle regole di dipendenza fra entità. Queste esigenze si sono presentate là dove lo schema fisico, preparato in precedenza, non rispondeva più a nuovi criteri di classificazione. È apparso evidente che l'organizzazione di un sistema di raccolta di dati per la descrizione geologica del territorio debba incorporare margini di flessibilità nella sua progettazione, prevedendo elasticità e spazi di ampliamento delle logiche implementate, per poter rispondere alla evoluzione della conoscenza.

Le architetture dei *database* territoriali ma non di tipo geologico, invece, spesso prevedono ambienti di applicazione con maggiori rigidità nell'individuazione di strumenti e entità catalogate. Ad esempio, gli strumenti di gestione urbanistica per la pianificazione dello sviluppo territoriale hanno una organizzazione dei *dataset* con criteri di classificazione ben definita degli ambiti e linee di sviluppo entro cui si devono muovere amministratori pubblici e soggetti coinvolti nelle attività di conservazione ambientale o di sviluppo urbano e infrastrutturale. Tali regole e limiti hanno una durata nel tempo ben definita e non dovrebbero essere alterati se non in seguito ad una attento studio dei fenomeni antropici e/o naturali che concorrono a modificare le caratteristiche e i rapporti fra gli elementi del territorio descritti.

1.4 - La condivisione e la “disseminazione” dell’informazione territoriale

Il passo successivo alla raccolta, archiviazione ed analisi del “dato territoriale” per la sua trasformazione in “informazione territoriale” riguarda le modalità di condivisione e distribuzione di contenuto ed elaborazioni derivate.

Con tre parole chiave è possibile vincolare il ragionamento riguardo strumenti e modalità con le quali un SIT realizza la condivisione e/o distribuzione dell’informazione:

- interoperabilità
- metadati
- WEB

1.4.1 - Interoperabilità dei sistemi.

Con il termine interoperabilità nel campo dei SIT si indica la capacità di stabilire criteri condivisi per l’accesso diffuso da parte di Sistemi Informativi Geografici dislocati sul territorio, in funzione dei loro specifici ruoli e obiettivi (Clarke, 1997). L’accesso deve essere garantito tenendo conto dei diversi livelli e capacità di gestione delle banche dati, potenze di calcolo degli strumenti utilizzati ma anche velocità di accesso ad esse, magari interconnesse via WEB. Il tutto è riconducibile alla possibilità e comune necessità di disporre dei dati, reperendoli nel modo più efficace e tempestivo, inclusa l’acquisizione di alcune parti del *database* geografico da altri utenti GIS.

La gestione dei dati geografici è così distribuita tra molti utenti. I sistemi di archiviazione e le loro architetture richiedono dunque criteri e modalità nella loro organizzazione che tendono, o dovrebbero tendere, appunto, all’interoperabilità.

La natura distribuita dei database geografici ha un grosso impatto sull’interoperabilità tra i differenti sistemi e le molteplici organizzazioni, pertanto risulta cruciale la possibilità di realizzare una effettiva cooperazione tra gli utenti GIS impegnati a collaborare per la condivisione e l’utilizzo dei dati. L’adesione agli standard industriali e le politiche comunemente adottate sono indispensabili per il successo di ogni GIS che deve essere in grado di supportare esigenze di base e adattarsi e/o evolversi di pari passo con l’evoluzione degli strumenti informatici orientati alla gestione dell’informazione territoriale.

1.4.2 - Metadati

I metadati, cioè le informazioni che qualificano i dati stessi, sono le informazioni che rendono i *dataset* comprensibili, utilizzabili e condivisibili (Balestro, 2005): ciò avviene, in particolare mediante la specificazione di informazioni generali sui dati, sullo schema di entità e attributi adottati e sulla loro qualità (completezza, accuratezza dei processi di elaborazione, etc.) (Wayne, 2001).

L’esigenza di creare strutture e logiche di archiviazione condivisa, stimola la nascita di progetti nazionali e sopranazionali orientati alla standardizzazione delle procedure, architetture e filosofie di costruzione dei *database* geografici. Il progetto CARG rappresenta uno dei tentativi di innescare questo necessario adeguamento del mondo dell’informazione territoriale in generale, geologica nello specifico, a rendere disponibili i dati anche a livello internazionale, rendendoli leggibili secondo un linguaggio di classificazione comune, funzionale alla loro diffusione anche mediante il WEB (Green & Bossomayer, 2002). Questo orientamento comune nasce anche dal bisogno di limitare la confusione che deriva dall’assenza di regole condivise.

I metadati costituiscono parte integrante dell’informazione in quanto, unitamente ai dati che descrivono, trasformano i dati disaggregati in informazioni utilizzabili. Giocando un ruolo cruciale nella registrazione, indicizzazione e coordinamento delle risorse informative (Cathro, 1997), costituiscono in qualche modo il *curriculum vitae* dei dati, raccogliendo i riferimenti relativi al dove, al quando, al come e da chi i dati sono stati reperiti e eventualmente elaborati prima di essere archiviati. Si tratta quindi del corredo indispensabile per rendere tali dati fruibili correttamente da chiunque anche a distanza di tempo e con diversi strumenti di accesso ai *database* stessi.

Gli obiettivi perseguiti nella compilazione dei metadati riguardano la possibilità di fornire agli utenti informazioni su:

- disponibilità di particolari tipologie di dati territoriali e sulla loro localizzazione (disponibilità dell’informazione territoriale);
- l’utilizzabilità in specifici contesti applicativi dei dati territoriali individuati (utilizzabilità dell’informazione territoriale);
- le modalità di acquisizione dei dati territoriali individuati (accessibilità dell’informazione territoriale);

- le modalità di trasferimento e conversione dei dati territoriali individuati (trasferimento e struttura dell'informazione territoriale);
- le sorgenti, le modalità e le procedure utilizzate per la produzione dei dati territoriali individuati (attendibilità del dato territoriale);
- le modalità e la frequenza di aggiornamento dei dati territoriali individuati (validità temporale del dato territoriale)

La strutturazione di metadati, dunque, garantisce l'accessibilità al dato archiviato in un database, qualunque sia l'infrastruttura che lo gestisca e il GIS che ne deriva.

Il "*knowledge base*" (Balestro, 2005) è una interessante tipologia di modello di organizzazione, descrizione e gestione dei dati. Consiste nella possibilità di archiviare, oltre ai dati, anche le interpretazioni derivate attraverso l'uso di tabelle descrittive, strumenti di aggregazione e metadati in grado di mettere in relazione oggetti geologici compositi e concetti. Risulta così possibile l'inserimento, in ambito GIS, dei processi conoscitivi sotto forma di "percorsi guidati", dal dato originario alle interpretazioni derivate.

Iniziative e progetti a livello internazionale hanno definito standard e procedure per favorire la condivisione dei dati geografici. Due in particolare, i cui standard sono utilizzati nelle applicazioni geologiche, sono il *National Spatial Data Infrastructure* (dell'organismo FGDC – *Federal Geographic Data Committee* - <http://www.fgdc.gov/>), e l'ISOTC211 dell'*International Organization for Standardization* (<http://www.iso.org>) redatto dal *Technical Committee 211* (<http://www.isotc211.org/>).

Altro importante esempio è il progetto europeo INSPIRE (INfrastructure for SPatial Information in Europe - <http://inspire.jrc.it/>) che si propone l'armonizzazione dell'informazione territoriale nell'UE attraverso la definizione di strutture logiche (standard di archiviazione e regole di organizzazione dei metadati) e fornisce servizi per rendere accessibili e interoperabili i dati esistenti che normalmente sono utilizzati nel WEB dalla comunità tecnica e scientifica.

1.4.3 - GIS e WEB

Gli strumenti GIS trovano la loro normale evoluzione nella distribuzione delle funzioni e soprattutto delle banche dati via WEB. I servizi WEB-GIS tendono a diventare il principale veicolo attraverso cui sono rese disponibili non solo le informazioni centralizzate in pochi contenitori, ma anche le funzioni principali e le librerie necessarie per la creazione delle interfacce grafiche di interrogazione e display dell'informazione geografica (ESRI, 1997 a).

Seguendo questa tendenza, sono numerose le soluzioni informatiche standard per la creazione di portali al servizio di questa evoluzione; di seguito è presentata una breve sintesi dello stato attuale e delle possibili evoluzioni nell'immediato futuro.

Attualmente molti *dataset* geografici possono essere compilati e gestiti come risorse di informazione condivisa da una comunità di utenti attraverso il WEB. I nodi della rete, in questo caso intesi come portali di accesso ai cataloghi GIS, possono essere implementati per permettere agli utenti di raccogliere e/o aggiornare le informazioni geografiche e utilizzarle.

Enti di ricerca e di gestione territoriali implementano i propri portali WEB sia per la disseminazione dell'informazione geografica ma anche come strumento di costruzione delle banche dati per le proprie attività e loro elaborazione in remoto (Esri, 1997 b).

Come conseguenza i sistemi GIS sono sempre di più creati connessi alla rete internet per la condivisione dell'informazione ed il suo utilizzo. Ci si riferisce a questa modalità di distribuzione dell'informazione con modalità di condivisione delle informazioni che sono standardizzate attraverso protocolli facilmente accessibili, ovviamente, via web; tali strutture sono identificate con il termine NSDI, "*National Spatial Data Infrastructure*" (<http://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html>), o come GSDI, "*Global Spatial Data Infrastructure*" (<http://www.gsdi.org/>).

Le tecniche e gli strumenti per la raccolta e distribuzione del dato territoriale sono utilizzati correntemente all'interno dei singoli stati e comunità locali e a livello nazionale e globale; questa modalità di condivisione dei *database* è generalmente indicata come infrastruttura di dati spaziali (SDI - *Spatial Data Infrastructure*). Una rete GIS è un'implementazione dell' SDI; costituita da una costellazione di siti e utenti che pubblicano, ricercano, usano e condividono l'informazione geografica sul WEB.

Una rete GIS ha tre elementi costitutivi di base:

- portali dotati di cataloghi di metadati, dove gli utenti possono cercare e trovare i dati GIS rilevanti per le proprie esigenze;
- nodi GIS per compilare e pubblicare i dati geografici (*dataset*);
- utenti GIS, che cercano, trovano, si connettono e usano i dati e i servizi GIS pubblicati.

Un portale-catalogo del GIS è un'importante componente di ogni rete GIS attraverso il quale accedere ai molteplici *dataset* GIS in esso contenuti. Gli utenti GIS operano come fornitori di dati compilando e

pubblicando i loro *dataset* per un uso condiviso con altre organizzazioni che, tramite il portale-catalogo possono essere accessibili connettendosi a questi *dataset*, proprio sfruttando il portale-catalogo.

Il portale-catalogo è un sito Web in cui gli utenti GIS possono cercare e trovare informazioni rilevanti per le proprie esigenze; tali informazioni dipendono dunque da una rete di servizi GIS, di mappe e di metadati pubblicati.

Periodicamente un portale-catalogo GIS deve essere aggiornato, raccogliendo i cataloghi dei siti partecipanti, per pubblicare un unico catalogo GIS centrale. Così un catalogo GIS può fornire le referenze dei dati che contiene all'interno del proprio sito, così come negli altri siti.

1.5 - Dal rilevamento geologico al rilevamento dell'"informazione" geologica



Per rilevamento geologico si intende genericamente tutta quella serie di attività che vengono compiute sul terreno per raccogliere informazioni quanto più precise e dettagliate circa la costituzione geologica di una data zona; più precisamente esso comprende la raccolta dei dati di superficie relativi allo studio delle formazioni litoidi, delle deformazioni che le coinvolgono e i loro reciproci rapporti spaziali (Cremonini, 1985, Damiani, 1994).

Scopo essenziale di un rilevamento geologico fornire una rappresentazione grafica planimetrica (carta geologica) sulla quale siano indicate schematicamente tutte le informazioni raccolte durante la fase propriamente esplorativa del lavoro articolata in:

- ricerche preliminari di documentazione per la raccolta del maggior numero possibile di informazioni sull'area studiata e sulla bibliografia disponibile, per la conoscenza preliminare sia delle problematiche geologiche e geomorfologiche, anche a grande scala. A questo l'interpretazione stereoscopica di foto aeree o l'analisi di immagini digitali (telerilevamento aereo e/o satellitare), costituiscono un importante supporto al lavoro e rappresentano un rilevante bagaglio tecnico per l'attività del geologo rilevatore;

- rilevamento di campagna *sensu stricto*;
- elaborazione ed interpretazione dei dati.

Inoltre l'attività di terreno dovrà essere sempre affiancata dalla necessaria attività di laboratorio a conferma e/o verifica di quanto ipotizzato in campagna, ad esempio per lo studio dei rapporti stratigrafici di alcune formazioni effettuato attraverso le tecniche della micropaleontologia, o per l'analisi dei cambiamenti di ambiente di sedimentazione e le varie ricerche di tipo specialistico a supporto dell'attività principale di riconoscimento diretto dell'"oggetto" e del "processo" geologico. Alle attività di laboratorio, che definiremo tradizionali, vanno affiancate le tecniche di telerilevamento per il processamento ed analisi delle immagini satellitari, o l'analisi del dato topografico digitale (*Digital Elevation Model*) in grado di orientare spesso in maniera determinante il lavoro.

Tutte le informazioni devono essere quindi raccolte in modo da poter essere poi interrogate e eventualmente aggiornate attraverso strumenti informatici quindi descritte in carte geologiche e note descrittive ad esse allegate.

1.5.1 - La Carta Geologica d'Italia

Il primo strumento di descrizione della geologia italiana è la Carta Geologica d'Italia (CGI); pubblicata nel corso del '900 rappresenta una fotografia della conoscenza geologica del nostro territorio alla scala di rappresentazione 1:100.000. Si tratta di una produzione disomogenea dal punto di vista dell'anno di pubblicazione, e in alcuni casi riporta descrizioni geologiche decisamente obsolete.

La base topografica della CGI è costituita dai 277 fogli prodotti dall'IGM; il territorio italiano è diviso in fogli (scala 1:100.000), ognuno dei quali diviso in quattro quadranti (scala 1:50.000), a loro volta suddivisi in quattro tavolette (scala 1:25.000) che hanno costituito per lungo tempo la base topografica di maggior dettaglio utilizzabile per il rilevamento di campagna. Uno dei principali "limiti" della CGI è la scala di pubblicazione (1:100.000), che può dare informazioni solo per quanto riguarda le grandi linee della geologia di un'area di 1600 kmq, inevitabilmente imprecisa nei dettagli. Pur essendo accurata e tecnicamente accettabile, manca di un adeguato coordinamento scientifico, il che è particolarmente evidente nelle zone in cui abbiano lavorato gruppi di lavoro, ovvero scuole, diverse, ciascuna seguendo un proprio criterio.

Al fine di evitare le disomogeneità verificatisi nel passato, l'attività di rilevamento geologico finalizzato alla pubblicazione di carte geologiche per vasti territori deve basarsi su logiche organizzative condivise e di coordinamento dei diversi attori, così da poter produrre uno strumento di lavoro omogeneo nei contenuti, realizzato con modalità di raccolta e distribuzione dell'informazione geologica finalizzate al comune raggiungimento del livello qualitativo previsto. Tutto questo ovviamente senza pregiudicare la possibilità di esprimere visioni differenti da parte di diversi gruppi di ricerca: in questi casi si può ricorrere a tabelle di correlazione o altri strumenti che consentano di riportare a un minimo comun denominatore le eventuali differenze interpretative.

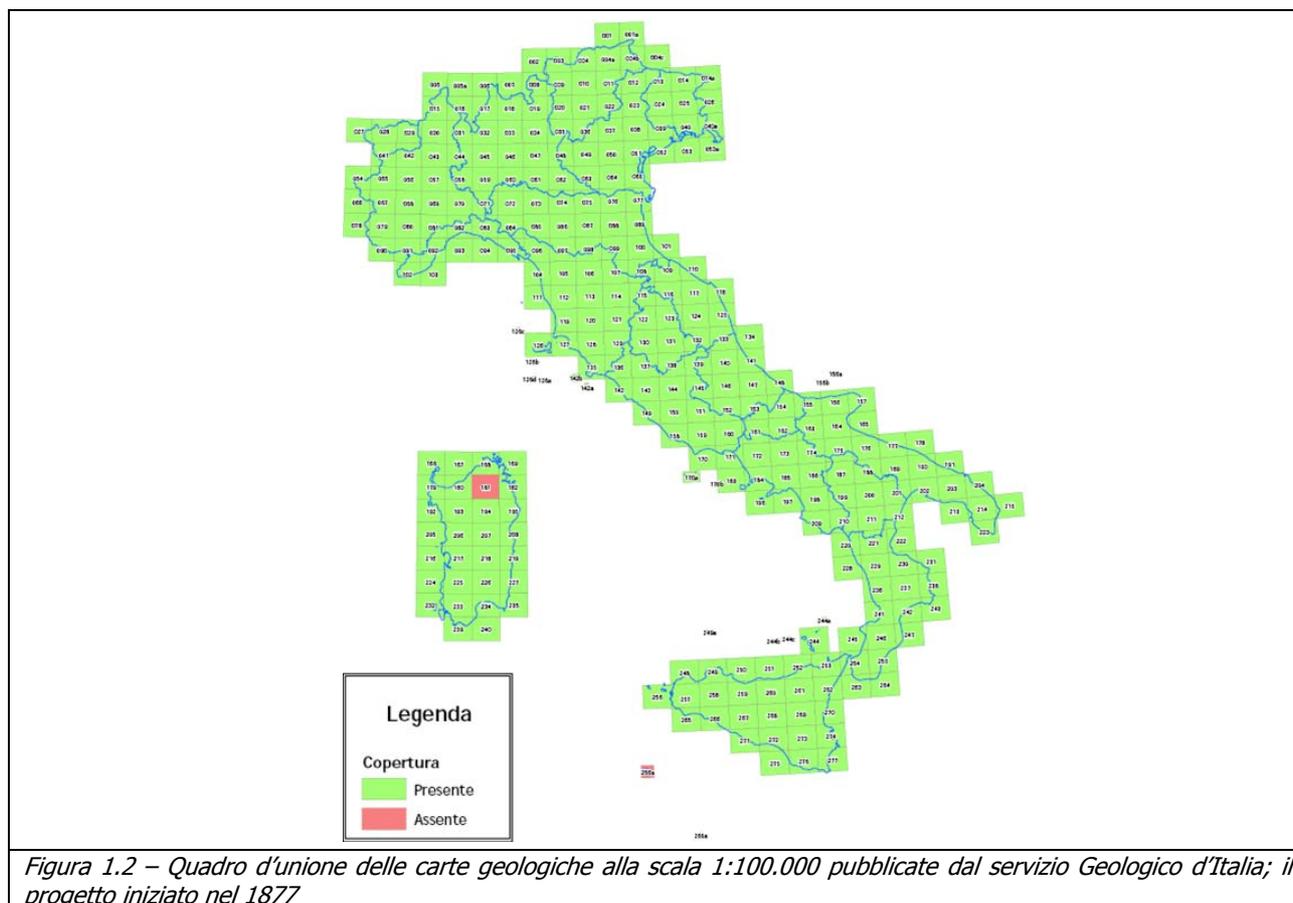


Figura 1.2 – Quadro d'unione delle carte geologiche alla scala 1:100.000 pubblicate dal servizio Geologico d'Italia; il progetto iniziato nel 1877

1.5.2 - Rilevamento e GIS

Da quanto visto finora, fin dal momento della raccolta dei dati deve essere ben chiaro quale sarà la struttura che li archiverà e attraverso quali strumenti, metodologie e criteri di controllo qualità verrà convalidata la banca dati. Il geologo rilevatore non può quindi rimanere estraneo al processo complessivo di generazione, controllo e pubblicazione dell'informazione geologica da lui raccolta ed interpretata. Si realizza così una trasformazione del ruolo ricoperto dal geologo di campagna, non più, solamente, protagonista del rilevamento geologico, ma anche responsabile del processo di trasformazione dell'informazione derivata (Berra *et al.* 2005; De Donatis & Bruciatelli, 2006).

I GIS forniscono gli strumenti adatti per la creazione di banche dati geologiche; il loro utilizzo è sempre più alla portata di tutti i geologi e sempre più spesso sono presenti figure professionali in grado di eseguire il lavoro del geologo ma anche quello del tecnico GIS. Si allarga la possibilità di ottenere (e distribuire) dati in formato digitale con un alto livello di qualità, spingendo i produttori di sistemi informatici verso la realizzazione di strumenti adatti alla specifica attività del rilevamento geologico.

L'analisi spaziale delle strutture geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche e di tutti quei fenomeni e elementi riconducibili alle dinamiche che concorrono alla trasformazione della crosta terrestre, trovano nei GIS lo strumento indispensabile al loro studio permettendo, inoltre, la gestione delle informazioni derivate attraverso un approccio di tipo multidisciplinare.

Uno dei principali desideri degli utilizzatori di sistemi GIS è la possibilità di utilizzare strumenti specializzati per il rilevamento e l'analisi delle informazioni direttamente sul terreno (De Donatis & Bruciatelli, 2006); l'impiego di strumenti informatici (Fig. 1.3) (*hardware e software*) adatti al lavoro di terreno stanno si stanno specializzando come dotazione tecnologica del geologo rilevatore. Numerosi sono i sistemi disegnati a tal fine e con l'obiettivo di semplificare il lavoro di trasformazione del dato raccolto in informazione digitale (Briner *et al.*, 1999; Soller, D.R., 2000; Brimhall & Vanegas, 2001; Akciz *et al.*, 2002; Howard, 2002; Brodaric, 2004; McCaffrey *et al.*, 2005). Lo scopo è quello di rendere possibile al geologo l'esecuzione delle attività di rilevamento superando la tecnica tradizionale di disegno della mappa inizialmente a mano (Vitek *et al.*, 1995) e di trasferire l'informazione all'utente finale, minimizzando l'intervento di figure professionali intermedie che, inconsapevolmente, possono alterare il significato delle scelte grafiche, o addirittura alterarle, o strumenti di trasformazione analogico-digitale che rendono difficile il controllo qualità nei diversi passaggi.

Gli strumenti utilizzati tendono dunque ad accorciare la catena di elaborazione del dato; attraverso pc portatili (*tablet pc* o palmari), il geologo può disegnare già sul terreno in formato digitale, con il corredo di attributi, schemi e immagini, quella che diventerà la documentazione geologica (sia geografica che documentale), orientata alla sua pubblicazione.



Figura 1.3 - Uno dei principali desideri degli utilizzatori di sistemi GIS è la possibilità di utilizzare strumenti specializzati per il rilevamento e l'analisi delle informazioni, direttamente sul terreno (De Donatis & Bruciatelli, 2006). L'impiego di strumenti informatici (hardware e software) adatti al lavoro di terreno tende a entrare a far parte della dotazione del geologo rilevatore affiancando la bussola il martello etc.

Tablet pc e palmari tentano di rispondere alle particolari esigenze del rilevamento geologico, sta alla capacità e volontà di adattamento degli utilizzatori il riuscire a sfruttare le funzioni e i vantaggi di tali strumenti.

Nella foto, la sperimentazione di utilizzo del sistema GIS CARGeo della Regione Lombardia direttamente sul terreno.

CAPITOLO 2 - Il progetto Nazionale CARG

Introduzione

Il progetto per l'aggiornamento della carta geologica nazionale italiana (CARG) è realizzato da ogni singola è realizzato da singoli Enti (Regioni, Province Autonome, Enti di ricerca, Università, ...) che, attenendosi a linee guida comuni e a specifiche tecniche per l'organizzazione dei dati, concorrono alla creazione del database comune. Ogni amministrazione regionale, all'interno delle linee guida comuni, individua e organizza propri strumenti e modalità per la realizzazione dell'obiettivo comune.

In questo capitolo sono sintetizzate le linee guida per la progettazione e realizzazione del rilevamento, produzione delle banche dati e carte geologiche derivate (Quaderni della serie III) definite dal "Gruppo di Lavoro per l'informatizzazione dei Dati della Carta Geologica d'Italia 1:50.000" (AA.VV, 1997). Per venire incontro alle esigenze emergenti durante la realizzazione del lavoro di rilevamento e archiviazione dei dati nelle varie regioni, la banca dati ha subito continue trasformazioni, a testimonianza della prevalenza dell'aspetto disciplinare su quello prettamente tecnico, caratteristica importante di questo progetto.

2.1 - La nuova cartografia geologica italiana

Il progetto nazionale CARG ha l'obiettivo di aggiornare la cartografia geologica nazionale e le conoscenze sulla geologia del territorio, attraverso metodologie e strumenti in linea con quanto avviene in Europa e nei paesi avanzati nel mondo; costituisce, inoltre, un formidabile volano al progresso delle conoscenze scientifiche, fornendo un impulso economico e stimolando la creazione di sinergie fra centri di ricerca, Enti istituzionali di gestione del territorio e realtà produttive.

I finanziamenti statali hanno reso possibile al Servizio Geologico d'Italia (ora Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT), di avviare la realizzazione e l'informatizzazione di 256 Fogli geologici, 14 Fogli tematici, 7 Fogli di geologia marina alla scala 1:25.000 della fascia costiera adriatica, 1 carta morfobatimetrica del bacino del Tirreno, parte del transetto CROP, attività connesse con la manutenzione della banca dati geologici, la sua integrazione e la sua sperimentazione metodologica e normativa e l'aggiornamento del catalogo delle formazioni geologiche. (Tab.2.1 e Fig. 2.1)

Leggi	Finanziamenti (€)	Prodotti
67/88	10.330.000	68 fogli geologici; 1 foglio geomorfologico; 1 foglio sperim. geol. marina(1:250.000); 1 carta del rischio geoambientale
305/89	43.317.000	7 fogli geologici (+4 integrazioni area di pianura); 10 fogli geotematici i- 65 Fogli totali (dei quali 2 non attivati dalla Regione Calabria)
438/95		23 fogli geologici; 3 tematici; 4 geologia marina 1:50.000
fin.96 183/89	5.165.000	17 fogli geologici; carta morfobatimetrica del bacino del Tirreno 1:250.000; transetto CROP; manutenzione della banca dati geologici.
226/99	26.658.275,96	78 Fogli geologici; 6 fogli geol. mar. 1:250.000 1 convenzione da stipulare per 2 fogli geologici.
fin.2004	3.790.000,00	8 Fogli geologici, 15 parti a mare di fogli già in corso di realizzazione
Totale	83.259.000,00	258 fogli geologici, 14 carte tematiche, 1:25.000, 1 carta morfobatimetrica del bacino del Tirreno, parte del transetto CROP, manutenzione della banca dati geologici e aggiornamento del catalogo delle formazioni geologiche.

Tab. 2.1 - Schema Leggi e finanziamenti del Progetto CARG

Al Progetto CARG è associata una banca dati ad elevato contenuto informativo (Tab 2.2) dalla quale si possono ricavare, all'occorrenza, carte geologiche e geotematiche di maggiore dettaglio che, ricche del contenuto informativo specifico della tematica geologica, potranno essere utilizzate per scopi applicativi anche prima della stampa dei fogli alla scala 1:50.000.

La creazione di banche dati orientate alla descrizione della geologia superficiale ha fra i suoi principali scopi quello di rendere disponibili strumenti conoscitivi di fondamentale importanza per l'attuazione di una corretta pianificazione e gestione del territorio e, più in particolare, per la riduzione e la mitigazione dei rischi naturali (sismico, idrogeologico, etc). Infatti la prevenzione delle catastrofi naturali in un Paese ad elevato rischio come l'Italia è un obiettivo primario per le Amministrazioni pubbliche, centrali e periferiche, che devono necessariamente farsi carico di una politica ambientale sempre più incisiva e attenta, al pari di quanto già avviene nella maggior parte degli altri Paesi dell'Unione Europea. Lo stato di attuazione del Progetto CARG è periodicamente aggiornato e distribuito anche su CD-rom, nella convinzione che possa continuare utilemente a contribuire quale strumento informativo, sia all'azione dei governi regionali e provinciali, chiamati a svolgere un ruolo propositivo nella predisposizione dei piani programmatici e nella individuazione delle esigenze di cartografia geologica del proprio territorio, sia all'attività della comunità scientifica, cui è riconosciuta una fondamentale funzione di supporto per la realizzazione di nuove metodologie e lo sviluppo di ricerche innovative nel settore delle Scienze della Terra.

In collaborazione con il CNR e con i gruppi di lavoro costituiti da esperti delle varie branche delle Scienze della Terra, sono state predisposte le Linee Guida per definire i contenuti e gli standard operativi da adottare per il rilevamento, la pubblicazione e l'informatizzazione delle carte geologiche e geotematiche ufficiali alla scala 1:50.000 e le relative Note Illustrative.

Nell'ambito del decentramento amministrativo sono state coinvolte Regioni e Province Autonome che assicurano, con il loro concorso finanziario, ulteriori risorse necessarie alla produzione dei fogli geologici.

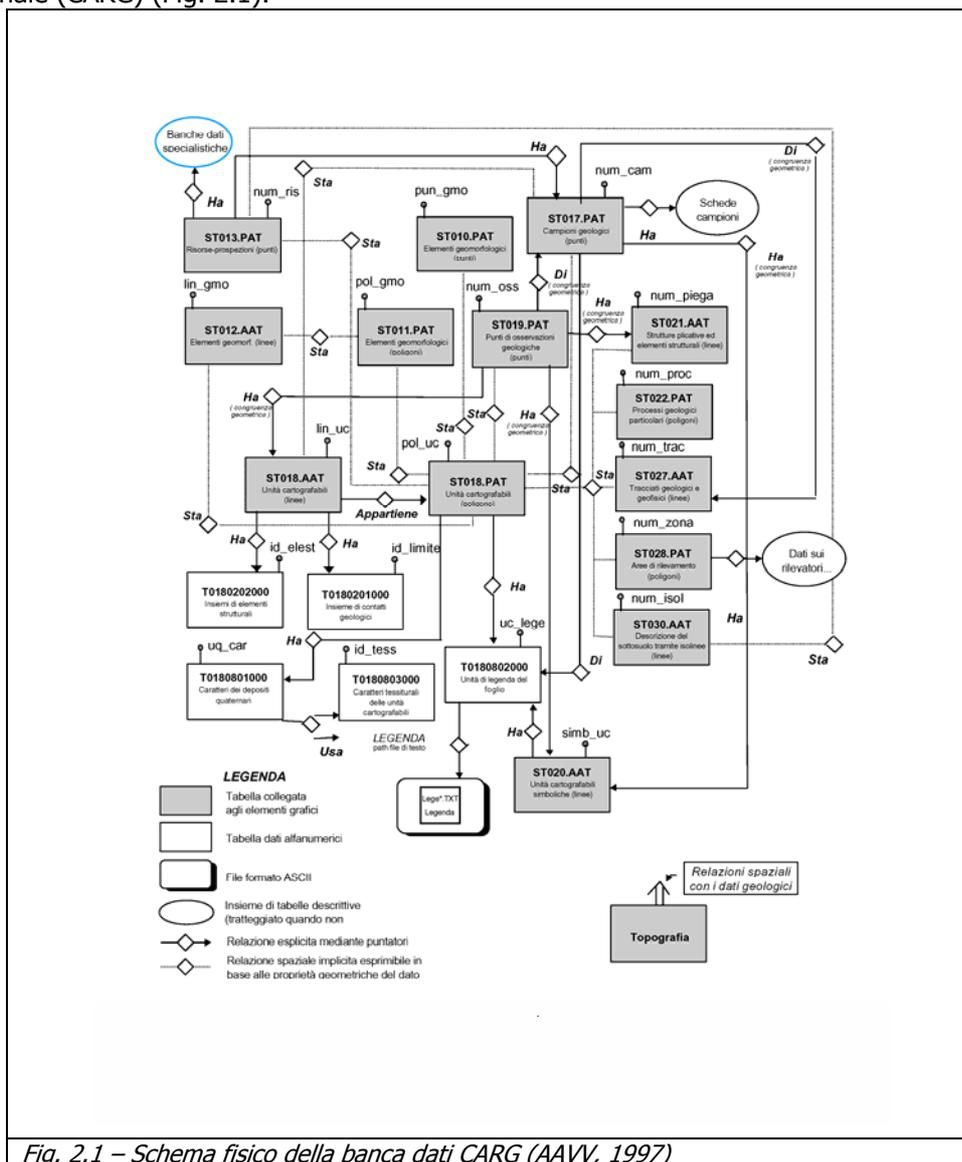
Il "Servizio CARG, rilevamento geologico e analisi di laboratorio" del Dipartimento Difesa del Suolo, esercita una costante attività di indirizzo, coordinamento e controllo dei risultati ottenuti nel progetto, avvalendosi della competenza dei propri tecnici e di quelli di altri Servizi del Dipartimento e di apposite commissioni di esperti:

- il Comitato Geologico, ai sensi del Decreto del Ministro dell'Ambiente e Tutela del Territorio del 10 febbraio 2004;
- i Comitati tecnici consultivi e di vigilanza;
- i Comitati di coordinamento per aree geologiche omogenee: Alpi, Appennino Settentrionale, Centrale e Meridionale, Sicilia e Arco Calabro-Peloritano, Sardegna e Pianura Padana.

Al Programma CARG attualmente collaborano tutte le Regioni e le Province Autonome, oltre a 60 strutture fra Enti territoriali, organi del CNR, Dipartimenti ed Istituti Universitari; indicativamente partecipano circa 1.000 operatori tra responsabili di progetto, coordinatori scientifici, direttori di rilevamento, rilevatori, sedimentologi, petrografi, biostratigrafi, geomorfologi, idrogeologi, geologi applicati, nonché informatici, cartografi e membri di commissioni tecnico-scientifiche.

Al fine di realizzare un progetto omogeneo e coordinato, l'APAT, attraverso la preziosa collaborazione di esperti del CNR e delle Università, ha realizzato le Linee guida che sono state pubblicate nella collana dei Quaderni (serie III) del Servizio Geologico e loro successive integrazioni e modifiche.

Il Quaderno VI ("Banca dati geologici – Linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati"), descrive la struttura finale della banca dati; l'informatizzazione deve avvenire in un ambiente GIS e deriva dall'attività di rilevamento geologico alla scala 1:25.000 (AA.VV., 1997). Di seguito è riportato in sintesi la descrizione del Modello concettuale, Modello Logico e Modello Fisico della Banca Dati geologica nazionale (CARG) (Fig. 2.1).



2.2 - Struttura della banca dati

Il primo passo necessario per la creazione di qualsiasi database è la costruzione di un modello logico per la descrizione delle relazioni tra le entità identificate nei dati (Bain and Giles, 1993). Il modello concettuale di tipo Entità/Relazione (Entity Relationship Model E-R; Chen, 1976), fornisce una serie di strutture (costrutti) per la descrizione della realtà.

I costrutti principali del modello E-R sono quattro:

- Entità: rappresentano classi di oggetti (elementi geologici) che hanno proprietà comuni ed esistenza "autonoma" per una applicazione;
- Relazioni: rappresentano legami logici, significativi per l'applicazione, tra due o più entità;

- Attributi: descrivono proprietà elementari di entità o relazioni di interesse ai fini dell'applicazione.
- Generalizzazione: rappresentano legami logici tra una entità padre e una o più entità figlie, comprese dal padre e che ne costituiscono un caso particolare. Il padre viene chiamato generalizzazione dei figli che, a loro volta, vengono chiamati specializzazioni dell'entità padre.

Nel Modello Logico sono identificate le Entità geologiche, archiviate in strati informativi, organizzate in tre categorie:

- entità con proprietà sia geometriche che descrittive;
- entità solo con proprietà descrittive (Es. Cataloghi delle unità);
- entità cartografiche (diagrammi, schemi, legende,...)

Graficamente le entità con proprietà geometriche sono rappresentate attraverso punti, linee e poligoni; ogni elemento è identificato da un identificativo univoco e da un insieme definito di attributi contenente le caratteristiche di ciascuna entità.

Nella Tabella 2.2 sono riassunti gli strati informativi identificati nel Modello Fisico (Fig. 2.3), dove sono formalizzati i legami logici e rapporti di dipendenza fra strati informativi e fra questi e le tabelle descrittive.

Nome strato	Descrizione	geometria
ST010.PAT	Elementi geomorfologici in forma simbolica alla scala 1 :25.000	punti
ST011.PAT	Elementi geomorfologici cartografabili	poligoni
ST012.AAT	Elementi geomorfologici lineari alla scala 1 :25.000	linee
ST013.PAT	Risorse e prospezioni	punti
ST017.PAT	Campioni geologici	punti
ST018.AAT	Unità cartografabili geologiche	archi
ST018.PAT	Unità cartografabili geologiche	poligoni
ST019.PAT	Punti di osservazioni geologiche	punti
ST020.AAT	Unità cartografabili geologiche in forma simbolica alla scala 1:25.000	linee
ST021.AAT	Strutture plicative ed elementi strutturali	linee
ST022.PAT	Processi geologici particolari	poligoni
ST027.AAT	Tracciati geologici e geofisici	linee
ST028.PAT	Aree di rilevamento	poligoni
ST030.AAT	Descrizione del sottosuolo tramite isolinee	linee

Tab 2.2 - Nome e contenuto geometrico degli strati informativi in cui sono archiviate le informazioni nell'ambito del progetto nazionale CARG

2.2.1 - L'originale d'autore (OA)

Come metodologia di raccolta e processamento dei dati, Il Gruppo di Lavoro che ha redatto il Quaderno VI indica due procedure fondamentali:

- la prima, basata essenzialmente su dati già acquisiti, prevede che sia realizzata a partire da documenti cartacei preesistenti per opera di esperti informatici con scarso o nullo intervento dei rilevatori;
- la seconda prevede che venga effettuata "contestualmente dal rilevatore sul campo"; infatti il rilevatore acquisisce il dato in funzione degli obiettivi che deve perseguire mediante l'uso degli strumenti informatici, per cui interviene direttamente sulla archiviazione del dato, sia in riferimento alla parte grafica, sia in riferimento al contenuto da inserire nelle banche dati.

Quest'ultima procedura permette di valutare la qualità dei dati rilevati mediante opportune tecniche, di elaborare direttamente i dati acquisiti, di aggiornare e integrare i dati raccolti e di aumentare le capacità di analisi, di comprensione, di rappresentazione e di applicazione, con riferimento a complessi fenomeni geologici dipendenti da una grande quantità di dati.

Nel documento è auspicata l'acquisizione della consapevolezza che l'uscita cartografica ufficiale è uno fra le tante possibili della banca dati: è semplicemente quella scelta convenzionalmente per la diffusione cartacea di dati. Infatti è necessario svincolarsi dalla logica della definizione delle entità geologiche in funzione della loro rappresentazione cartografica ed approdare invece alla definizione di oggetti geologici complessi definiti in base alle relazioni che legano i vari componenti.

Grande importanza e forte valore di stabilità e di completezza è attribuito all'Originale d'Autore (OA). Tradizionalmente, l'autore interviene a modificare le proprie interpretazioni fino alla produzione della pellicola per la stampa. Questa instabilità dei prodotti intermedi (Fig. 2.2) è difficile da accettare come regola, in quanto comporta o gravi incoerenze tra il prodotto di stampa ed i suoi precursori (banca dati, originale d'autore, ecc.), oppure la rielaborazione di tutto l'insieme dei dati, con un enorme dispendio di energie.

Il Quaderno VI suggerisce una acquisizione di responsabilità da parte del rilevatore in tutte le fasi del processamento.

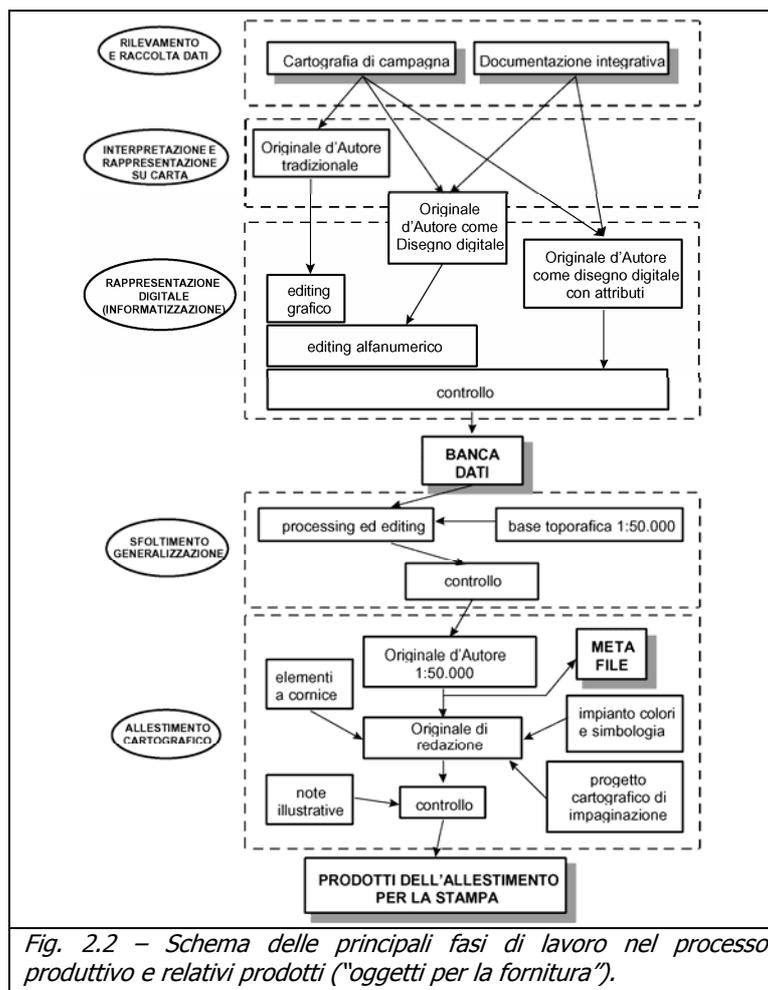


Fig. 2.2 – Schema delle principali fasi di lavoro nel processo produttivo e relativi prodotti ("oggetti per la fornitura").

L'informatizzazione dei dati, in sintesi, può avvenire secondo tre modalità:

- partendo dall'originale d'autore e dai manoscritti "trasformati" completamente a carico di tecnici (digitalizzazione e inserimento attributi alfa-numeriche), con la supervisione dell'autore;
- inserimento dei dati, direttamente ad opera del rilevatore, sia di tipo geografico che descrittivo;
- disegno digitale ad opera del rilevatore lasciando l'introduzione delle descrizioni ad una fase successiva.

Per rispettare la validità di ciascun approccio rimane impossibile, a questo punto, definire esplicitamente il prodotto "Originale d'Autore". È stato scelto quindi di intendere il concetto di OA soffermandoci non tanto sulle sue caratteristiche fisiche, quanto sui requisiti di qualità e completezza cui esso dovrà soddisfare.

Proprio per la varietà dei metodi di produzione possibili e la apparente equivalenza dei prodotti ottenuti, assume grande importanza la documentazione del processo produttivo sia nel suo insieme che nei singoli processi. Dal processo produttivo possono essere estratti dei prodotti intermedi, che servono sia a fissare e documentare i passaggi, sia a verificare la qualità del lavoro svolto. Queste fasi di controllo costituiscono punti molto importanti sia per la qualità del prodotto finale che per l'economia del processo produttivo.

La banca dati assume un'importanza determinante nell'ottica dello sviluppo del sistema informativo. A tale proposito si evidenzia la stretta relazione che esiste tra la banca dati ed il prodotto di stampa e nello stesso tempo la sostanziale loro diversità.

Le diversità sono riassumibili:

- modo di rappresentazione dei dati;
- dettaglio di rappresentazione;
- base topografica di appoggio;
- quantità di dati rappresentati;
- modalità di lettura e di diffusione.

Il processo di creazione della banca dati finale è solo in parte automatizzabile (Fig. 2.4) , comportando caso per caso, scelte ed interpretazioni variabili. Pur valorizzando il ruolo di tali scelte la cui responsabilità deve ricadere sulla professionalità di competenza (geologo, cartografo, geologo-informatico, ecc.), è necessaria una loro esplicitazione, documentazione ed il loro inserimento in un ambito definito sia temporale che operativo.

Si deve porre grande attenzione alle fasi di trasformazione del dato, esplicitando per quanto possibile i criteri utilizzati e/o effettuando verifiche sul prodotto di seguito ottenuto.

Il progetto indica come necessari nella realizzazione del lavoro metodologie nel controllo di qualità riassumibili in:

- pianificazione delle fasi di controllo e di congruenza tra l'OA ed il suo omologo informatizzato
- definizione di criteri a cui attenersi per lo sfoltimento degli elementi al cambio di scala ,
- standardizzazione delle verifiche e modifiche possibili per garantire il corretto appoggio ad una diversa base topografica.

2.3 - I criteri per la pubblicazione del dato

I GIS rappresentano la logica evoluzione dei sistemi cartografici computerizzati (CAD) (Marble, 1984, Star & Estes, 1990; Laurini and Thompson, 1992), in particolare nella rappresentazione geologica del territorio.

Con il progetto CARG anche in Italia si realizza, nell'ambito della cartografia geologica, un importante passaggio dovuto all'applicazione di tecnologie informatiche alle attività di raccolta e distribuzione dell'informazione geologica. L'informazione, intesa come motore principale per qualsiasi attività di gestione e conoscenza, nello specifico, del territorio, può e deve essere gestita attraverso metodologie, criteri e strumenti orientati alla sua archiviazione e gestione informatica (Longley *et al.*, 2001). Dati i numerosi passaggi a cui i dati "grezzi" vengono sottoposti prima di essere definitivamente trasformati nel prodotto finito, è necessario definire i limiti entro cui gli operatori possono agire attraverso il flusso informativo dalla raccolta alla pubblicazione dell'informazione geologica. Per garantire l'accuratezza dei dati in tutte le fasi di produzione di cartografia numerica (predisposizione dell'informazione da acquisire, conversione in formato numerico e controllo), devono essere adottate modalità procedurali in funzione delle specifiche esperienze e dotazioni strumentali informatiche (Goodchild, 1991). A tal fine, nel Quaderno VI sono indicate alcune metodologie per l'informatizzazione; le fasi del processamento del dato possono essere riassunte nei seguenti punti:

- acquisizione numerica e *editing* della componente cartografica;
- attribuzione alle geometrie della componente descrittiva;
- compilazione dei metadati;
- definizione delle modalità di controllo di qualità durante l'acquisizione dei dati e finali.

2.3.1 - Acquisizione numerica e editing della componente cartografica

È l'attività che pilota tutto il processo di costruzione della banca dati presentando le maggiori criticità e rischi di errore.

L'insieme dei processi di trasposizione delle informazioni geografiche dalla supporto cartaceo a quello digitale, secondo quanto previsto dal modello della banca dati geologici, prevede di volta in volta l'utilizzo di metodologie che dovranno rispettare requisiti minimi, misurabili per ogni singolo processo adottato attraverso la definizione di parametri/criteri a cui attenersi per il controllo qualitativo finale della banca dati. È richiesta particolare cura nella trasposizione dell'informazione dal supporto analogico a quello informatico e, in seconda battuta, dal formato *raster* a quello vettoriale

Nell'indicazione dei criteri da osservare, sono forniti i parametri numerici che dovranno essere rispettati come errore e distanza limite accettabile fra elementi disegnati, etc.

Le fasi della digitalizzazione sottoposte a parametrizzazione sono:

- registrazione dei punti di controllo sull'OA per la georeferenziazione;
- digitalizzazione con introduzione di errori di graficismo nelle varie fasi preliminari alla digitalizzazione;
- digitalizzazione con introduzione di errori, nella fase automatica o semiautomatica di trasformazione dei dati;
- *editing* per il controllo geometrico, necessario a garantire la completezza e correttezza dei dati rispetto a quanto rilevato e quanto previsto dagli Strati Informativi previsti nella Banca Dati Geologici.

Nella fase di *editing*, deve essere posta attenzione, oltre che nella registrazione degli attributi di carattere informativo (posizione, significato geologico, rapporti geometrici con altri elementi), anche all'inserimento di graficismi utili alla rappresentazione cartografica che avviene attraverso simboli e accorgimenti grafici.

Nella fase finale della costruzione della banca dati gli elementi geologici conterranno attributi topologici di appartenenza, di adiacenza e condivisione che saranno, anch'essi, oggetto di controllo e verifica tenendo conto della struttura dei rapporti esistenti fra i diversi strati informativi.

Altri controlli di tipo geometrico che coinvolgono l'attributo geologico, sono quelli relativi alla fase di mosaicatura dati rispetto al foglio alla scala 1:50.000 da effettuarsi al termine dell'acquisizione dei dati relativi ad ogni originale d'autore (ad esempio tavolette IGM 1:25.000). Occorrerà verificare l'unione delle stesse lungo i limiti, al fine della mosaicatura dei dati finale sul foglio 1:50.000.

Quanto descritto finora, costituisce una parte dei vincoli a cui, a vario livello, ogni Ente incaricato dell'aggiornamento della banca dati geologica deve far riferimento per ottenere necessario livello qualitativo.

È proprio sull'importanza dell'originale d'autore e/o sul ruolo che ricoprirà il rilevatore nelle fasi di informatizzazione che si nota una prima differenza fra l'ambiente proposto in ambito CARG-APAT e quanto, invece creato da Regione Lombardia, come descritto nel capitolo successivo.

2.4 - Stato di attuazione del progetto nazionale CARG

Le informazioni relative al processo di rilevamento e quindi di creazione e controllo delle banche dati geologiche qui riportate sono tratte dal *Rapporto Informativo Periodico* (aggiornamento giugno 2007) pubblicato dall'APAT (Lettieri, Carta e Apuzzo, 2007; <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/CARG/>).

Prevedendo la creazione di una banca dati geologica da cui derivi la stampa del foglio geologico, lo stato di attuazione descrive il raggiungimento dei due obiettivi nella realizzazione di 19 fogli stampati dei quali 18 hanno la banca dati completata.

I Fogli geologici finanziati nell'ambito del Progetto CARG sono 258; 19 fogli sono stati conclusi e sono stampati (Tab.2.3).

Foglio		Foglio	
132-152-153	BARDONECCHIA	237	SASSO MARCONI
154	SUSA	252	BARBERINO DI MUGELLO
157	TRINO	254	MODIGLIANA
197	BOBBIO	265	S. PIERO IN BAGNO
198	BARDI	285	VOLTERRA
216	BORGO VAL DI TARO	295	POMARANACE
218	CASTELNUOVO NEI MONTI	306	MASSA MARITTIMA
223	RAVENNA	541	JERZU
235	PIEVEPELAGO	549	MURAVERA
236	PAVULLO NEL FRIGNANO	<i>Tab 2.3 Fogli stampati al settembre 2005</i>	

Attualmente i fogli geologici in corso di realizzazione sono 235, che, unitamente a quelli già stampati e in stampa e a quelli in corso di rilevamento da parte dell'APAT rappresentano circa il 40% del totale dei fogli effettivi (636 su una numerazione complessiva di 652, tenuto conto dei fogli con numerazione multipla, che contengono porzioni di altri limitrofi) che compongono il mosaico della nuova Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

Oltre ai fogli stampati sono disponibili circa 680 sezioni alla scala 1:25.000 e circa 1000 sezioni alla scala 1:10.000, che le Regioni già possono utilizzare per la gestione e la pianificazione territoriale.

Stato di realizzazione delle carte geotematiche finanziate nell'ambito del progetto CARG

- 14 Fogli geotematici finanziati
- 1 Foglio geomorfologico Pubblicato (n. 63 Belluno)
- 13 Fogli in realizzazione di cui:
 - 4 Fogli in allestimento per la stampa;
 - 4 Fogli in rilevamento concluso;
 - 5 Fogli in corso di rilevamento

La realizzazione della banca dati geologici a monte del processo di stampa della Carta Geologica ufficiale alla scala 1:50.000, rappresenta il valore aggiunto di questo progetto; gli aspetti innovativi e caratterizzanti dell'attività di informatizzazione dei dati sono rappresentati dalla possibilità di recuperare e organizzare in modo armonico, per il territorio nazionale, l'immensa mole di dati geologici rilevati e

cartografati per la realizzazione della nuova carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

Sono stati informatizzati finora 13 Fogli geologici e 18 sono in fase di collaudo.

I finanziamenti statali fin qui assegnati al Progetto, pari a 81.259.000,00 euro (circa 157 miliardi delle vecchie lire), hanno reso possibile al Servizio Geologico d'Italia (ora Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT), di avviare la realizzazione e l'informatizzazione, oltre ai 256 Fogli geologici, 14 Fogli tematici, 7 Fogli di geologia marina alla scala 1:25.000 della fascia costiera adriatica, 1 carta morfobatimetrica del bacino del Tirreno, parte del transetto CROP, attività connesse con la manutenzione della banca dati geologici, la sua integrazione e la sua sperimentazione metodologica e normativa e l'aggiornamento del catalogo delle formazioni geologiche.

Carte Geotematiche

I Fogli geotematici alla scala 1:50.000 finanziati sono 14. E' stato concluso e pubblicato il Foglio geomorfologico n. 63 "Belluno" e sono in corso di realizzazione 13 fogli tematici: geomorfologici, idrogeologici e di pericolosità geologica connessa alla stabilità dei versanti.

Sono in fase di completamento ulteriori carte a scale diverse, relative agli eventi alluvionali verificatisi in Piemonte nel novembre 1994. Tali carte rivestono un carattere eccezionale e riguardano tipologie di tematismi non previste per la cartografia geotematica alla scala 1:50.000 edita dal Servizio Geologico.

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 geoambientale in una porzione di territorio emiliano.

Geologia marina

Il settore a mare dei fogli geologici costituisce parte integrante delle aree emerse. Tra i 256 fogli finanziati, 57 comprendono porzioni di piattaforma continentale. A questi si aggiungono 7 fogli di geologia marina alla scala 1:250.000 (1 foglio sperimentale di geologia marina alla scala 1:250.000 è stampato); nonché 3 fogli (F° n.373, F° n.413 e F° n.604) in corso di realizzazione da parte del SGN (ora APAT).

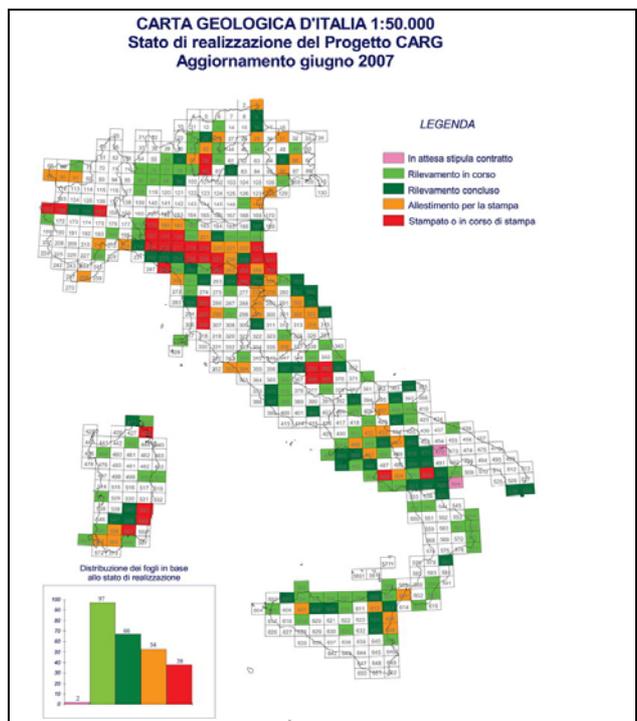


Fig. 2.3.a - Stato di attuazione del Progetto nazionale CARG: Fogli Geologici

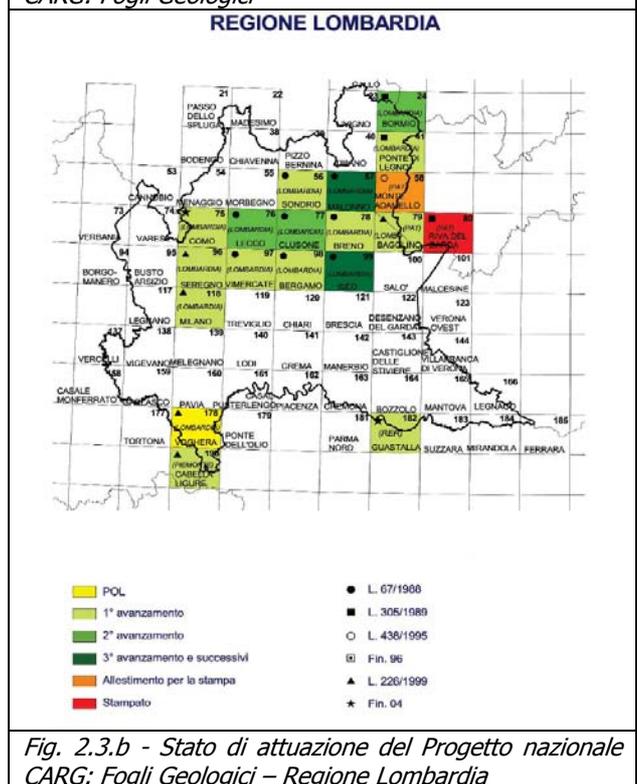


Fig. 2.3.b - Stato di attuazione del Progetto nazionale CARG: Fogli Geologici - Regione Lombardia

2.5 - Linee Guida di Riferimento – I Quaderni della serie III

In questo capitolo ho fatto riferimento ai Quaderni (serie III) editi dall'APAT; questa documentazione, realizzata dall'SGN (ora APAT) attraverso la preziosa collaborazione di esperti del CNR e delle Università al fine di costruire un progetto omogeneo e coordinato, realizzato consiste nelle Linee guida pubblicate e nel tempo aggiornate e integrate, secondo le esigenze emerse nel corso del tempo.

I Quaderni della serie III attualmente pubblicati e scaricabili via Web (<http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/Quaderni/>) sono:

Quaderno I	Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 – Guida al rilevamento
Quaderno II	Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 – Guida alla rappresentazione cartografica
Quaderno III	Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 – Guida all'informatizzazione
Quaderno IV	Carta Geomorfologica d'Italia – 1:50.000 – Guida al rilevamento
Quaderno V	Carta Idrogeologica d'Italia – 1:50.000 – Guida al rilevamento e alla rappresentazione
Quaderno VI	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
QuadernoVII	Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 – Catalogo delle formazioni <u>Fasc. I</u> Unità validate.
	Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 - Catalogo delle formazioni <u>Fasc. II</u> Unità da abbandonare.
	Carta Geologica d'Italia – 1:50.000 – Catalogo delle formazioni <u>Fasc. III</u> Unità validate.
Quaderno VIII	Carta Geologica dei mari italiani alla scala 1:250.000
Quaderno IX	Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica

CAPITOLO 3 - Il progetto CARG - Regione Lombardia

Premessa

Al termine della lunga fase di ideazione e di test, il gruppo di lavoro composto da geologi e tecnici della Regione Lombardia (Ufficio Progetti Speciali per la Geologia e la Sismica) e Lombardia Informatica S.p.A. (attualmente Lombardia Servizi- Gruppo Lombardia Informatica S.p.A.) ha definito e "messo in produzione" la struttura del contenuto informativo e schema concettuale della base dati geologica e indicato le linee guida del progetto regionale di cartografia geologica CARG. In questo capitolo sono riportati ampi stralci del lavoro di Berra *et al.*, 2000 "Contenuto informativo e schema concettuale della base dati geologica".

Nel tempo sono state apportate correzioni e integrazioni all'architettura del sistema, descritte in alcuni rapporti tecnici interni, e qui riassunte. Tali interventi consistono essenzialmente nell'aggiunta di entità o campi informativi necessari a completare la struttura, rispondendo a esigenze emerse nel corso del rilevamento geologico e dell'utilizzo del sistema. Quale strumento flessibile alle esigenze del geologo rilevatore, il sistema CARGeo (architettura, sistema informativo e database), ha subito una evoluzione che, in questa sede, vuole essere descritta nel suo attuale stato di funzionamento. È attualmente in fase di progettazione una nuova architettura basata sulle nuove tecnologie (ARCGIS) che permetteranno la riduzione del numero di piattaforme software su cui attualmente CARGeo si basa, semplificando, dunque, il lavoro dei geologi e aumentando la stabilità del sistema nel suo complesso.

3.1 – Rilevamento Geologico in Lombardia

Il Progetto di Cartografia Geologica della Regione Lombardia è inserito nel Programma CARG (Nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000) e prevede la realizzazione della Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000, della Carta Geologica Nazionale alla scala 1:50.000 derivata dalla precedente e delle relative banche dati.

Il rilevamento geologico sul terreno viene effettuato alla scala 1:10.000 sulla base topografica della Carta Tecnica Regionale. L'inserimento dei dati nel database avviene tramite appositi applicativi sviluppati in collaborazione con Lombardia Servizi S.p.A. (Gruppo Lombardia Informatica).

I fogli in corso di realizzazione affidati all'Ente Regione Lombardia sono 14 (Fig. 3.1).

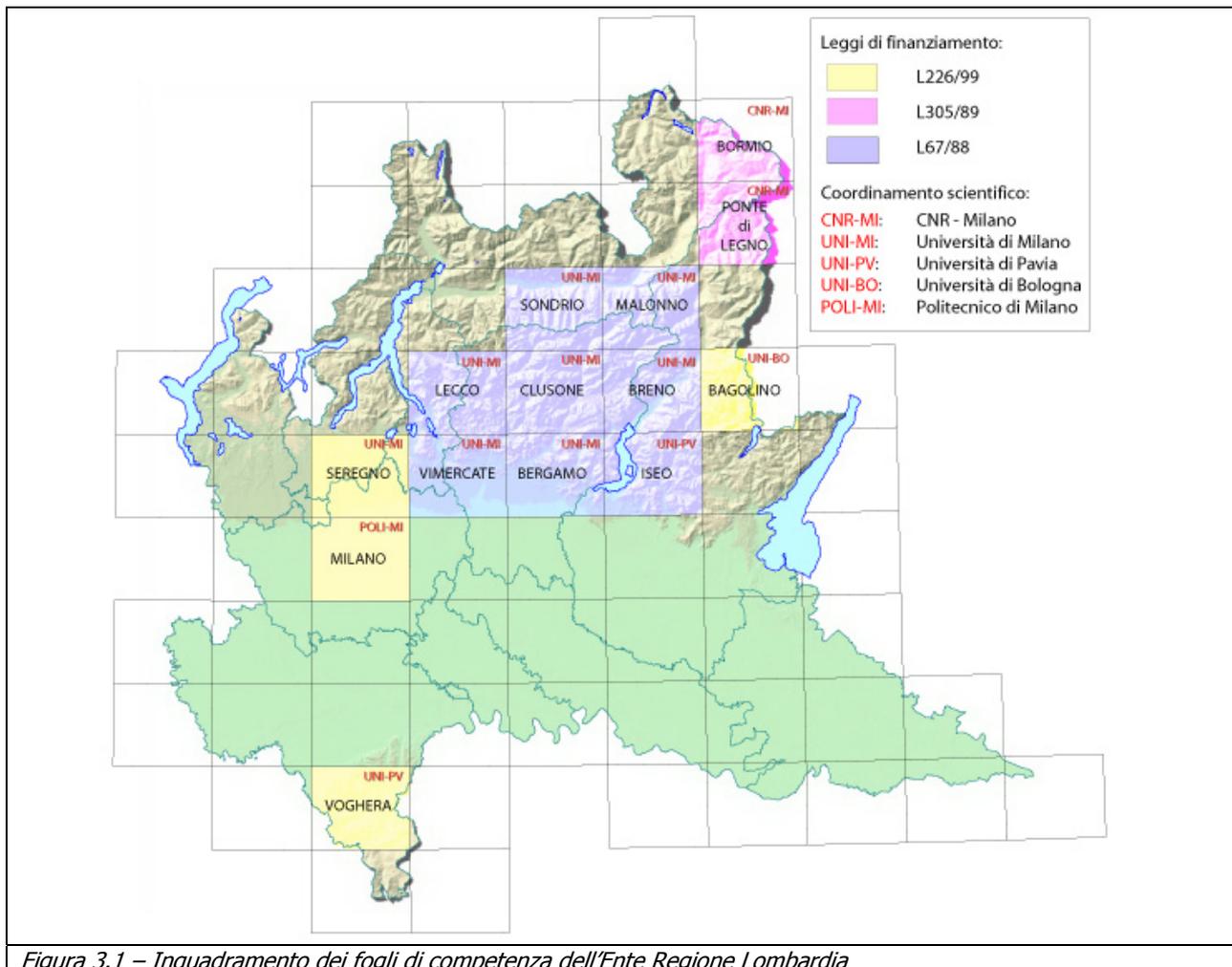
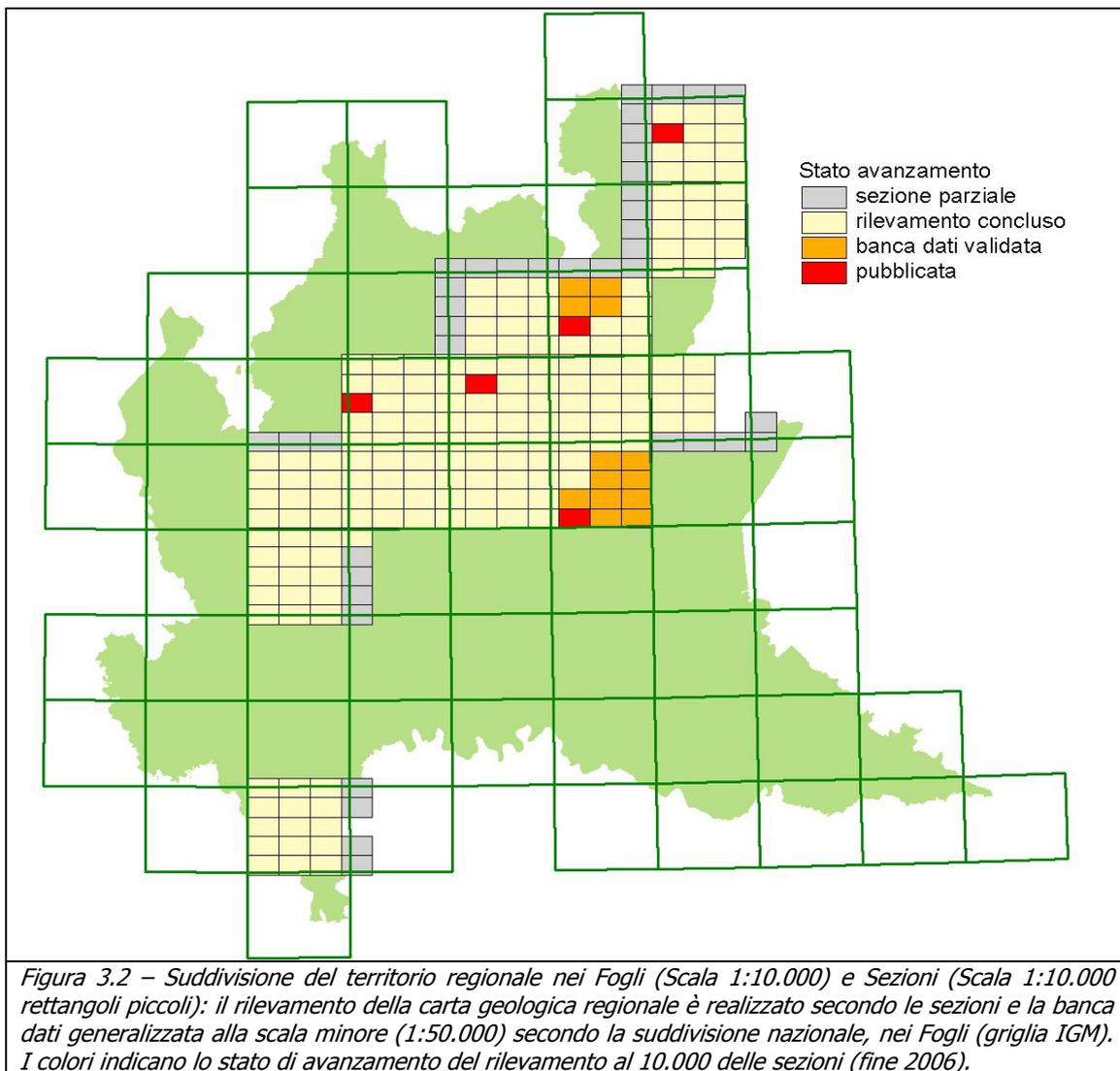


Figura 3.1 – Inquadramento dei fogli di competenza dell'Ente Regione Lombardia

Il Territorio rilevato dai geologi inseriti nel Sistema Informativo Geologico regionale è rappresentato in oltre 200 sezioni topografiche alla scala 1: 10.000, organizzate secondo la griglia definita nell'ambito dalla Carta Tecnica Regionale (Fig. 3.2).

Il Sistema Informativo Geologico costituito per la redazione del rilevamento e la costruzione della banca dati coinvolge rilevatori, tecnici, direttori di rilevamento e responsabili dei fogli, afferenti a:

- Regione Lombardia (Direzione Territorio e Urbanistica);
- Università degli Studi di Milano (Dip. Scienze della Terra);
- Politecnico di MILANO;
- Università degli Studi di Pavia (Dip. Scienze della Terra);
- Università di Bologna;
- CNR di Milano (Centro di Studio per la Geodinamica Alpina – Milano);
- Lombardia Servizi S.p.A.(Gruppo Lombardia Informatica);



Il progetto CARG-Regione Lombardia, nel quadro degli obiettivi indicati dal progetto nazionale, si propone tre principali finalità:

- realizzazione di un rilevamento ex-novo alla scala 1:10.000;
- definizione di standard di banca dati nel quadro del Sistema Informativo Territoriale regionale;
- creazione di una banca dati su base geografica (GIS) finalizzata all'interrogazione dei dati inseriti e alla sua pubblicazione cartografica (tradizionale e via WEB).

La progettazione del SIT dedicato e la strutturazione di procedure, modelli e strumenti per l'esecuzione delle attività di reperimento, archiviazione e controllo dei dati ha tenuto conto dell'esigenza di integrare esperienze e professionalità diverse.

La definizione del contenuto informativo, vista la diversa architettura informatica rispetto a quanto proposto dal progetto CARG-APAT, ha visto la stretta interazione fra geologi (rilevatori e referenti scientifici) e tra geologi e informatici nella fase di ideazione, realizzazione e test dell'ambiente di lavoro. Il progetto è quindi il risultato della interazione fra le diverse competenze poi coinvolte nell'esecuzione del lavoro.

Recependo e ampliando un importante criterio proposto dal progetto CARG nazionale, la progettazione del sistema prevede un controllo qualitativo del flusso dei dati in ogni suo passaggio (AA.VV, 1997), e per questo prevede che sia il geologo rilevatore stesso al centro del processo di creazione della banca dati, dalla raccolta del dato alla sua elaborazione e relativa pubblicazione delle informazioni derivate, minimizzando gli interventi da parte di altre figure (ad esempio tecnici digitalizzatori) nell'elaborazione del prodotto finale (Fig. 3.3).

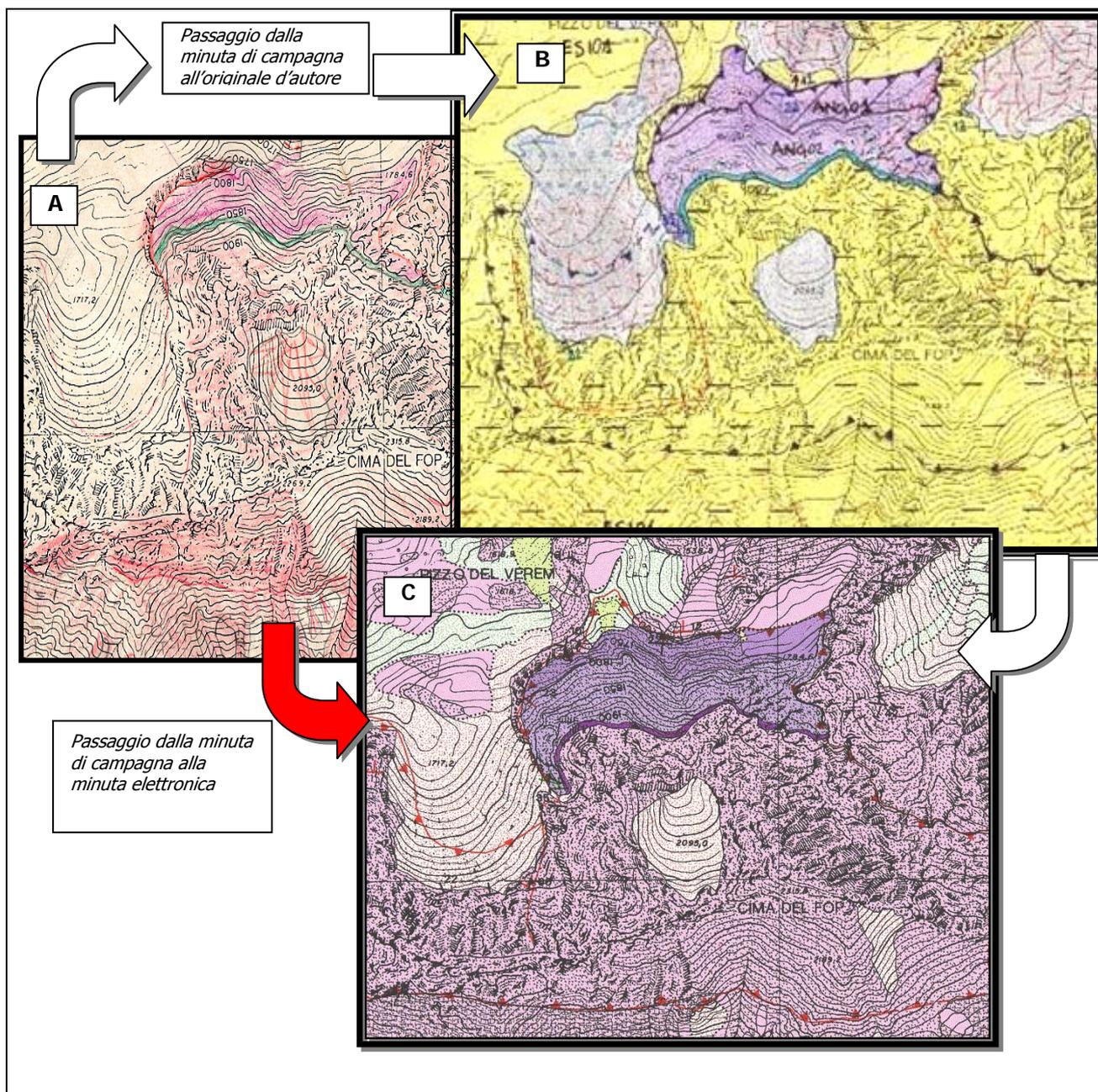


Figura 3.3 – Nella digitalizzazione del dato rilevato, tradizionalmente la "minuta di campagna" [A] viene inizialmente ridisegnata nell'"originale d'autore" [B], per essere quindi digitalizzata [C], generalmente, da tecnici privi di formazione geologica. Attraverso CARGeo la minuta di campagna, può essere direttamente digitalizzata a cura dello stesso rilevatore che ne eseguirà i controlli di correttezza geometrica e topologica rispetto alle regole logiche e disciplinari [passaggio diretto da A a C], quindi la loro pubblicazione in seguito alla validazione da parte dei responsabili disciplinari

3.2 - Metodologia di definizione e specifica dello schema concettuale

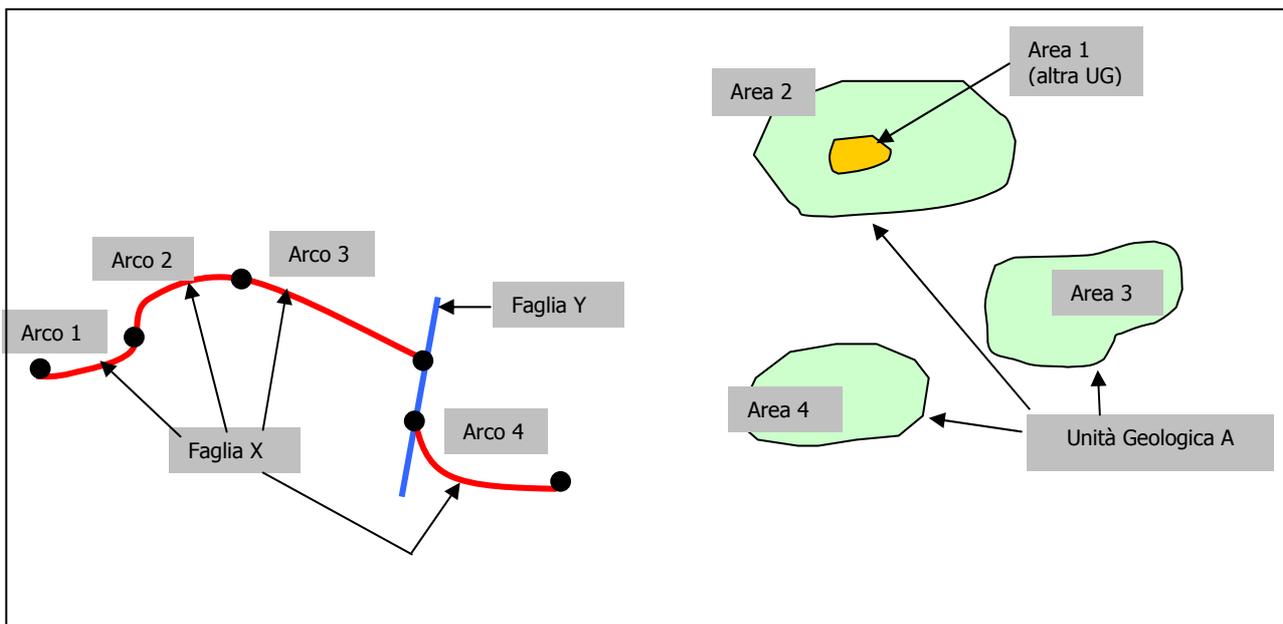
Scopo della specifica dello schema concettuale è l'individuazione:

- degli oggetti disciplinari (entità)
- delle proprietà sia geografiche che di altra natura che li definiscono (attributi)
- delle correlazioni esistenti fra tali oggetti (relazioni)
- dei vincoli che insistono sia sulle proprietà degli oggetti che sulle loro relazioni
- delle modalità di associazione e/o di calcolo dei valori degli attributi

Per la specifica è stato utilizzato il modello GEO_ER (modello definito nell'ambito delle attività di progettazione del S.I.T. della Regione Lombardia); esso si ispira in larga misura al modello *Entity-Relationship* (Chen, 1976) opportunamente esteso per adeguarlo alle tematiche specifiche delle informazioni territoriali.

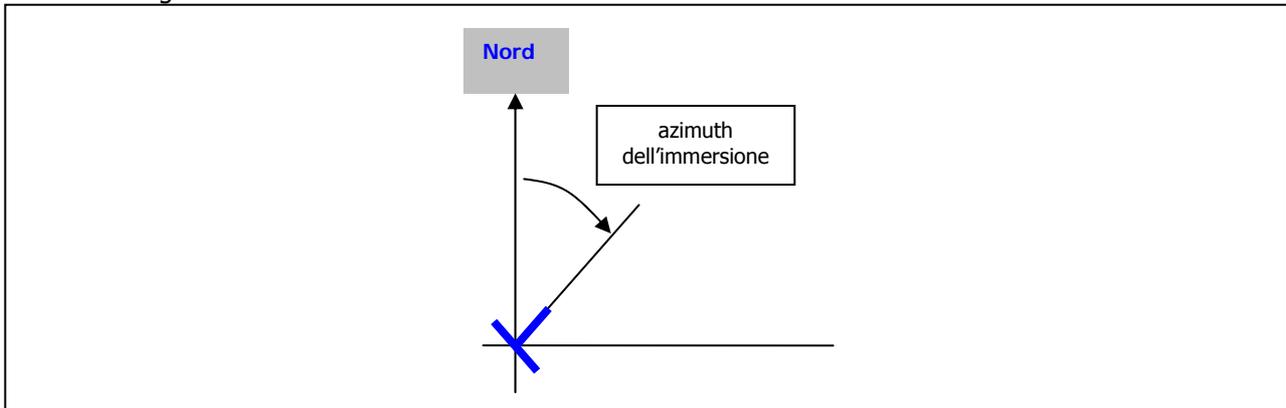
Negli schemi strutturali le relazioni possono essere di natura esclusivamente alfanumerica oppure di tipo spaziale. Queste ultime evidenziano vincoli o proprietà che devono essere rispettate dal punto di vista topologico dai vari tipi di entità.

Per quel che concerne la tipologia degli attributi nell'ambito di una definizione a livello concettuale non si fa riferimento alla componente geometrica elementare (il cui trattamento riguarda un problema di organizzazione fisica dei dati), ma a tipologie di dati più astratti come il *punto*, l'*area*, la *linea*, che possono essere costituiti da *aggregati di componenti elementari*; una linea, infatti, può essere costituita da un insieme di archi, non necessariamente consecutivi (se questo non è un vincolo posto sullo specifico attributo geometrico di una specifica entità) ed analogamente un'area potrà essere costituita da uno o più poligoni, intesi come la porzione di piano limitata da una linea chiusa, eventualmente contenente una o più isole.

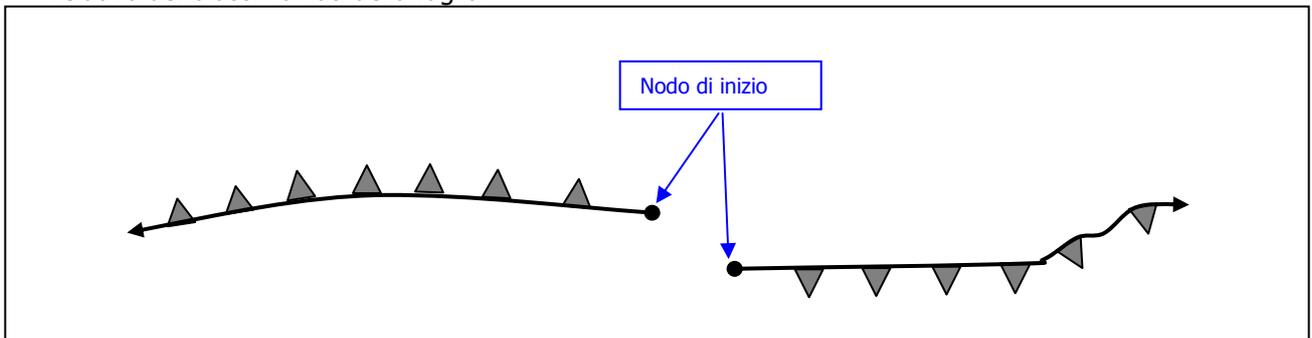


Sono inoltre stati introdotti i concetti di *punto orientato* e di *linea orientata*; per alcune entità infatti, può risultare opportuno stabilire un'ulteriore qualificazione della componente geometrica che nel caso di un punto associa un angolo di orientazione rispetto al sistema di assi cartesiani e nel caso di una linea stabilisce come verso di successione quello che va dal nodo iniziale al nodo finale; è il caso ad esempio delle

- "giaciture" (di superfici o elementi lineari) che sono dotate da un attributo del tipo "punto orientato" dove l'angolo di orientamento è convenzionalmente dato dall'azimuth dell'immersione



- "faglie" che sono dotate di un attributo del tipo "linea orientata" (es. sovrascorrimento), dove il verso della linea (nodo di inizio e nodo finale) determina l'orientazione del simbolo che descrive il movimento relativo dei blocchi ai lati della faglia.

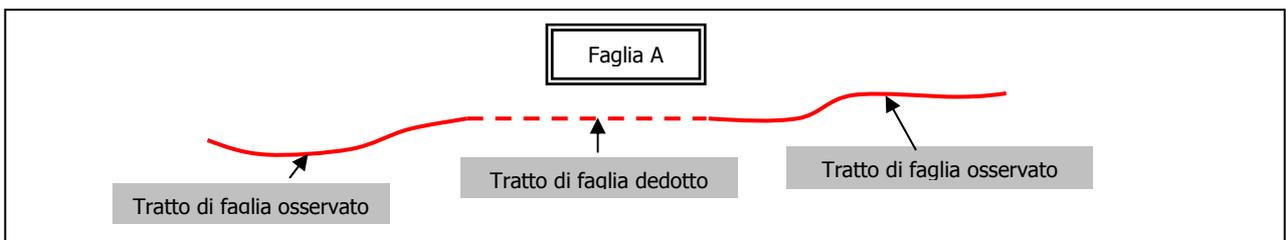


Avendo così ampliata le definizioni della tipologia degli attributi, per rendere la specifica della singola entità più compatta è stato necessario ampliare il modello con le nozioni di:

- Attributi a tratti
- Attributi a sottoaree
- Attributi a tratti sul contorno

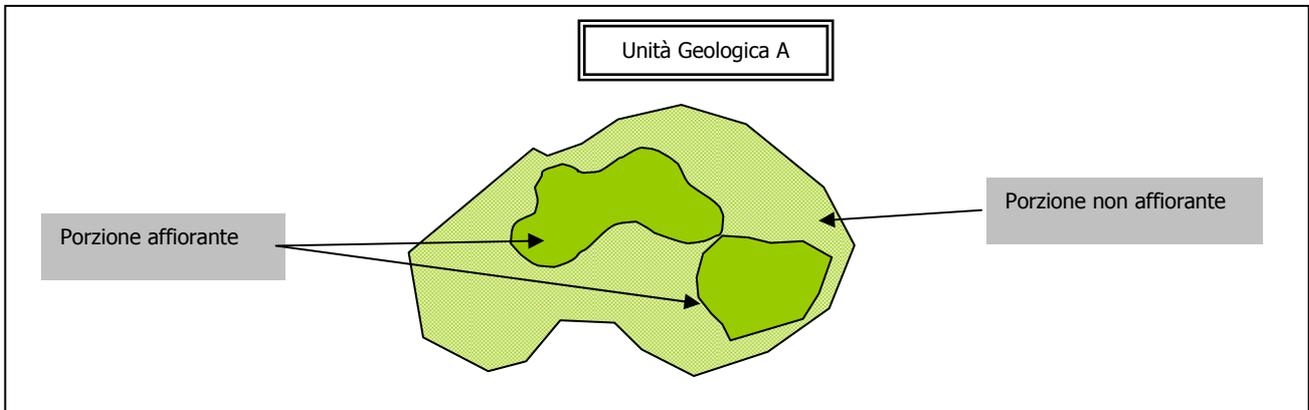
Attributi a tratti

Nel caso in cui un'entità sia caratterizzata da un attributo geometrico del tipo "linea", è possibile associare ai diversi tratti che compongono tale linea uno o più attributi, il cui valore può non essere costante rispetto all'attributo geometrico stesso. Ad esempio, il tracciato di una faglia rappresentato con una linea può essere *a tratti* osservato sul terreno o dedotto.



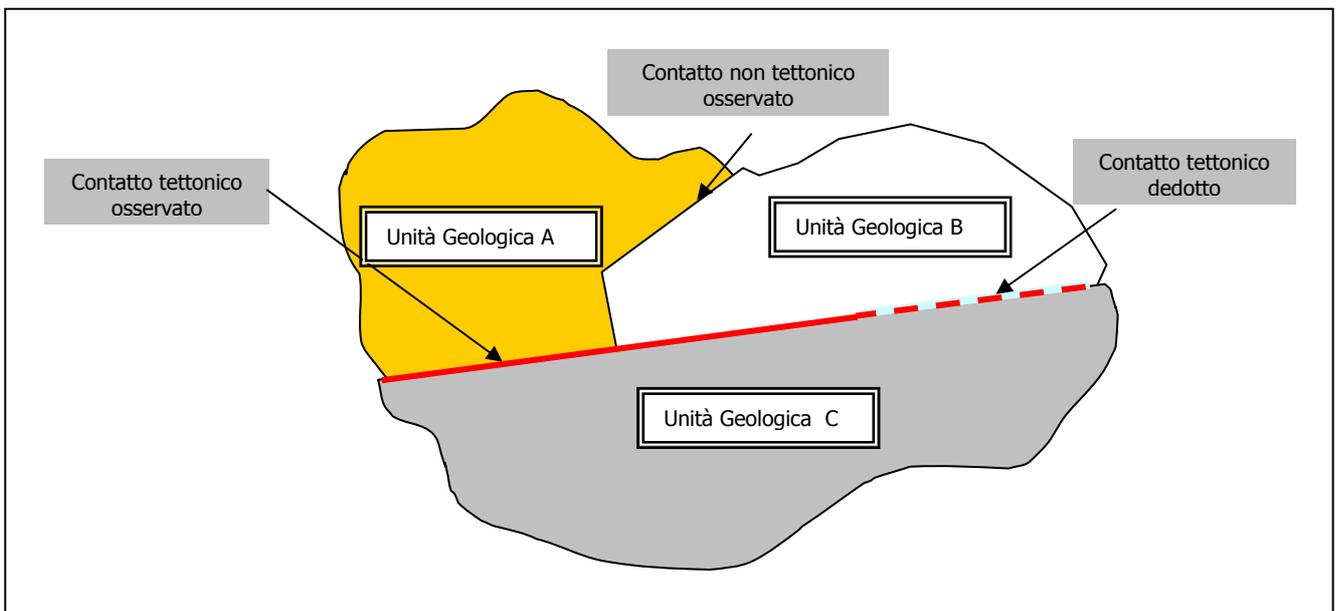
Attributi a sottoaree

Analogamente al caso precedente, si può trattare la situazione di un'entità caratterizzata da un attributo geometrico del tipo "poligono" introducendo la nozione di *attributi a sottoaree*. Ad esempio, all'interno di un poligono attribuito ad una determinata unità geologica possono essere individuate porzioni caratterizzate dalla proprietà affiorante o non affiorante.



Attributi a tratti sul contorno

Infine, nel caso di un'entità caratterizzata da un attributo geometrico del tipo "poligono" possono essere definiti *attributi a tratti*, ovvero con valore variabile, applicati alla frontiera (contorno) del poligono stesso. Ad esempio, un poligono di unità geologica può essere delimitato da contatti litostratigrafici o tettonici di diversa natura.



Dominio degli attributi

Per alcuni elementi viene definito un particolare tipo di *dominio*, costituito da una "lista predefinita di valori" (*enumerato*). Per esempio, nel caso di un tratto <tipo_limite> = "contatto non tettonico", il dominio dell'attributo che caratterizza ulteriormente le caratteristiche di tale contatto <tipo_contatto non tettonico> è enumerato ed ammette esclusivamente uno dei seguenti valori:

- generico
- graduale
- netto
- con bordi di reazione

Per alcuni elementi, le liste predefinite di valori prevedono una organizzazione gerarchica: è pertanto possibile stabilire classi di valori e definire loro sottospecifiche come ulteriori *attributi gerarchicamente dipendenti*. Ad esempio l'attributo <tipo_limite> precisa, a livello gerarchico superiore, se una certa porzione di limite di un'unità geologica sia contatto tettonico oppure no; nel caso di limite non tettonico, attributi gerarchicamente dipendenti precisano se si tratti di limite non tettonico graduale, netto, etc. Nel caso di limite non tettonico netto, è possibile una ulteriore distinzione in discontinuo concordante (con lacuna), discontinuo discordante o netto continuo. Tutto ciò viene specificato come:

Livello			Nome dell'attributo	Dominio
1	2	3		
√			Tipo_limite	Contatto non tettonico, contatto tettonico.....
	√		Tipo_contatto non tettonico	Generico, graduale, netto, con bordi di reazione
		√	Tipo_netto	Discontinuo concordante, discontinuo discordante, netto continuo

Per visualizzare i rapporti gerarchici tra i vari attributi per ogni elemento geologico descritto, nella successiva specifica del contenuto informativo è stata adottata una notazione "nidificata".

3.3 - Caratteristiche generali della Base Dati CARG_RL

Il contenuto della Base Dati è classificabile, da un punto di vista funzionale, cioè della finalità di un dato insieme di entità, nelle componenti: metainformazione, dati per la resa grafica e contenuto informativo vero e proprio

3.3.1 - Metainformazione

La metainformazione in generale costituisce la documentazione necessaria ad una corretta qualificazione del contenuto informativo stesso sia in termini di qualità, sia di riferimento alle fonti informative utilizzate (ad esempio, provenienza dei dati).

Il paragrafo 3.5 contiene la descrizione dei metadati della base dati CARG-RL.

3.3.2 - Dati per la resa grafica

I *dati per la resa grafica* sono costituiti da tutti quegli elementi necessari alle procedure di produzione degli elaborati cartografici di qualità alle varie scale di rappresentazione; ovviamente essi dipendono dalla scala degli elaborati che sono prodotti e supportano la predisposizione automatica della restituzione cartografica tenendo conto di tutti i problemi di leggibilità e completezza dell'informazione. Sono costituiti sia da dati geometrici che da dati di altra natura (immagini, testi, etc. classificati in genere come istanze dell'entità "documenta").

3.3.3 - Categorie di dati e loro relazioni

In figura 3.4 è schematizzata l'organizzazione e le dipendenze fra le componenti dell'ambiente pensato e strutturato in funzione di una acquisizione, implementazione e pubblicazione dell'informazione geologica verificabile nel livello qualitativo in ogni passaggio. Tale controllo non è solo funzionale al raggiungimento dello standard previsto dal progetto regionale, ma rispecchia le premesse e le richieste delle specifiche nazionali per la creazione della banca dati CARG. Come sarà ampiamente descritto, il controllo qualitativo è posto *in toto* nelle mani del geologo rilevatore, dotandolo di strumenti e di criteri idonei a vincolare e a facilitare questa attività.

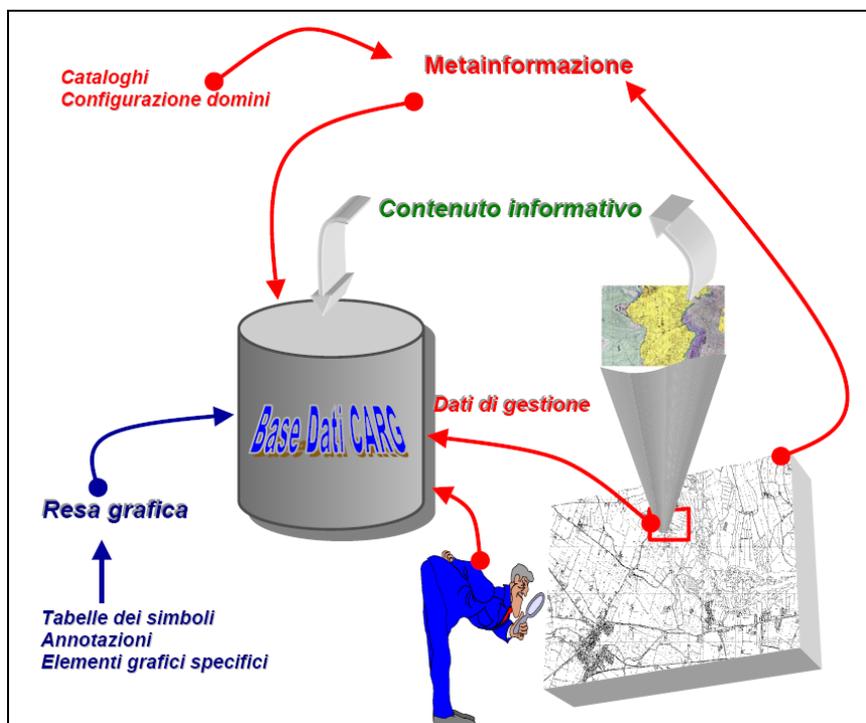


Fig 3.4 – La banca dati geologica è costruita in funzione sia delle esigenze di raccolta dei dati e della loro trasformazione in mappa cartacee alle diverse scale di rappresentazione; il database contiene informazioni di resa grafica, cataloghi, strati informativi geometrici, metadati, etc., organizzati in modo da permettere, attraverso appositi strumenti, interrogazioni e aggiornamenti, funzionali al lavoro di conoscenza e analisi del dato e quindi dell'ambiente geologico.

La specifica completa del *contenuto informativo* è descritto nei particolari da Berra *et al.* (2000) e di seguito sintetizzato; altre componenti (come la metainformazione o i dati necessari per la gestione del sistema) sono solo brevemente delineate. A titolo di esempio nei paragrafi successivi, è descritta la struttura fisica e le regole di inserimento delle geometrie e degli attributi associati a Unità Geologiche, Faglie, Giaciture e entità geologiche a queste collegate e/o relazionate.

Nel seguito è definita la struttura fisica delle tabelle di attributi e il relativo schema strutturale, con estratti dalla carta geologica creata a partire dalla banca dati una volta "popolata" e verificata nel contenuto geometrico ed alfanumerico.

Lo sforzo realizzato per la costruzione di questo schema fisico e nella definizione delle relazioni deriva in primo luogo dall'esperienza e sintonia raggiunta negli anni di collaborazione tra il soggetto fornitore di servizi (Lombardia Informatica – Lombardia Servizi S.p.A.) e i geologi di Regione Lombardia. In fase di progettazione è stato effettuato un test della struttura realizzato attraverso campagne di rilevamento e implementazione dei dati nella banca dati e la conseguente verifica dell'efficienza del sistema, sia in termini di funzionalità degli strumenti di supporto, sia di efficienza del *database*.

3.4 - Il contenuto informativo

Premessa

A titolo di esempio è descritta la struttura di alcune *entità* (Unità Geologica, Faglia, Giaciture e Area di Esposizione del Litotipo), riportandone la descrizione della definizione, la gerarchia relativa (*entità padri e figli*), gli *schemi strutturali* relativi e le regole di implementazione (disegno e attributi), che devono essere rispettate nella costruzione del database e, conseguentemente, nel disegno delle geometrie. Le procedure automatiche e semiautomatiche per la verifica della congruità alfanumerica e geometrica controllano la correttezza del dato inserito secondo le specifiche indicate ed esplicitate nello schema concettuale. I simboli utilizzati negli schemi sono descritti nelle ultime pagine di questo capitolo.

3.4.1 - Organizzazione delle entità

Il contenuto informativo completo del database è stato ripartito, a scopo esclusivamente strumentale alla lettura, nelle seguenti categorie:

- *elementi geologici*
- *elementi morfologici*
- *elementi correlabili a basi dati esterne*
- *elementi di studio*

raggruppando le entità come di seguito descritto:

• *elementi geologici*

- Unità geologica
- Unità geologica sepolta
- Livello guida / vena mineralizzata
- Unità strutturale
- Processi geologici particolari
- Aree di esposizione del litotipo
- Faglia
- Lineamento tettonico (da fotointerpretazione)
- Frattura
- Sistema di fratture

- Giaciture
 - Giacitura di superficie primaria
 - Giacitura di superficie secondaria
 - Giacitura di elemento lineare primario
 - Giacitura di elemento lineare secondario

- Traccia di superficie assiale
- Traccia di foliazione
- Deposito di origine antropica

• *elementi morfologici*

- Masso erratico
- Stria glaciale e rocce montonate
- Dosso
- Pendenza di terrazzo
- Argine detritico di nevato
- Cresta di cordone morenico
- Orlo (di scarpata di frana, di terrazzo)
- Trincea di distensione
- Traccia di superficie di distacco gravitativa
- Traccia di paleoalveo
- Elemento carsico
- Forme di unità geologiche di quaternario

• *elementi correlabili a basi dati esterne*

- Sorgente
- Area dissestata
- Sito estrattivo

• *elementi di studio*

- Area di studio
- Indagine
- Insieme di campioni
- Tracciato
- Documento
- Riferimento bibliografico

3.4.1.1 - Elementi geologici

Unità Geologica (Poligono)

Definizione

Questa entità è una generalizzazione delle entità

- Unità Geologica depositi superficiali ("quaternario")
- Unità Geologica non metamorfica ("substrato sedimentario ed igneo")
- Unità Geologica basamento metamorfico

Tale distinzione è operata al solo scopo di facilitare la gestione delle Unità Geologiche da parte dei rilevatori.

Unità Geologiche depositi superficiali ("Quaternario")

Dato che nel territorio di interesse alcune unità "quaternarie" comprendono anche termini più antichi, è stata scelta la definizione più generica di "depositi superficiali" che comprende le unità geologiche posteriori alle ultime fasi di strutturazione della catena (post-messiniano).

Dal momento che i depositi superficiali sono rilevati con unità a limiti in conformi, è stato definito un catalogo generale delle litofacies di quaternario utilizzato per la loro qualificazione; quindi le litofacies specifiche di ogni unità formale di quaternario saranno desunte al completamento del rilevamento.

Unità Geologiche non metamorfiche (substrato sedimentario ed igneo)

Raggruppa le unità geologiche "substrato" che obbediscono alle leggi di sovrapposizione e/o intersezione della stratigrafia.

Unità Geologiche basamento metamorfico

Raggruppa le unità geologiche "substrato" che hanno subito uno o più eventi metamorfici che hanno obliterato le caratteristiche del protolite.

La sintesi coerente dei tre tipi di unità, che, unitamente ai "Depositi di origine antropica" (vedi più avanti), dovrà dare origine ad una copertura completa (insieme ad aree idrografiche, ghiacciai e aree urbanizzate), viene condotta sotto il diretto controllo dei rilevatori.

Gerarchia tra le unità litostratigrafiche

L'insieme delle Unità Geologiche è strutturato in livelli, che possono assumere valenze differenti a seconda del contesto (unità "quaternarie", pre-messiniane non metamorfiche, metamorfiche). Ad esempio:

Livello	Unità non metamorfiche	Unità "Quaternario"	Unità basamento metamorfico
1	Gruppo	Allogruppo	Complesso
2	Formazione	Alloformazione	Unità litologica
3	Membro	Allomembro	Associazione mineralogica ^(*)
4	Litozona		

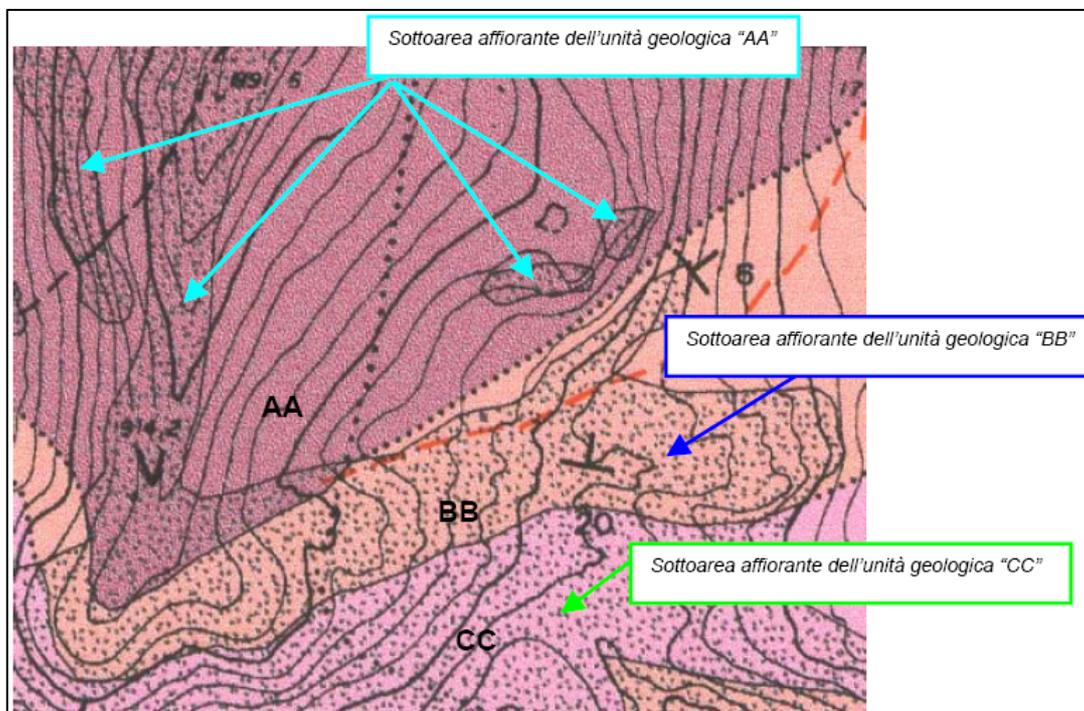
^(*) Ulteriore specificazione di Unità litologica sulla base dell'associazione mineralogica presente. p.es. "Micascisti a clorite e mica chiara"

I livelli gerarchici di ordine inferiore possono riferirsi direttamente ad ognuno dei livelli superiori. Il livello fondamentale (che non può mancare) è il livello 2.

La necessità di definire elementi di livello superiore al primo, necessari al completamento del contenuto informativo, comporterà a livello di base dati la definizione di nuovi tipi di entità a se stanti caratterizzate da vincoli o regole di derivazione adeguate.

I corpi ignei non metamorfici sono contenuti nel catalogo delle unità geologiche non metamorfiche.

Attributi a sottoaree

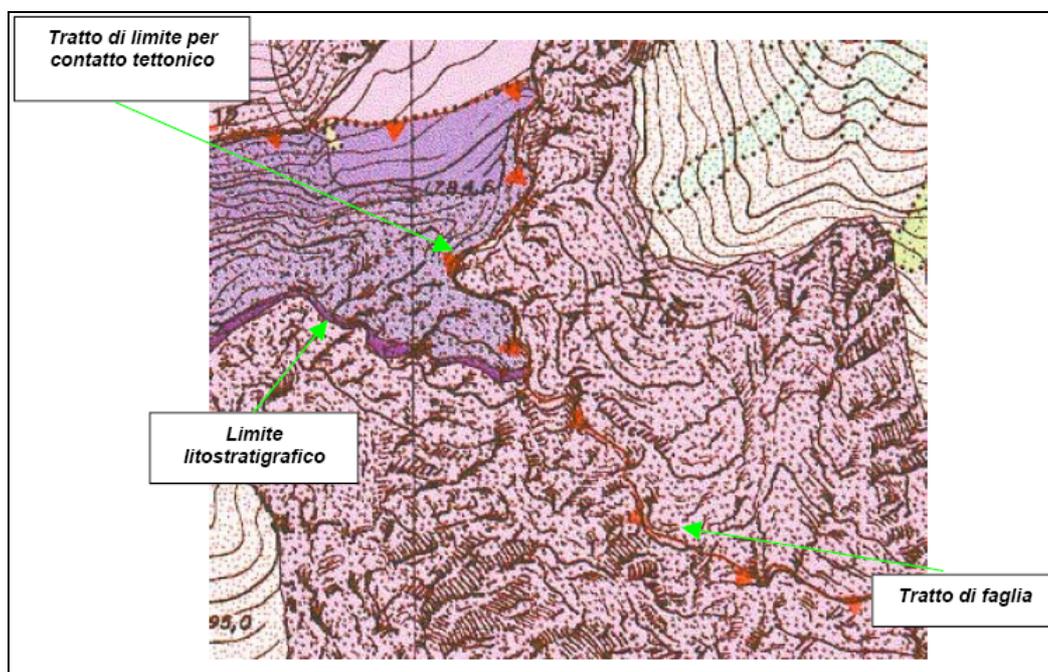


All'interno di una Unità Geologica (UG) si possono distinguere le sottoaree caratterizzate dalla proprietà esposizione (vedi oltre "Aree di Esposizione dei Litotipi").

Inoltre, all'interno di ogni unità geologica di "quaternario" sono distinte sottoaree che presentano caratteristiche di omogeneità tali da differenziarle da quelle che la delimitano verticalmente e lateralmente. Tali porzioni (aree a *litofacies omogenea*) sono definite sulla base di caratteri composizionali e tessiturali,

geometria, spessore degli strati, strutture deposizionali, strutture erosive o strutture organiche, direzione e verso di eventuali paleocorrenti, caratteri accessori, etc. (Quaderni della serie III n.1; AA.VV., 1997).

Contatti litostratigrafici e contatti tettonici



Gli archi che costituiscono il perimetro dei poligoni di Unità Geologica di qualunque livello (1, 2, 3, 4) e dei poligoni di litofacies omogenee sono definiti *limiti* (di vario tipo); talvolta tratti dell'entità *Faglia* possono costituire limite di unità geologica: in questo caso prendono il nome di *limiti per contatto tettonico* e assumono gli stessi attributi dell'entità *Faglia*.

Sono state individuate le seguenti categorie di *limiti* (distinti in fase di resa grafica con opportuna simbologia):

a) limite litostratigrafico (si utilizza per tutte le Unità Geologiche):

1. limite generico (da utilizzare nei casi in cui la tipologia del limite tra due Unità Geologiche non sia ulteriormente caratterizzabile)
2. limite graduale (corrispondente ad un passaggio sfumato o per alternanza tra due Unità Geologiche alla scala della esposizione)
3. limite netto (nel caso in cui il contatto tra due Unità Geologiche sia netto, ma non ulteriormente caratterizzabile)
 - 3.1. limite discontinuo (con lacuna) concordante (quando sia riconoscibile sul terreno una superficie di erosione o di interruzione significativa della sedimentazione)
 - 3.2. limite discontinuo discordante (nel caso in cui il contatto sia caratterizzato da una discordanza angolare apprezzabile alla scala dell'esposizione)
 - 3.3. limite netto continuo (nel caso in cui il limite tra i due corpi sia netto ma senza evidenze di interruzione significativa della sedimentazione)
4. limite con bordi di reazione (contatto tra litotipi a chimismo differente in ambiente metamorfico o magmatico, con sviluppo di reazioni di scambio ionico)

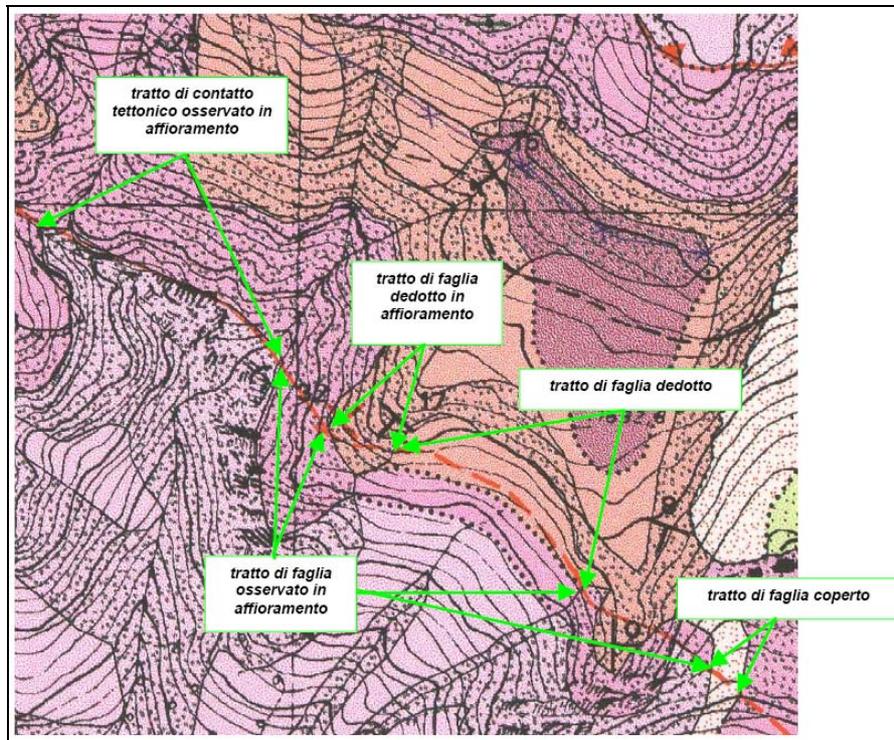
b) limite per contatto tettonico (condiviso con l'entità *Faglia*):

è rappresentato da tratti di *faglia* che separano poligoni di Unità geologiche differenti. I tratti di *faglia* che attraversano una stessa UG non sono limiti per contatto tettonico. Le tipologie di Limite per contatto tettonico coincidono con quelle di *Faglia* (vedi oltre).

c) limite fittizio (generico, limite di rilevamento): può o meno coincidere con tratti di limite appartenenti alle categorie precedenti, ed è strumentale ad es. alla delimitazione di una porzione di territorio rilevato.

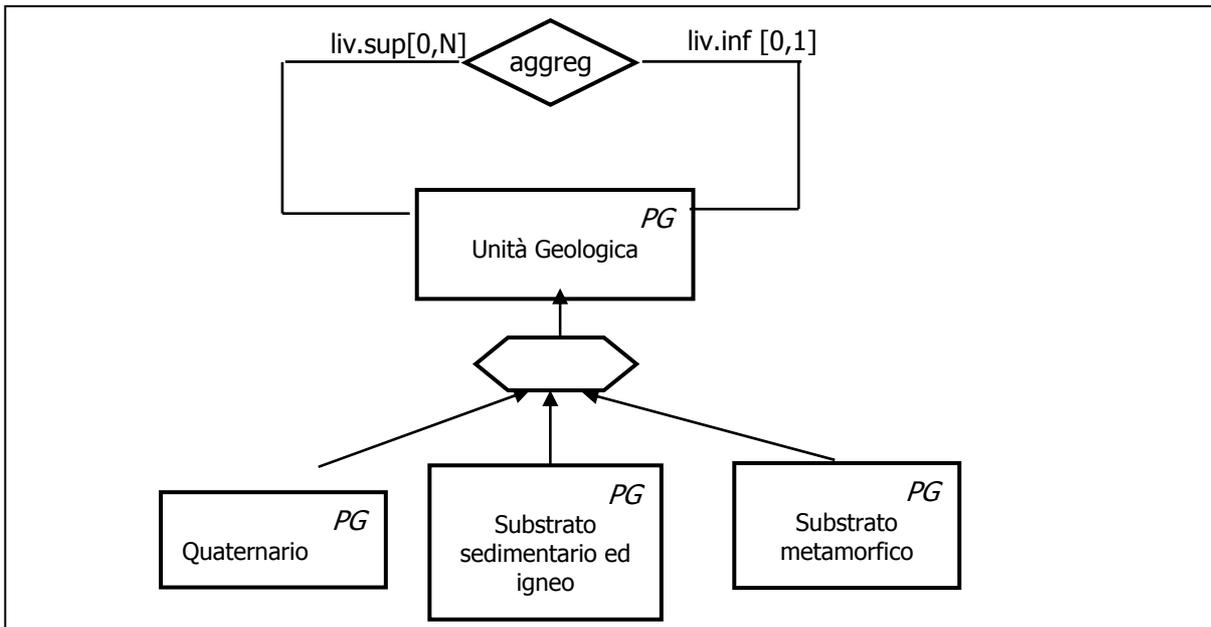
Il limite viene distinto in "osservato" e "non osservato". I tratti di limite "osservati" devono essere contenuti in un'area esposta. In funzione delle condizioni di esposizione, della complessità strutturale etc. i limiti non

osservati possono essere distinti in "dedotti" (ricostruiti sulla base di regole geometriche o evidenze morfologiche a partire da osservazioni di terreno) o "ipotizzati" (tracciati in assenza di vincoli stringenti). I limiti (sia litostratigrafici che per contatto tettonico e le faglie) possono essere "non osservati" anche all'interno di aree di esposizione. Queste tipologie di limite sono definite per tutte le categorie di UG, indipendentemente dal livello gerarchico cui appartengono, nonché per i contorni delle sottoaree a litofacies omogenea.

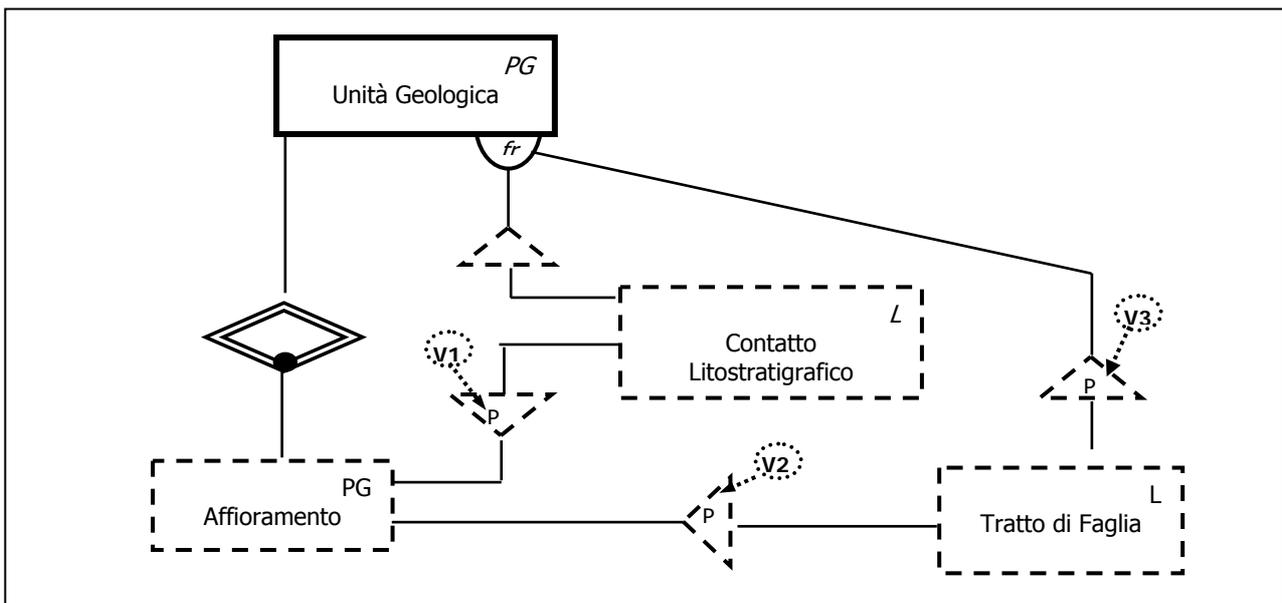


Attributi	
<i>di entità</i>	
- Codice identificativo dell'unità geologica	
- Sottotipo	(<i>"Quaternario"/substr. non metamorfico/basam. metamorfico</i>)
- Nome	
- Sigla	
- Livello gerarchico	(<i>livello 1 / 2 / 3 / 4</i>)
- Tipo di definizione	(<i>formale / informale</i>)
- Età superiore	(<i>riferimento al catalogo delle unità cronostatigrafiche</i>)
- Età inferiore	(<i>riferimento al catalogo delle unità cronostatigrafiche</i>)
- Codice dei tipi di unità geologiche	(<i>con riferimento al quaderno n.° 6 del S.G.N./APAT</i>)
- Descrizione	
<i>a sottoaree</i>	
- affiorante / non affiorante	
- a litofacies omogenea	(solo "Quaternario")
- tipo di litofacies	(riferimento al catalogo delle litofacies "quaternarie")
<i>al contorno</i>	
- Tipo di limite	(contatto non tettonico, contatto tettonico, limite fittizio)
- Tipo di contatto non tettonico	(generico / graduale / netto / con bordi di reazione)
- Tipo di limite netto	(discontinuo concordante / discontinuo discordante / netto continuo)
- Tipo di limite fittizio	(generico / limite di rilevamento)
- Riconoscimento del limite	(osservato / dedotto / ipotizzato)

Schema strutturale
Organizzazione delle Unità Geologiche



Principali relazioni dell'entità "Unità Geologica"

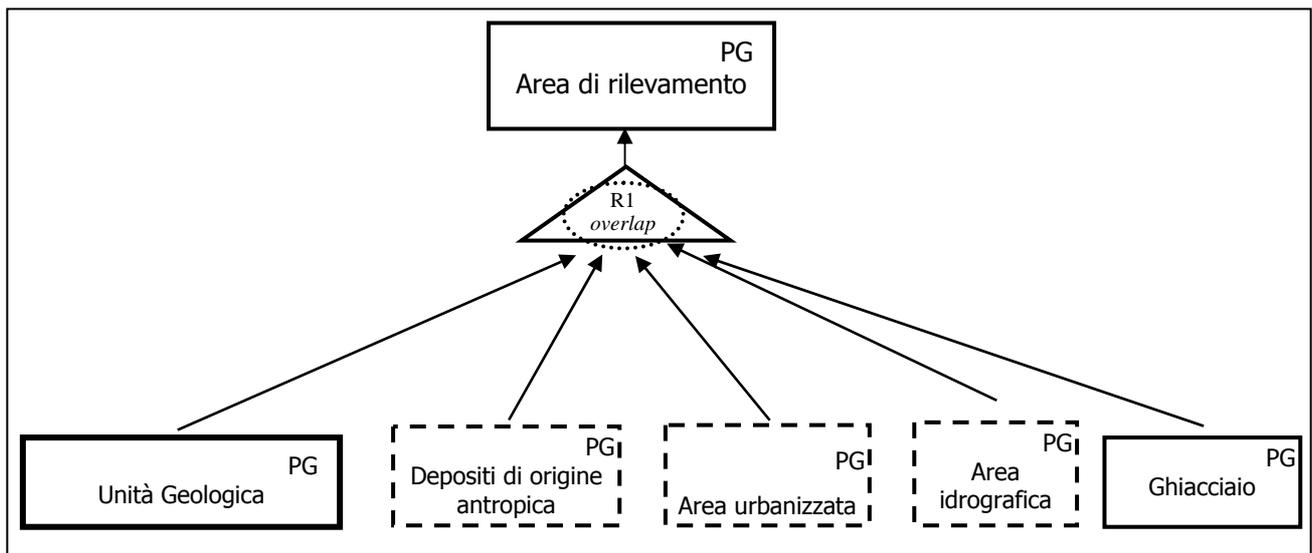


Sono stati introdotti i seguenti vincoli (V_n) utili per la predisposizione di controlli sui dati introdotti nel database:

V1 - intersezione di " contatto litostratigrafico" in "Esposizione": tutti i tratti con proprietà tipo-tratto="osservato" devono essere contenuti in Esposizione

V2 - contenimento di "tratto di faglia" in "Esposizione": tutti i tratti con proprietà tipo-tratto = "osservato" devono essere contenuti in Esposizione

V3 - tutti i tratti di limite di tipo "contatto tettonico" devono coincidere con tratti dell'entità "faglia"
Regola di copertura (Rn)



R1 - definizione della regola

"Unità Geologiche" e "Depositi di Origine Antropica" costituiscono la copertura completa del territorio di rilevamento escludendo laghi, alvei fluviali, Ghiacciai o aree urbanizzate ove impossibile effettuare il rilevamento; non è ammessa sovrapposizione tra le istanze di Unità Geologica e quelle di Deposito di Origine Antropica. Le aree idrografiche e/o ghiacciai e/o urbanizzato sono desunte dalla CTR in scala 1:10.000.

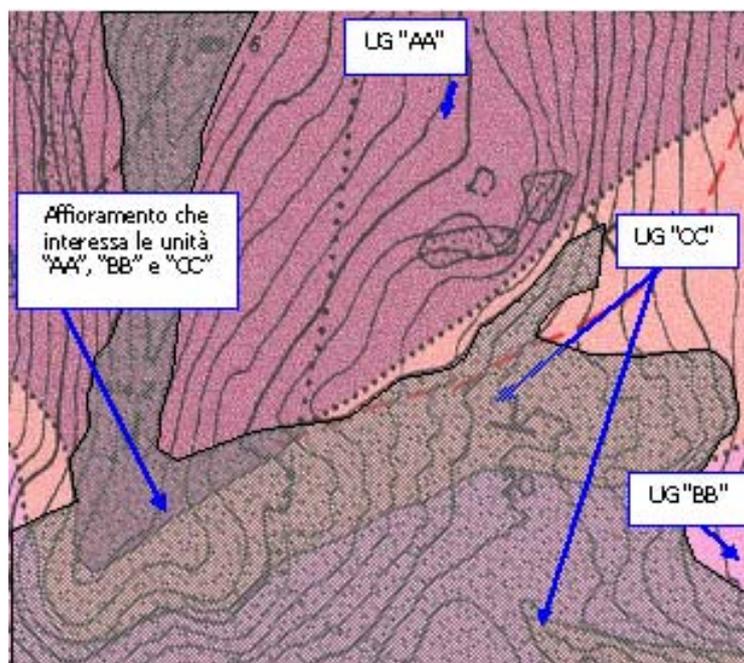
3.4.1.2 Aree di Esposizione (dei Litotipi - Poligono)

Definizione

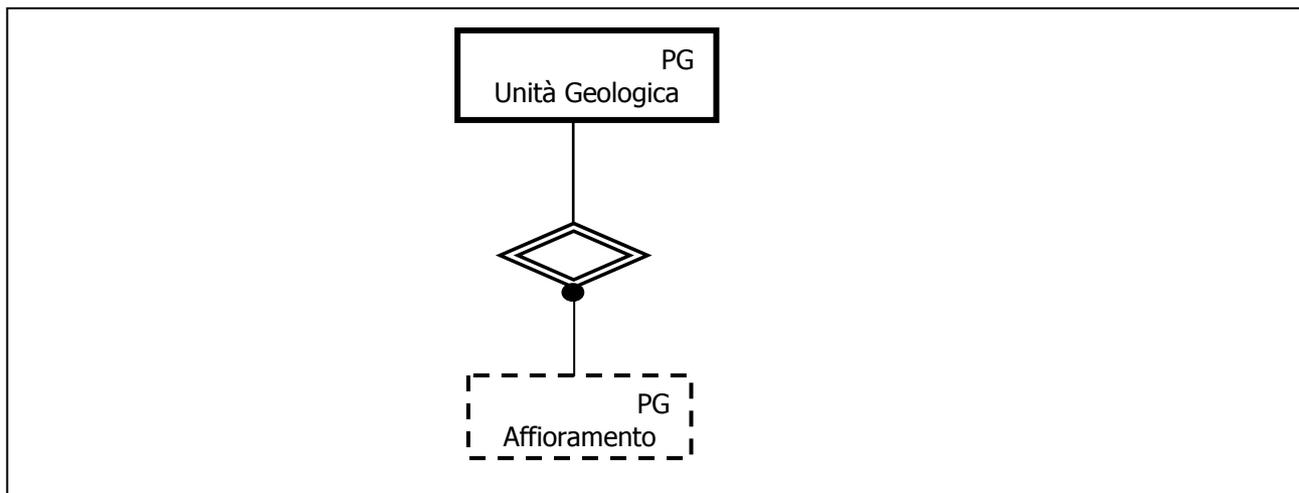
Si tratta dell'involuppo delle sottoaree di UG che presentano l'attributo "affiorante", ovvero quelle aree in cui è possibile osservare direttamente le litofacies della UG (aree a litofacies esposta). Gli affioramenti non sono qualificati da attributi propri ma dalle relazioni, di natura topologica, con gli elementi che ne fanno parte, quali le *Unità Geologiche*, le *Indagini*, le *Faglie*, etc.

Attributi: Non ne sono previsti

Esempio



Schema strutturale



3.4.1.3 - Faglia (Linea orientata)

Definizione

Ogni faglia è costituita da un insieme di archi orientati (tratti di faglia) identificati da un opportuno codice. E' dotata di attributi a livello di entità e di attributi a tratti.

Attributi

di entità (definiti nel catalogo faglie)

- codice identificativo
- nome
- spessore reale medio della zona di faglia
- caratteristiche geometriche complessive
(sovrascorrimento / faglia normale a basso angolo / trascorrente...)
- tipo di struttura
(sinsedimentaria / sinmetamorfica...)
- struttura sepolta (si/no)
se sì: fonte del dato
- numero di fasi di attività (ne viene sempre definita almeno una)
per ogni fase di attività:
 - identificativo della fase (numero d'ordine relativo alla singola faglia)
 - fase di deformazione (riferimento al catalogo delle fasi di deformazione)
 - cinematica dominante (compressiva / distensiva / trascorrente / non determinata)

a tratti

- Tipo di tratto faglia (scoperto / coperto da un'UG di "quaternario")
se faglia scoperta
- geometria attuale della superficie di faglia:
 - non valutata
 - Normale
 - Inversa
 - trascorrente (sinistra / destra / non determinata)
 - a rigetto obliquo
(normale destra / normale sinistra / inversa destra / inversa sinistra / destra normale / sinistra normale / destra inversa / sinistra inversa)
 - sovrascorrimento (si/no)
 - scollamento lungo strato (si/no)
 - tratto: osservato / dedotto / ipotizzato
 - valutazione del rigetto (in metri)
 - meccanismo deformativo prevalente (cataclasi / milonisi / non determinato)
 - giacitura media della superficie di faglia (immersione e inclinazione)

Tutti i tratti osservati devono essere contenuti in "Esposizione", ma non tutti i tratti contenuti in "Esposizione" devono essere "Osservati".
 Tutti i tratti di faglia coperta non devono essere contenuti in Unità Geologiche di "substrato".

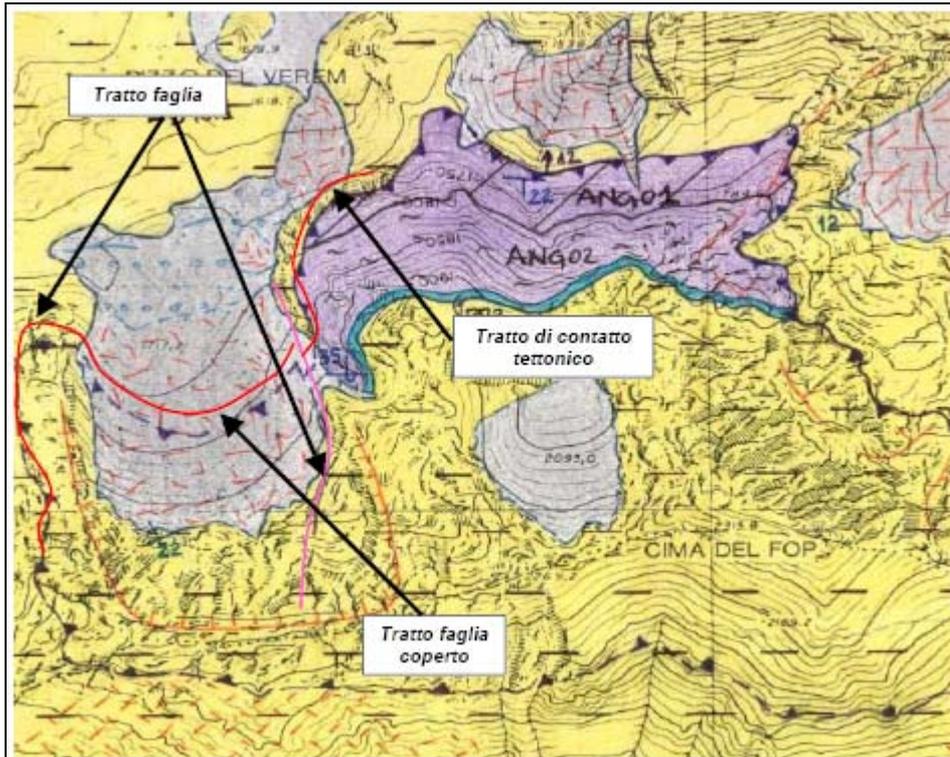
Nota:

Non tutti i tratti di faglia sono aggregati in un'entità.

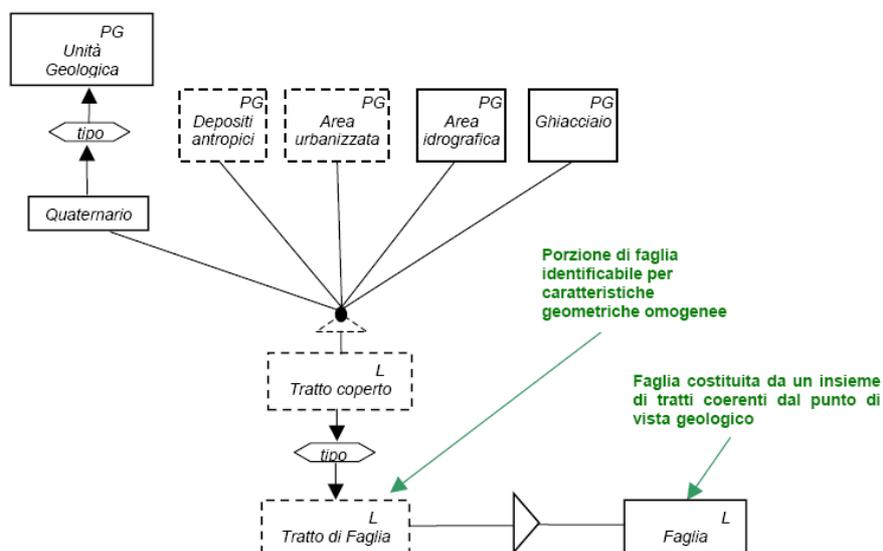
L'attributo di entità *Struttura sepolta* è relativo a Faglie note in letteratura (generalmente riconosciute su sezioni sismiche) e non affioranti.

L'attributo a tratti *Coperto* è invece relativo a quei tratti di faglia suturati da UG "quaternarie", depositi antropici, ghiacciai, aree idrografiche ed aree urbanizzate. Ovviamente, se un tratto di faglia *scoperto* interseca una UG "quaternaria", è implicitamente inteso che tale Faglia sia caratterizzata da almeno una fase di attività nel "quaternario".

Esempio



Schema strutturale



3.4.1.4 Giaciture (Punto orientato)

Definizione:

Giacitura nello spazio di superfici o elementi lineari.

Tutti questi elementi costituiscono una classe generale caratterizzata dai seguenti:

<u>Attributi</u>
- immersione (<i>valore compreso tra 0° e 359°, estremi inclusi</i>) - inclinazione (<i>valore compreso tra 0° e 90°, estremi inclusi</i>)

Le ulteriori proprietà sono tipiche di ciascuna specializzazione, definita in funzione dell'elemento cui si riferisce la giacitura, cioè di:

<ul style="list-style-type: none">• <i>Giacitura di superficie primaria</i>• <i>Giacitura di superficie secondaria</i>• <i>Giacitura di elemento lineare primario</i>• <i>Giacitura di elemento lineare secondario</i>

Specializzazioni

<i>Giacitura di superficie primaria (stratificazione, laminazione, banding magmatico etc.)</i>
<u>Attributi</u>
- tipo di struttura - (<i>stratificazione / laminazione / banding magmatico / piano assiale slump / altro</i>) - polarità - (<i>diritta / rovescia / non riconosciuta</i>)

<i>Giacitura di superficie secondaria</i>
<u>Attributi</u>
- tipo di struttura - foliazione - categoria (<i>generica / di piano assiale / di taglio</i>) - tipo di foliazione (<i>clivaggio di frattura / clivaggio di dissoluzione / clivaggio di crenulazione / scistosità / altro</i>) - minerali che definiscono la superficie (<i>riferimento a catalogo minerali</i>) - identificativo della fase di deformazione (<i>riferimento a catalogo delle fasi di deformazione</i>) - indicatori cinematici (<i>solo per foliazione di taglio</i>) - tipo di indicatore (<i>riferimento a catalogo "indicatori cinematici"</i>) - direzione media (<i>se non specificato il verso, azimuth</i>) - verso del movimento (<i>azimuth</i>) - minerali che definiscono l'indicatore (<i>riferimento a catalogo minerali</i>) - superficie di faglia (<i>ha vincolo di contenimento in Tratto di Faglia</i>) - numero di episodi di movimento - per ogni episodio di movimento - identificativo dell'episodio di movimento (<i>numero d'ordine relativo alla superficie</i>) - meccanismo deformativo prevalente (<i>cataclasi / milonisi / non valutato</i>) - età del movimento (età inferiore, età superiore) (<i>riferimento al catalogo unità cronostratigrafiche</i>) - misura del rigetto (<i>m</i>) - indicatori cinematici - tipo di indicatore - direzione media (<i>se non specificato il verso, azimuth</i>) - verso del movimento (<i>azimuth</i>) - minerali che definiscono l'indicatore (<i>riferimento a catalogo minerali</i>)

Giacitura di elemento lineare primario

Attributi

- Verso (*azimuth / non riconosciuto*)
- Tipo di struttura (*sedimentaria / ignea*)
- Natura della struttura
sono specificati valori differenti secondo il tipo, contenuti nei cataloghi strutture sedimentarie e ignee.
- Descrizione della superficie primaria che contiene l'elemento
 - immersione, inclinazione
 - tipo di superficie (*stratificazione / laminazione / banding magmatico / altro*)
 - polarità (*diritta / rovescia / non riconosciuta*)

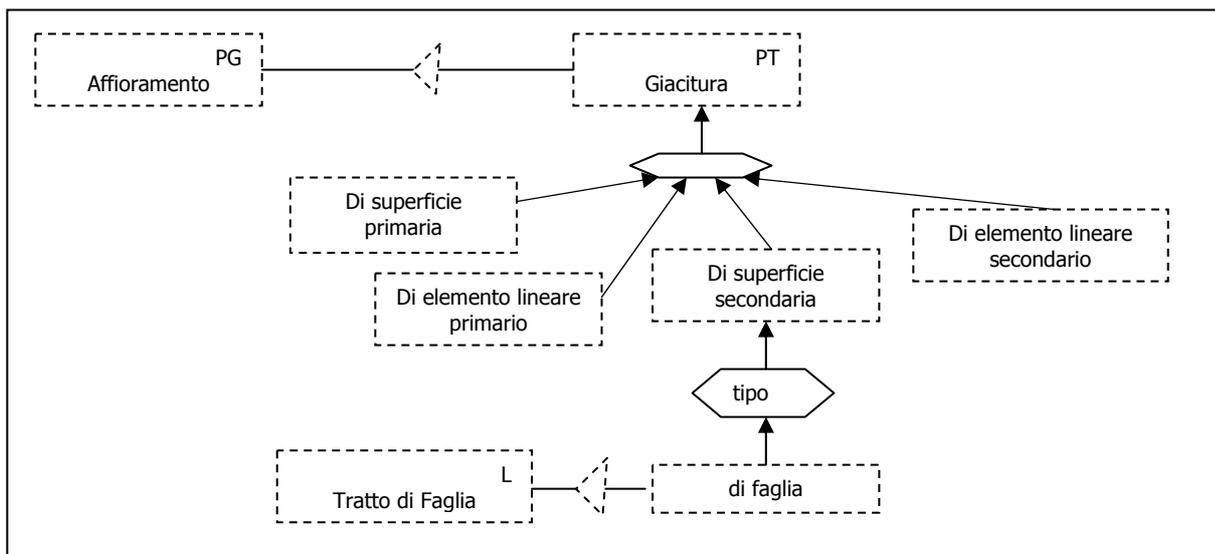
Giacitura di elemento lineare secondario

Attributi

- tipo di struttura
 - asse di piega mesoscopica
 - misurato/ricostruito
 - identificativo della fase di deformazione
(riferimento a catalogo delle fasi di deformazione)
 - senso di asimmetria (vergenza [$\pm 90^\circ$] / simmetrico / non definito)
 - lineazione di crenulazione
 - identificativo della fase di deformazione
(riferimento a catalogo delle fasi di deformazione)
 - lineazione di intersezione (tra due superfici)
 - descrizione della prima superficie
 - descrizione della seconda superficie
 - lineazione minerale
 - verso del movimento
 - minerali associati (riferimento a catalogo minerali)
 - identificativo della fase di deformazione (riferimento a catalogo delle fasi di deformazione)

Nota: Si utilizza il concetto di vergenza sensu Weijermars (1985).

Schema strutturale



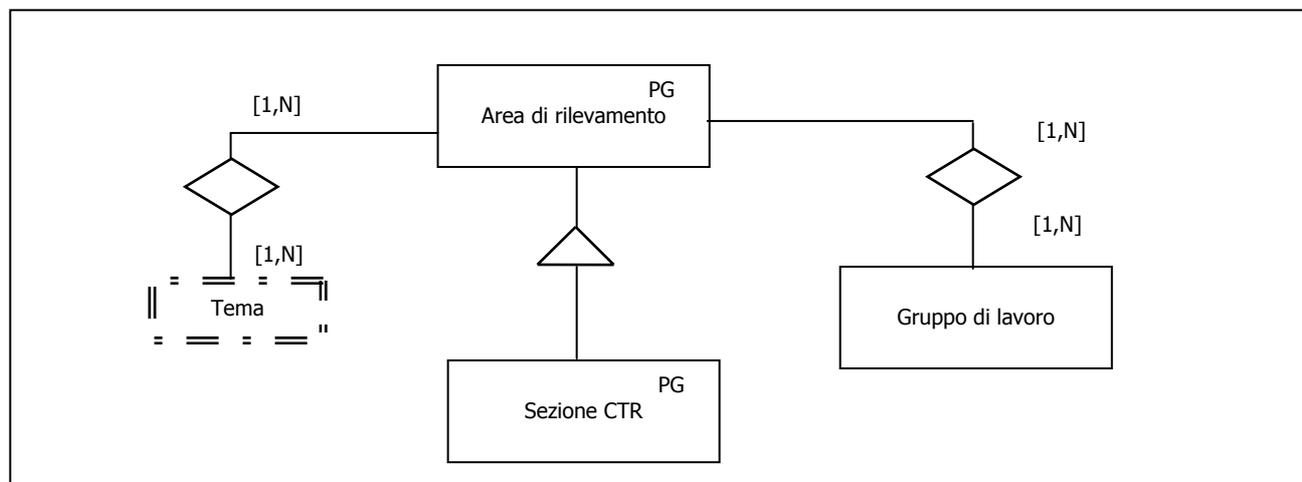
3.4.1.5 - Area di Rilevamento (Poligono)

Definizione

È costituita da un insieme di sezioni della CTR a scala 1:10000. È caratterizzata dalle entità in fase di definizione o già definite all'interno di quest'area. È correlata all'anagrafica di uno o più gruppi di lavoro.

<u>Attributi:</u>
Codice identificativo dell'area
Data di definizione dell'area
Autore della definizione

Schema strutturale



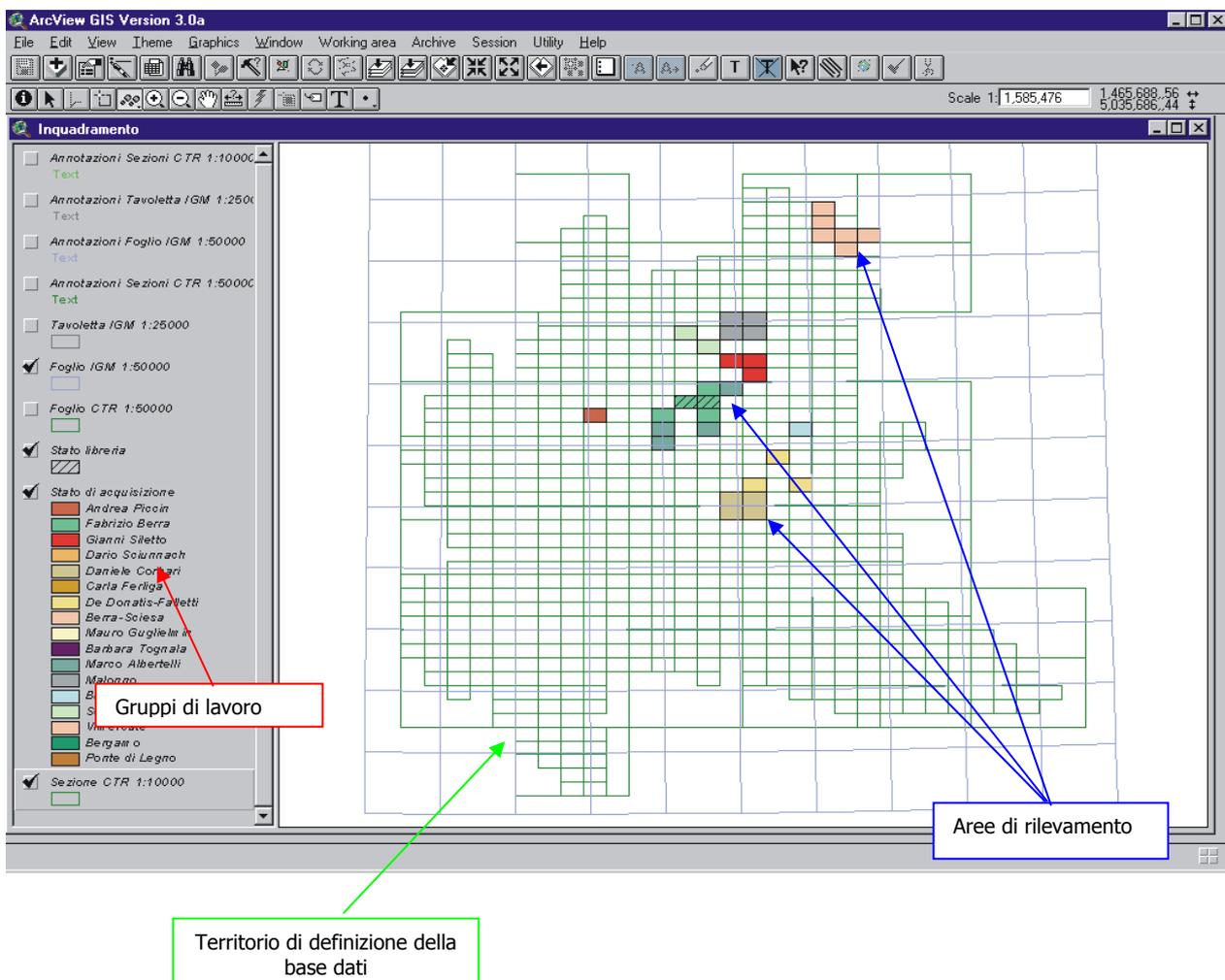
3.4.1.6 - Anagrafica del gruppo di lavoro

Definizione

Corrisponde alla definizione dei dati anagrafici dei partecipanti al progetto, qualificati dal ruolo da essi svolto (utente, *system administrator*).

Attributi:
- Codice utente
- Nome
- Ruolo
- Password

La figura successiva illustra come sono usati i dati di gestione nell'ambiente di Data Entry.



3.5 - La metainformazione

La metainformazione in generale costituisce la documentazione necessaria ad una corretta qualificazione del contenuto informativo stesso sia in termini di qualità, sia di riferimento alle fonti informative utilizzate (ad esempio, provenienza dei dati); è costituita da due categorie di dati relativi alle metainformazioni di istanza e di schema e relativi alla gestione complessiva della base dati. Tali informazioni sono inserite in parte contestualmente alla creazione di nuovi set di dati (*metacover*) e in gran parte contestualmente alla digitalizzazione delle geometrie.

3.5.1 - Metainformazione di istanza e di schema

La metainformazione riguarda aspetti di caratterizzazione del contenuto informativo:

- lo stato e la specificità di caratteristiche di rilevamento degli oggetti introdotti nella base dati:
 - metadati riguardanti singole istanze delle entità o gruppi di esse, definite nella base dati; possono riguardare il grado di attendibilità di certi dati, la fonte informativa di altri attributi, l'indicazione del rilevatore o del responsabile scientifico di una data porzione di territorio, la data del rilevamento, il supporto cartografico utilizzato e la relativa data di aggiornamento, etc. Una particolare categoria di metainformazione è costituita dai dati che riguardano gli aspetti di gestione della base dati : essi consentono infatti di mantenere traccia delle attività di inserimento dei dati relativamente alle diverse aree di rilevamento ed ai rilevatori preposti a questo compito, e di associare una serie di informazioni relative allo stato di controllo dei dati caricati.
 - metadati riguardanti lo schema della base dati e che permettono di gestire in modo controllato, ma nel medesimo tempo modificabile il dominio di alcuni tipi di attributi (è il caso ad esempio dei codici e della descrizione delle unità geologiche). Questa seconda categoria è realizzata tramite un insieme di tabelle che si differenziano in:
- lo stato e la variabilità dello schema fisico della base dati stessa (cataloghi e tabelle di configurazione).
 - cataloghi: insiemi predefiniti di istanze, quali ad esempio "unità geologiche" oppure "faglie". Sono stati introdotti per garantire l'omogeneità di descrizione e di identificazione rispetto a tutti gli utenti della base dati: si suppone perciò, ad esempio, che una data formazione o un dato membro della formazione siano qualificati a-priori rispetto all'inserimento in Base Dati della loro localizzazione sul territorio. Tali cataloghi sono aggiornabili ogniqualvolta nuovi elementi vengano riconosciuti (tabella 3.2).
 - tabelle di configurazione dei domini: consentono di modificare il dominio di alcuni attributi, rendendo perciò configurabile una porzione dello schema della base dati; ciò è stato introdotto per poter ridefinire elenchi di tipologie o classificazioni di proprietà che nel tempo potrebbero arricchirsi di nuovi valori, o essere rivisti a fini terminologici, senza per questo dover intervenire sulle procedure di gestione dell'interfaccia della base dati (tabella 3.3).

EID_UG	NOME_UG	CODICE	CLAS_UNIT	TIPO_ROC	S_TIPO	ETA_SUP	SIG_ETAS	SIG_ETA_SUP	ETA_INF	SIG_ETAI	SIG_ETA_INF
1	Calcani scuri in strati medi massic	50404	102	sedimentaria	lz	Pelsonico	0	PEL0	Aegeico	0	AEG0
2	Intercalazioni di camiole	50405	102	sedimentaria	lz	Pelsonico	0	PEL0	Aegeico	0	AEG0
3	Maiolica	61300	102	sedimentaria	fm	Agbiano	0	APT0	Titoniano Superiore	0	TT03
4	Dolomia a Conchodon	52700	102	sedimentaria	fm	Hettangiano	0	HET0	Hettangiano Inferiore	0	HET1
5	Dolomie stratificate di piattaforma in	12040	102	sedimentaria	lz	Alfanico	0	ALA0	Lacico	0	LAC0
6	Calcare di Sedrina	60100	102	sedimentaria	fm	Hettangiano Superiore	0	HET3	Hettangiano Superiore	0	HET3
7	Membro superiore calcarenitico cc	60110	102	sedimentaria	mb	Hettangiano Superiore	0	HET3	Hettangiano Superiore	0	HET3
8	Membro inferiore stratificato con se	60120	102	sedimentaria	mb	Hettangiano Superiore	0	HET3	Hettangiano Superiore	0	HET3
9	Coma	52600	102	sedimentaria	fm	Sinemuriano	0	SIN0	Retico	0	RHT0
10	Corpi intrusivi discordanti ("Porfidi	40446	102	igneo	fm	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
11	Dolomia di Zandobbio	60300	102	sedimentaria	fm	Titoniano	0	TT01	Sinemuriano	0	SIN0
12	Conglomerati prevalenti (CLLS4)	40340	102	sedimentaria	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
13	Facies carbonatico-evaporitiche (C	40352	102	sedimentaria	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
14	Arenarie prevalenti (CLLS2)	40360	102	sedimentaria	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
15	Alternanze di epiclastiti e vulcaniti	40380	102	sedimentaria	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
16	Vulcaniti intercalate (CLL07)	40390	102	igneo	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
17	Epiclastiti e breccie vulcaniche intr	40316	102	igneo	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
18	Ignimbriti da intermedie a acide (C	40318	102	igneo	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
19	Colate laviche basiche (Andestiti)	40314	102	igneo	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
20	Calcani biocostruiti e breccie facie:	50830	102	sedimentaria	lz	Longobardico	0	LOG0	Illirico	0	ILL0
21	Calcani in strati e banchi, di piattafo	50820	102	sedimentaria	lz	Ladinico	0	LAD0	Illirico	0	ILL0
22	Membro dell'Albiga facies peritida	50810	102	sedimentaria	mb	Fassanico	0	FAS0	Illirico	0	ILL0
23	Calcani in banchi, di piattaforma int	50822	102	sedimentaria	lz	Ladinico	0	LAD0	Illirico	0	ILL0
24	Calcani ben stratificati, di piattaform	50821	102	sedimentaria	lz	Ladinico	0	LAD0	Illirico	0	ILL0
25	Calcani "bemocolubi"	50410	102	sedimentaria	lz	Pelsonico	0	PEL0	Aegeico	0	AEG0
26	Vulcaniti di Auccia	40500	102	igneo	fm	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001
27	Facies siltosa	50401	102	sedimentaria	lz	Pelsonico	0	PEL0	Aegeico	0	AEG0
28	Facies dolomitica (peritidale)	50603	102	sedimentaria	lz	Pelsonico	0	PEL0	Aegeico	0	AEG0
29	Vernucano Lombardo	40600	102	sedimentaria	fm	Permiano Superiore	0	P002	Permiano Superiore	0	P002
30	Servino	50100	102	sedimentaria	fm	Olenekiano	0	OLE0	Induano	0	IND0
31	Camiola di Bovegno	50200	102	sedimentaria	fm	Aegeico	0	AEG0	Spathiano	0	SPA0
32	Calcare di Angolo	50400	102	sedimentaria	fm	Pelsonico	0	PEL0	Aegeico	0	AEG0
33	Banco a Brachiopodi	50710	102	sedimentaria	mb	Illirico	0	ILL0	Illirico	0	ILL0
34	Calcare del Dosso dei Morti	50620	102	sedimentaria	mb	Pelsonico	0	PEL0	Aegeico	0	AEG0
35	Calcare di Prezzo	50700	102	sedimentaria	fm	Illirico	0	ILL0	Illirico	0	ILL0
36	Calcare di Esino	50800	102	sedimentaria	fm	Julico	0	JUL0	Illirico	0	ILL0
37	Calcare Rosso	51300	102	sedimentaria	fm	Longobardico	0	LOG0	Longobardico	0	LOG0
38	Calcare Metallifero Bergamasco	51400	102	sedimentaria	fm	Julico	0	JUL0	Julico	0	JUL0
39	Formazione di Breno	51500	102	sedimentaria	fm	Camico Medio	0	CRN2	Julico	0	JUL0
40	Formazione di Gomo	51600	102	sedimentaria	fm	Camico Medio	0	CRN2	Julico	0	JUL0
41	facies marginali (dacitico-andestit	40447	102	igneo	lz	Permiano Inferiore	0	P001	Permiano Inferiore	0	P001

Tab 3.2 – Un estratto dal catalogo delle formazioni sedimentarie

livello	cod	descr
1	1	Tratto faglia
1	2	Contatto tettonico
1	3	Contatto non tettonico
1	4	Limite di esposizione/affioramento
1	5	Limite fittizio
1	6	Limite rilevamento
1	7	Limite fittizio di unita' strutturale
1	8	Limite di unita' strutturale
1	9	Limite emerso/sommerso
0	0	

Tab 3.3 – La tabella di configurazione per la definizione dell'attributo "tipo" agli archi dello shape (contenente limiti di formazioni, contatti tettonici etc.) UGFGA, quindi delle cover UNIGEO e FAGLIE

Per tali tipi di dati è stata predisposta un'interfaccia di consultazione ed aggiornamento cui può accedere un "utente" privilegiato ("Data Base Administrator").

Il Data Base Administrator; questa figura è individuata fra i geologi rilevatori e, dovendo intervenire su due architetture di database, ACCESS® e Info®, (il secondo "copia" del primo) e non essendo tenuto ad avere competenze informatiche specifiche, è supportato nell'inserimento e aggiornamento dei database da strumenti semplificati (menu e finestre in ambiente ArcView®), per l'esecuzione delle procedure richieste (Figura 3.5).

Trattandosi di una base dati Territoriale, prima di tutto viene definito il dominio della componente geometrica come "Territorio di Definizione della Base dati (Poligono)"; esso è costituito dall'unione di tutte le sezioni CTR a scala 1:10000 contenenti il territorio regionale della Regione Lombardia.

Il rilevamento, infatti, è effettuato riportando le informazioni sulle sezioni della Carta Tecnica Regionale a scala 1:10000. Nella definizione del contenuto della base dati CARG si è assunto che le immagini raster della CTR a scala 1:10000, opportunamente georeferenziate e mosaiccate, costituiscano a tutti gli effetti la base topografica di riferimento al vettoriale, mentre tutte le trasposizioni su cartografia diversa e su scale diverse verrà ottenuta per derivazione più o meno automatica dai dati di rilevamento stessi.

Inoltre sono introdotte entità che consentono di caratterizzare il contenuto informativo rispetto agli autori delle varie fasi di trattamento dell'informazione, cioè rilevamento, revisione, etc.

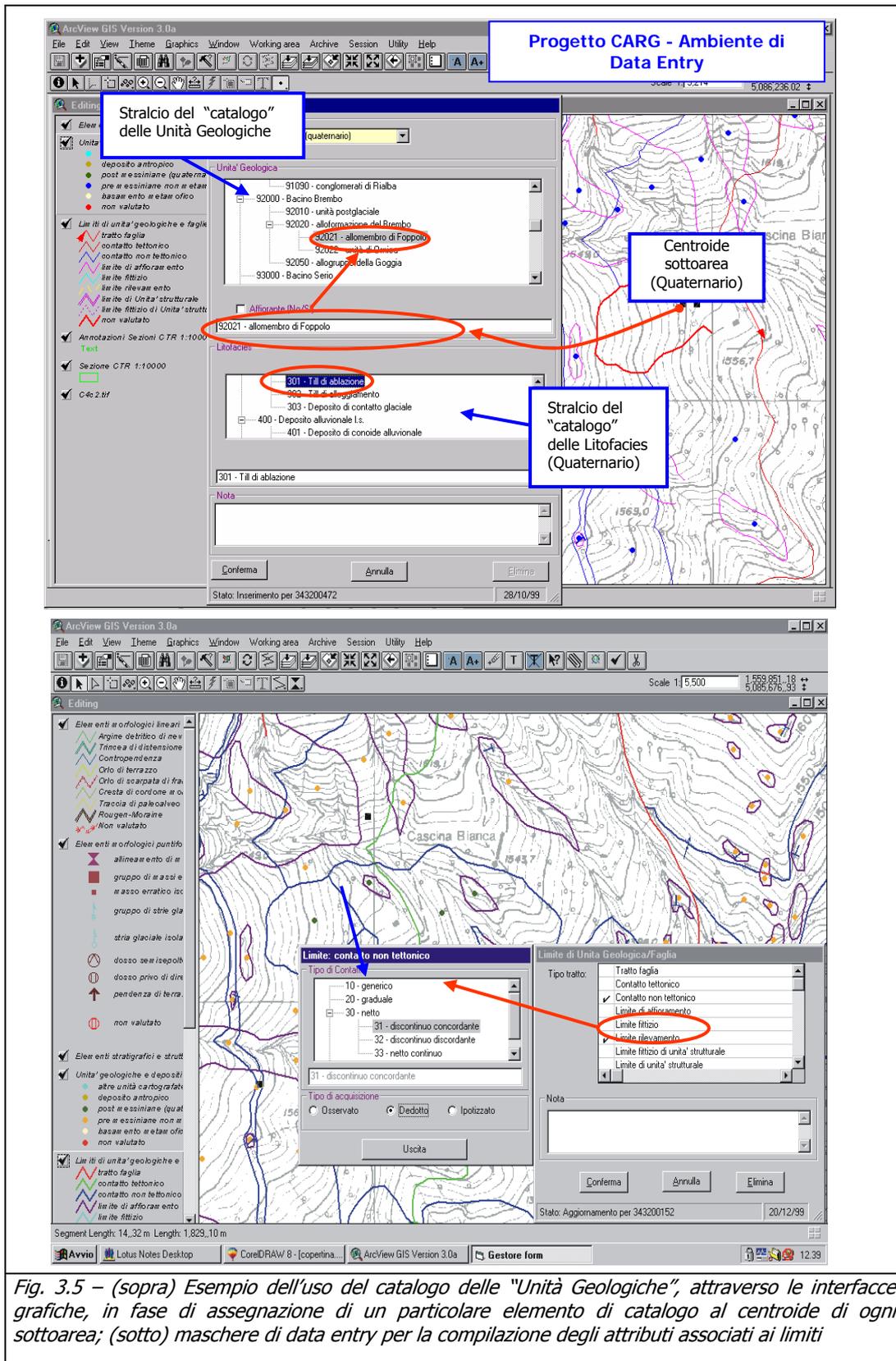


Fig. 3.5 – (sopra) Esempio dell'uso del catalogo delle "Unità Geologiche", attraverso le interfacce grafiche, in fase di assegnazione di un particolare elemento di catalogo al centroide di ogni sottoarea; (sotto) maschere di data entry per la compilazione degli attributi associati ai limiti

3.6 - Schemi strutturali riassuntivi - Aspetti generali

I diagrammi strutturali hanno la finalità di definire le relazioni che correlano le varie entità di una base dati. Trattandosi di una base dati geografica, le relazioni possono essere di natura esclusivamente alfanumerica oppure di tipo spaziale, evidenziando così vincoli o proprietà che devono essere rispettate dal punto di vista topologico, intendendo con "vincolo topologico", una relazione spaziale esistente tra specifici oggetti indipendentemente dalla loro forma.

Le notazioni di "relazione topologica" definite all'interno del modello GEO_ER sono già state introdotte negli schemi strutturali relativi alle varie entità ed alle situazioni più caratteristiche della sezione precedente e per esse è stata supposta una lettura intuitiva. Di seguito vengono definite in modo più specifico le relazioni topologiche utilizzate.

Relazione di intersezione non vuota: modella una situazione di intersezione tra le due entità stabilendo quindi una relazione sia topologica che semantica. In genere specifica un vincolo. L'intersezione può talvolta essere obbligatoria, cioè ogni istanza dell'entità E1 obbligatoriamente deve avere un'intersezione con l'entità E2. L'obbligatorietà può essere bilaterale.

Relazione di composizione: modella una situazione in cui la proprietà geometrica dell'entità E è derivata per unione delle componenti geometriche delle entità E1 ed E2. Il meccanismo di derivazione può essere ulteriormente specificato da una regola (R1)

Relazione di contenimento: modella la relazione di dipendenza dell'entità E2 rispetto all'entità E1, per cui per ogni occorrenza dell'entità E2 deve esistere un'occorrenza dell'entità E1 la cui proprietà geografica "contiene" la proprietà geografica di E2.

Relazione di contenimento parziale: il vincolo topologico espresso dalla relazione di contenimento può essere verificato solo in alcuni casi.

Relazione di contenimento in frontiera: il vincolo topologico di contenimento riguarda la frontiera (contorno di un poligono, nodo terminale di una linea) dell'entità E1

Qui di seguito i diagrammi GEO_ER dello schema strutturale, sono riportate le relazioni e alle regole di dipendenza fra le entità riportate nei paragrafi precedenti.

Diagramma Geo_Er - Elementi Geologici - Terzo Livello -

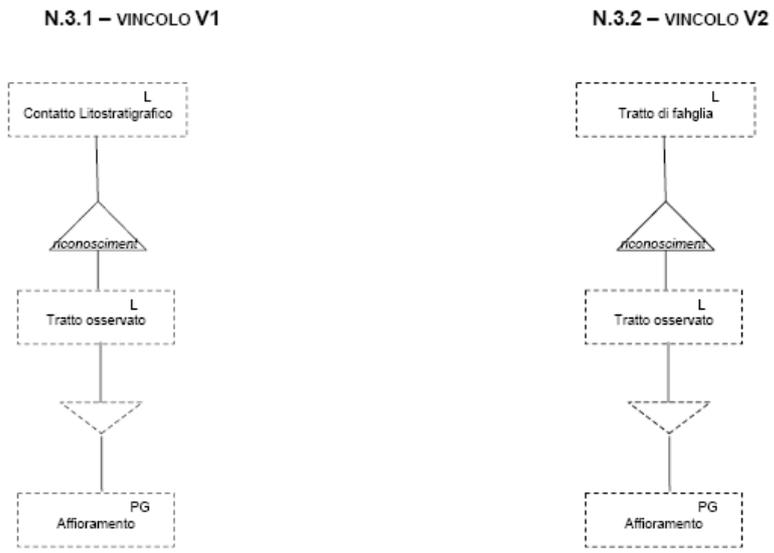
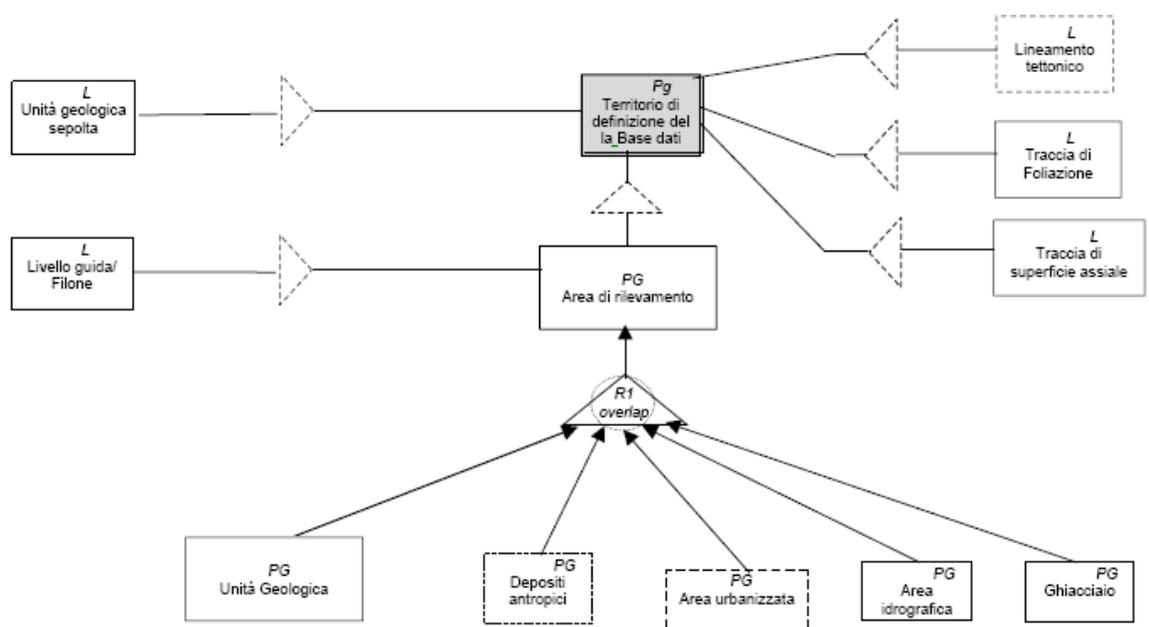


Diagramma Geo_Er - Elementi Geologici - Secondo Livello - N.4



R1: Regola di composizione specificato come vincolo di copertura nella definizione delle entità "Unità Geologiche e "Depositi antropici"

Diagramma Geo_Er - Elementi Morfologici - Secondo Livello - N.5

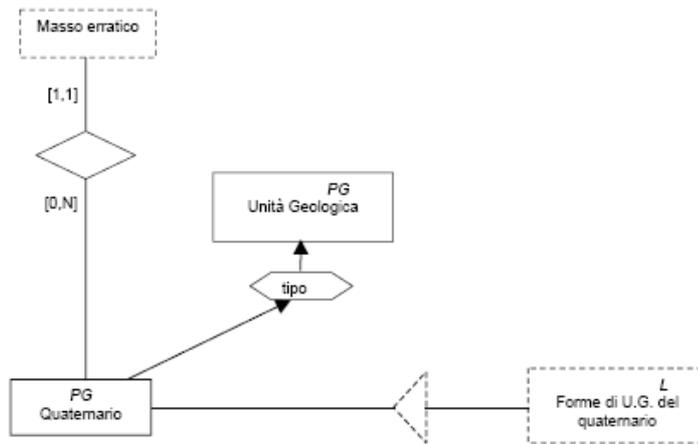


Diagramma Geo_Er - Elementi Di Studio - N.6

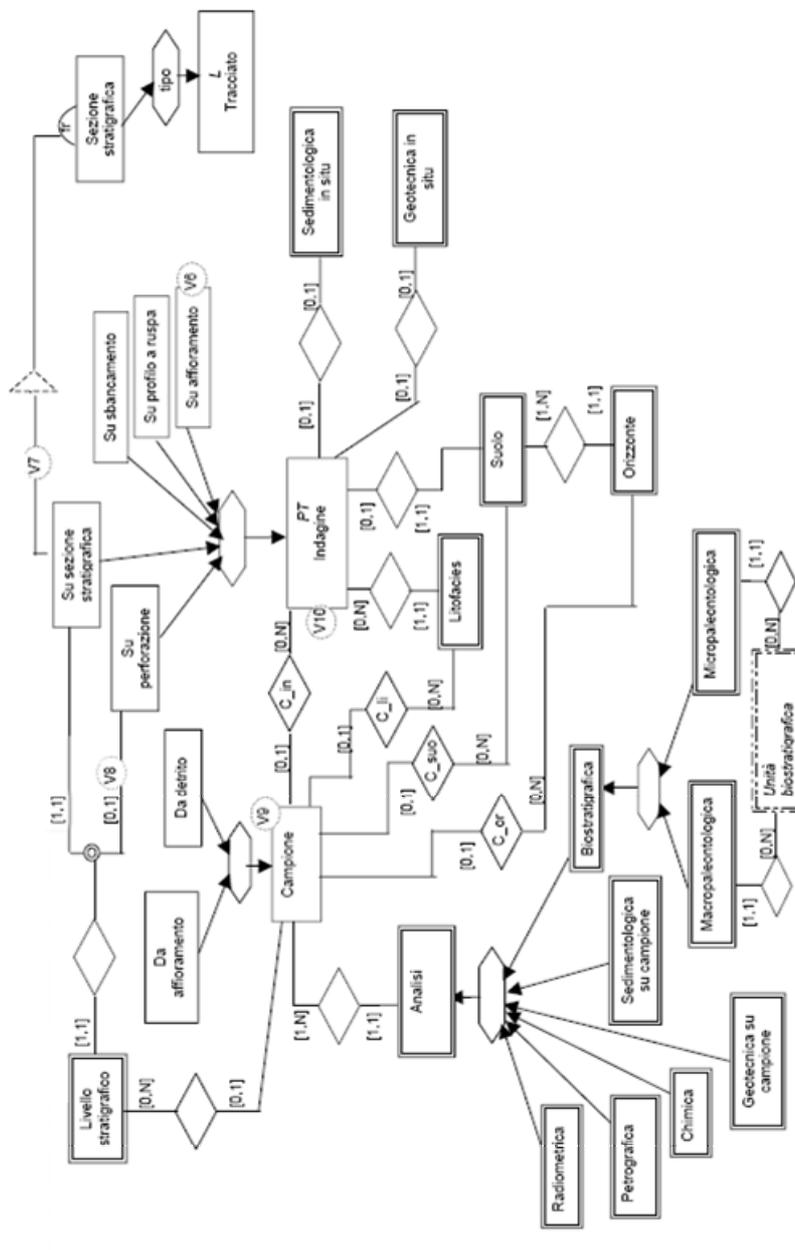


Diagramma Geo_Er - Elementi di Studio - N.7

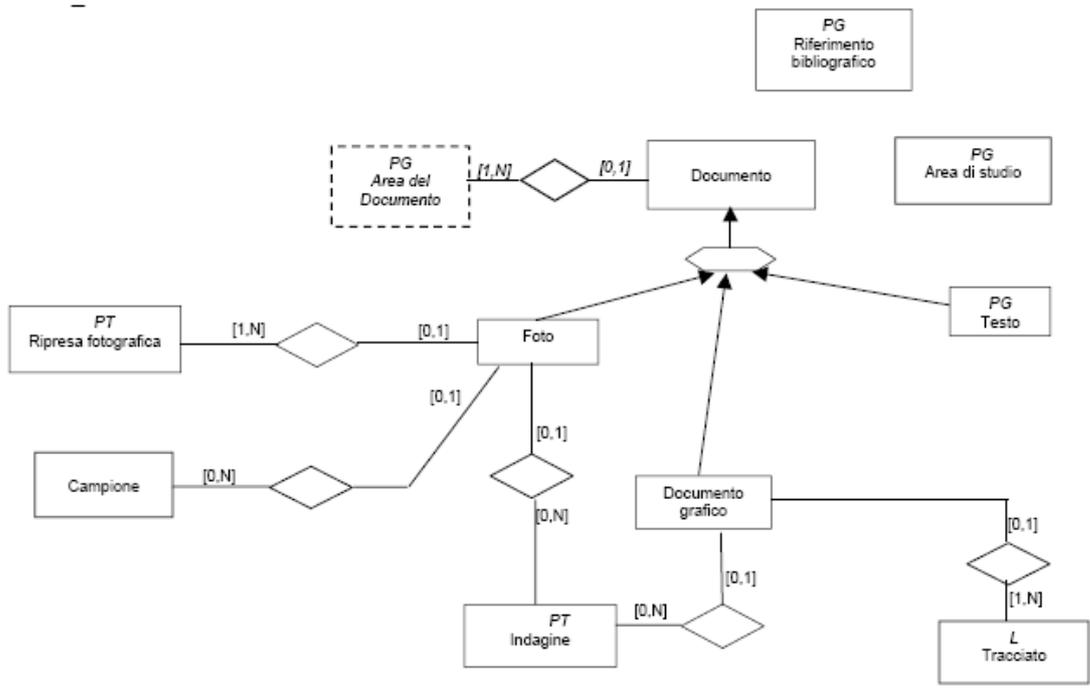
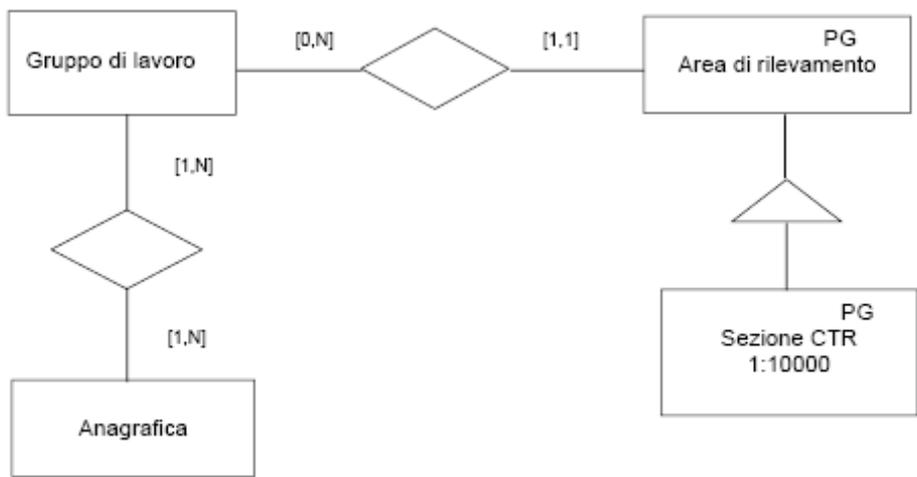
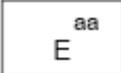
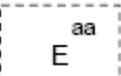
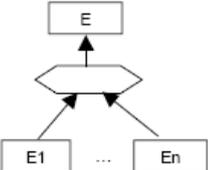
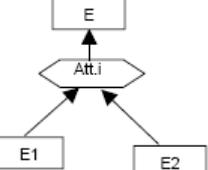


Diagramma Geo_Er - Metainformazione – Dati di Gestione - N.8



Legenda dei Diagrammi GEO_ER

Tipi di Entità			
	ENTITA': ogni sua istanza è univocamente identificabile nella realtà da rappresentare nella base di dati ed è rilevante per l'applicazione. Per un'entità esiste una chiave primaria.		
	ENTITA' CON ATTRIBUTO GEOMETRICO: è un'entità rappresentata sul territorio tramite un attributo geometrico principale "aa", dove "aa" può assumere i valori "aa" = "PG" se la proprietà geometrica associata è Poligono		
	ENTITA' CON ATTRIBUTO GEOMETRICO: è un'entità rappresentata sul territorio tramite <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; padding: 2px;">aa =</td> <td style="padding: 2px;">"PT" - se la proprietà geometrica associata è Punto "L" - se la proprietà geometrica associata è Linea "PT" - se la proprietà geometrica associata è Punto</td> </tr> </table>	aa =	"PT" - se la proprietà geometrica associata è Punto "L" - se la proprietà geometrica associata è Linea "PT" - se la proprietà geometrica associata è Punto
aa =	"PT" - se la proprietà geometrica associata è Punto "L" - se la proprietà geometrica associata è Linea "PT" - se la proprietà geometrica associata è Punto		
	ENTITA' DEBOLE: ogni sua istanza è dipendente da un'istanza di un'altra entità (detta entità forte) per la sua identificazione (es. gli orizzonti sono un'entità debole dell'entità forte sito di osservazione). La chiave primaria di un'entità debole è costituita dalla chiave dell'entità forte a cui è collegata e da un'insieme di attributi della stessa entità debole		
	AGGREGATO: è un insieme di attributi senza identificazione (es. l'insieme di attributi che descrivono il litotipo di un sito di osservazione). La sua chiave primaria è costituita dall'insieme di tutti gli attributi		
	GERARCHIA ISA: l'entità E (padre della gerarchia) è specializzata nelle varie entità E1 ... En, dotate di attributi propri e che ereditano gli attributi dell'entità padre. Così specificata la gerarchia risulta completa e senza sovrapposizione di proprietà tra le entità di ordine inferiore.		
	GERARCHIA ISA PARZIALE: l'entità E (padre della gerarchia) è specializzata, sulla base del valore dell'attributo <att.i> nelle varie entità E1 ... E2, dotate di attributi propri e che ereditano gli attributi dell'entità padre. Così specificata la gerarchia risulta parziale, in quanto le entità di ordine inferiore non esauriscono il dominio dell'attributo <att.i>, e senza sovrapposizione di proprietà tra le entità di ordine inferiore.		

Tipi di relazioni	
	<p>RELAZIONE: modella una associazione tra entità presente nella realtà da rappresentare. Può avere uno o più attributi. Ogni sua istanza è costituita dalla ennupla di istanze di entità legate dalla relazione. Tale ennupla costituisce anche parte integrante dell'identificatore di un'istanza di relazione. Le cardinalità della relazione <min, max> specificano il numero minimo e massimo di istanze di relazione alla quale partecipa una istanza dell'entità che partecipa alla relazione. Esiste una specifica delle cardinalità per ogni entità coinvolta nella relazione</p>
<u>Relazioni topologiche</u>	
	<p>RELAZIONE: modella una associazione tra entità presente nella realtà da rappresentare. Può avere uno o più attributi. Ogni sua istanza è costituita dalla ennupla di istanze di entità legate dalla relazione. Tale ennupla costituisce anche parte integrante dell'identificatore di un'istanza di relazione. Le cardinalità della relazione <min, max> specificano il numero minimo e massimo di istanze di relazione alla quale partecipa una istanza dell'entità che partecipa alla relazione. Esiste una specifica delle cardinalità per ogni entità coinvolta nella relazione</p>
	<p>RELAZIONE DI COMPOSIZIONE: modella una situazione in cui la proprietà geometrica dell'entità E è derivata per unione delle componenti geometriche delle entità E1 ed E2. Il meccanismo di derivazione può essere ulteriormente specificato da una regola (R1)</p>
	<p>RELAZIONE DI CONTENIMENTO: modella la relazione di dipendenza dell'entità E2 rispetto all'entità E1, per cui per ogni occorrenza dell'entità E2 deve esistere un'occorrenza dell'entità E1 la cui proprietà geografica "contiene" la proprietà geografica di E2.</p>
	<p>RELAZIONE DI CONTENIMENTO PARZIALE: il vincolo topologico espresso dalla relazione di contenimento può essere verificato solo in alcuni casi.</p>
	<p>RELAZIONE DI CONTENIMENTO IN FRONTIERA il vincolo topologico di contenimento riguarda la frontiera aaE1fr(contorno di un poligono, nodo terminale di una linea) dell'entità E1</p>

CAPITOLO 4 - CARG Regione-Lombardia: architettura funzionale e flusso dei dati

Premessa

Dopo aver visto nel Cap. precedente il contenuto informativo e lo schema concettuale, sono qui descritte le regole e procedure attraverso le quali questa viene creata dai geologi rilevatori, utilizzando gli strumenti e le interfacce grafiche del sistema CARGeo. Il sistema permette di disegnare le geometrie su base geografica, assegnare gli opportuni attributi, verificarne la correttezza geometrica, quindi procedere al disegno della carta geologica finale.

Introduzione

In questo capitolo è presentato l'ambiente CARGeo con la descrizione degli "ambienti" funzionali attraverso i quali il geologo è guidato nella trasformazione del dato in informazione geologica. Il lavoro di creazione della banca dati è suddiviso nei seguenti "ambienti operativi":

- **Data Entry:** attraverso le funzionalità di *editing* di ArcView® e maschere create con VisualBasic® avviene l'associazione di informazioni alfanumeriche alle geometrie inserite;
- **Gestione:** i dati sono controllati sia nella parte alfanumerica che geometrica (ambiente Arc/info®) rispetto alla loro consistenza con le regole topologiche e disciplinari alle quali devono essere conformati, quindi possono essere generalizzati (passaggio di scala), e derivati della struttura CARG-APAT.
- **Pubblicazione:** menu e macro create con il linguaggio AML (Arc/Info®) su piattaforma UNIX, permettono l'*output* di mappe geologiche e i file per la pubblicazione via WEB, con il corredo degli elementi di cornice (schemi, sezioni geologiche, legende, etc.) per la stampa di qualità.

Il sistema ha subito nel tempo fasi di adeguamento (inserimento nuovi campi, implementazione di procedure aggiuntive, etc.) in risposta alle esigenze emergenti. Questo ha comportato, di volta in volta, la distribuzione ai diversi *client* (geologi rilevatori sparsi sul territorio dotati del pacchetto CARGeo) delle versioni aggiornate dell'ambiente di *Data Entry* e ha previsto un necessario addestramento aggiuntivo per il corretto utilizzo. Allo scopo di supportare il lavoro di controllo delle singole banche dati (sezione 1:10.000) prima dell'inserimento nel *database* centralizzato, l'amministratore del sistema utilizza procedure di correzione ed adeguamento anche con strumenti creati *ad hoc*.

4.1 - Architettura funzionale

La progettazione del sistema è partita dalla definizione dell'utente "tipo" che lo avrebbe utilizzato, dalle possibili difficoltà che questi avrebbe incontrato sia nella fase di creazione del *database* che della sua consultazione, quindi ipotizzando successive elaborazioni e interazioni con altri *database*.

È stata quindi impostata l'architettura funzionale, la specifica cioè delle componenti funzionali costituenti l'interfaccia grafica alla base dati. Tale interfaccia permette di introdurre e interrogare in modo agevole dati organizzati secondo lo schema che caratterizza il contenuto informativo qui descritto.

L'utenza di questa banca dati è costituita da esperti disciplinari per i quali deve essere organizzato un ambiente per immissione di dati riferiti al territorio, garantendo il rispetto dei vincoli di consistenza topologica fra entità geometriche e richiedendo contemporaneamente una competenza informatica minima.

Tenuto conto dei criteri citati e della disponibilità delle tecnologie al tempo della progettazione, l'architettura *hardware/software* è composta da un *server* con Arc/Info® (versione 7.x) e numerosi *client* (con ArcView® 3.x, Visual Basic®, MS-Access®) per la creazione della base dati. Il *database* consolidato nel suo contenuto è centralizzato in un *server* dove sono effettuate le procedure di controllo finali, mentre la struttura *client* contiene le funzioni per la manipolazione dei dati in fase di immissione, controllo della loro correttezza e creazione degli elementi geometrici e descrittivi (legende, schemi, sezioni geologiche, etc. – vedi Fig. 4.4) della carta geologica vera e propria.

Dal punto di vista funzionale l'immissione dei dati della base geologica avviene principalmente in due fasi di lavoro:

- rasterizzazione e georeferenziazione delle carte di campagna (sezioni 1:10.000 CTR regionale);
- digitalizzazione dei dati rilevati; si ottiene così una "minuta" digitale direttamente dalla carta di campagna. Si accorcia in questo modo la catena di produzione saltando la fase di trasferimento del dato dalla minuta di campagna all'Originale d'Autore.

La verifica dei dati è di tipo formale e disciplinare:

- formale: controllo della correttezza in termini topologici e di vincoli;
- disciplinare: controllo delle proprietà alfanumeriche ed loro completamento con i dati ottenuti per interpolazione (sia per la fase di creazione alla scala 1:10.000 sia nelle successive generalizzazioni a scale minori).

Per supportare la prima fase è stato sviluppato un ambiente su piattaforma ArcView® 3.x, che consente l'inserimento dei dati, sia geometrici che alfanumerici; la seconda fase avviene avvalendosi di macro implementate nell'ambiente Arc/Info®, pilotabili attraverso interfacce utente costruite in ambiente ArcView® dove avviene la visualizzazione dei risultati per la valutazione e correzione degli errori e delle anomalie riscontrate.

Le procedure di controllo permettono di:

- costruire la banca dati nel formato cover (Arc/Info®);
- applicare i criteri per il controllo della correttezza topologica;
- introdurre eventuali attribuzioni di proprietà a tratti sui contorni o sulle linee;
- ottenere edizioni della carta geologica con plottaggi automatizzati.

Le componenti funzionali del sistema sono schematizzate nella figura 4.1, dove sono evidenziate le principali fasi di trasformazione dei dati, dall'immissione al consolidamento e riorganizzazione complessiva nella struttura fisica finalizzata all'elaborazione del prodotto cartografico di qualità.

4.2 - Trasposizione dal disegno concettuale al disegno fisico – L'applicativo CARGeo

Le regole generali per la trasposizione dallo schema concettuale a quello fisico sono delineate in questo paragrafo assieme alle caratteristiche degli ambienti di caricamento e di gestione e dell'insieme delle procedure di controllo predisposte per il *database*.

La regola semplice ma fondamentale riguarda la connessione tra la componente geografica e la componente descrittiva: ad ogni elemento geometrico di una data copertura corrisponderà univocamente un record nel *database*.

L'insieme delle operazioni di popolamento della banca dati strutturata è suddiviso negli **ambienti** (fig. 4.1):

- **Data Entry**
- **Gestione**
- **Pubblicazione**

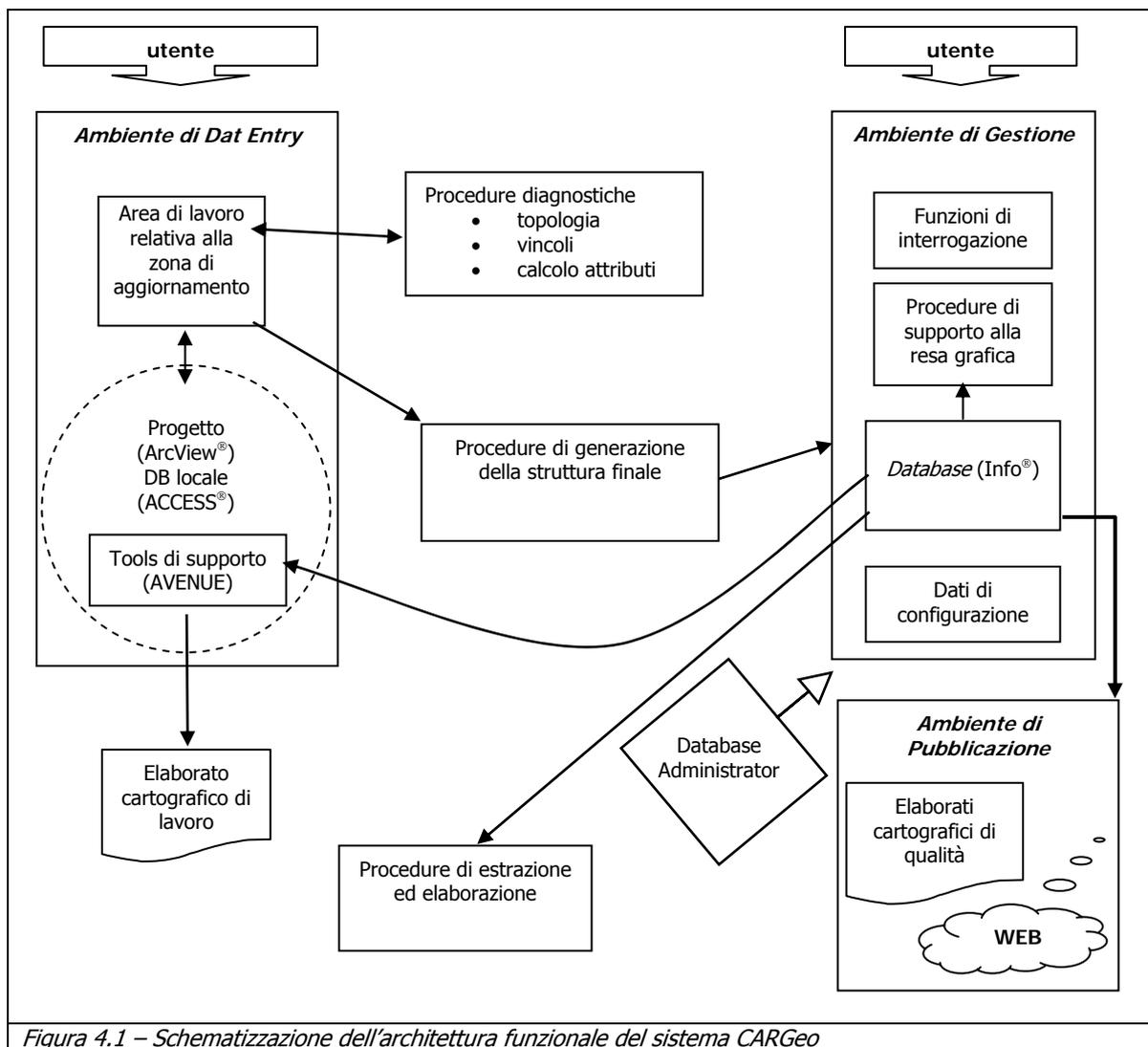


Figura 4.1 – Schematizzazione dell'architettura funzionale del sistema CARGeo

4.2.1 - Ambiente di Data Entry

L'applicativo costruito sulla piattaforma ArcView® è funzionalmente predisposto per:

- immissione non conflittuale di dati da parte di più utenti nell'ambito di una stessa sezione CTR 1:1000;
- flessibilità nella possibilità di completare il lavoro per sessioni anche prolungate nel tempo o per l'introduzioni parziali dei dati.

Per la componente geometrica è stato scelto il formato *shapefile* proprietario di ArcView® anche per la sua facile gestione, manipolabilità e trasferibilità, mentre la componente descrittiva è contestualmente acquisita tramite una interfaccia, sviluppata in Visual Basic®, integrata nell'ambiente di acquisizione geometrica. I dati alfanumerici, mediante interfacce grafiche, sono memorizzati su strutture ACCESS® (file MDB).

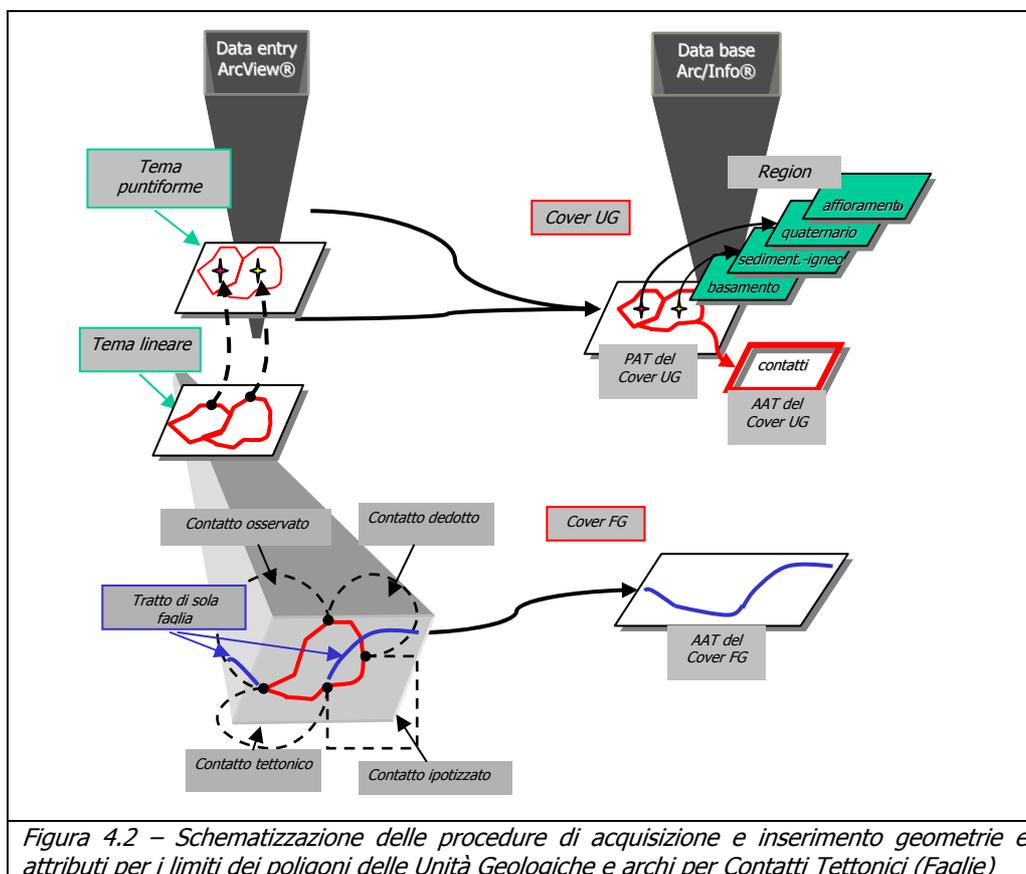
Il trattamento delle regole di composizione e dei vincoli di consistenza topologica, come definito nello schema concettuale, prevedono regole "forti" di consistenza topologica che rendono interdipendenti le entità:

- Unità Geologica
- Deposito di origine antropica
- Affioramento
- Faglia
- Unità strutturale

Le geometrie relative a queste entità vengono acquisite, operando opportunamente con componenti geometriche elementari (punti, linee e poligoni), secondo una modalità che consente di mantenere tale consistenza già nella fase di digitalizzazione. In particolare la costruzione dei poligoni avviene tracciando prima gli archi che li delimitano, quindi, nello strato informativo opportuno, inserendo i punti interni al poligono i cui attributi costituiscono il contenuto informativo dell'intero poligono una volta trasformati i due *shapefile* nella *coverage* poligonale (Arc/Info®).

Nella struttura definitiva per tali entità sono definiti strati informativi che consentono di visualizzare separatamente gli oggetti elencati.

Nella figura 4.2 è schematizzata la modalità di acquisizione della copertura completa relativa alle Unità Geologiche e dei Depositi Antropici e, contestualmente, dei diversi tipi di limite con gli opportuni attributi.



Per quanto riguarda le giaciture di alcuni elementi (sottotipi degli "elementi strutturali e stratimetrici" acquisiti in un unico tema) e gli elementi morfologici, sono previste procedure aggiuntive che verificano, a posteriori, il rispetto dei vincoli topologici che insistono su di esse.

Per garantire la possibilità, che non costituisce vincolo, di attestare alcune aree su porzioni di altri elementi di tipo lineare è prevista l'introduzione in modo separato di contorni e centroidi; in questi casi vengono applicati, in un tempo successivo, i controlli necessari alla ricostruzione dei poligoni con esito topologicamente corretto; è il caso, ad esempio, delle aree interessate da "Processi Geologici Particolari" che per porzioni del loro contorno possono attestarsi su tratti di limite di Unità Geologiche.

4.2.1.1 - La strutturazione dei dati: dal data entry alla base CARG_RL

Il trattamento dei dati introdotti utilizzando l'ambiente di *Data Entry* prevede la conversione degli *shapefile* in *cover* Arc/Info® e l'esecuzione contestuale di un insieme di procedure di controllo la cui funzione si può riassumere come segue:

- ripartizione degli oggetti acquisiti come un solo *shape* sui diversi *cover* previsti (è il caso, in particolare, dei contorni delle unità geologiche e delle faglie);
- ricostruzione dei *cover* poligonali partendo dagli *shape* di linee di contorno e di punti o "centroidi" (ad es. unità geologiche);
- verifica del rispetto dei vincoli definiti nella specifica dei contenuti; scopo di tali procedure è il controllo dei vincoli topologici e delle regole di compatibilità dei valori degli attributi; ad esempio:
 - una giacitura di superficie primaria di tipo "faglia" deve essere contenuta in un intorno definito del tratto di faglia più vicino (vincolo topologico);
 - un tratto di limite "osservato" deve essere contenuto in un poligono di "affioramento" o nella sua frontiera. (vincolo sugli attributi);
- costruzione delle entità derivabili definite come sovrastrutture delle coperture di base (ad esempio come *region* di *cover* poligonali o come *route* di *cover* lineari)

4.2.1.2 - Le componenti funzionali di supporto e di controllo

Il passo successivo alla digitalizzazione della componente geometrica e all'acquisizione della componente alfanumerica di ogni oggetto presente sulla minuta è la costruzione a partire dagli *shapefile* dei *cover* che costituiranno la base dati definitiva e l'evidenziazione di eventuali errori concettuali o geometrici di digitalizzazione.

Per ogni tema d'acquisizione o per gruppi di temi caratterizzati da vincoli geometrici è predisposto un insieme di procedure di controllo (sia in ambiente ArcView® che Arc/Info®), dalla verifica della consistenza tra dati geometrici e dati alfanumerici, al controllo di congruenza dei vincoli geometrici o alfanumerici, alla ricostruzione della struttura fisica finale. Le procedure di controllo devono essere attivate secondo un ordine predefinito. L'esecuzione di ogni procedura comporta la generazione di dati diagnostici, in genere *cover*, che evidenziano le anomalie. Funzioni specifiche consentono all'utente di analizzare e, una volta effettuata la verifica, cancellare tali informazioni diagnostiche.

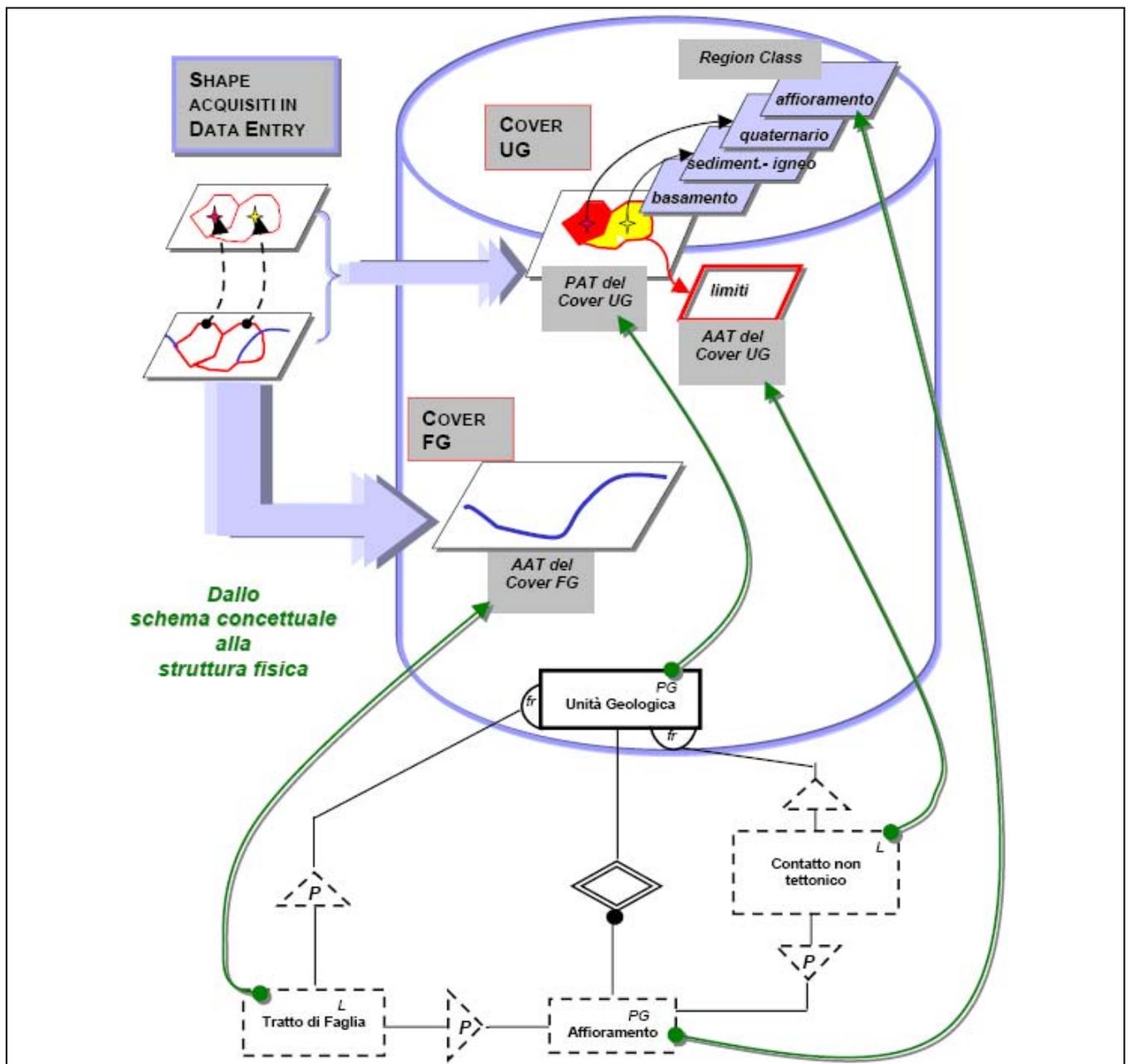


Fig. 4.3 Dallo schema concettuale alla struttura fisica della Base Dati finale: relazioni tra lo schema concettuale e la struttura fisica del data base. L'esempio descrive il flusso dei dati dall'ambiente di Data Entry all'ambiente di Gestione. Sono schematizzate le relazioni tra lo schema concettuale e la struttura fisica della Base Dati per le Unità Geologiche (affioramenti) e contatti tettonici e non tettonici.

4.2.2 - Ambiente di gestione

L'ambiente di Gestione utilizza, per la parte geometrica e topologica, le funzionalità di Arc/Info®, ed è presupposta, come vincolo, la correttezza e l'integrità dei dati secondo le specifiche dello schema concettuale.

Per il passaggio dei dati dall'ambiente di *Data Entry* all'ambiente di Gestione, sono state predisposte procedure di controllo e di diagnosi delle anomalie, sia dal punto di vista geometrico che descrittivo, e procedure di correzione. Le procedure sono strutturate in modo che il controllo possa essere ripetuto fino al raggiungimento del risultato soddisfacente. Ad esempio, nella costruzione delle coperture poligonali, Arc/Info® segnalerà la presenza degli archi "appesi" (non connessi con altri archi) e della presenza di poligoni con doppi centroidi; questo potrebbe accadere quando gli archi dei limiti geologici di un poligono non sono chiusi a delimitare l'area prevista. Il centroide (punto) con l'attributo del poligono stesso, si troverà a cadere in un'area risultante dall'unione di due poligoni adiacenti, insieme ad un altro centroide (figura 4.3).

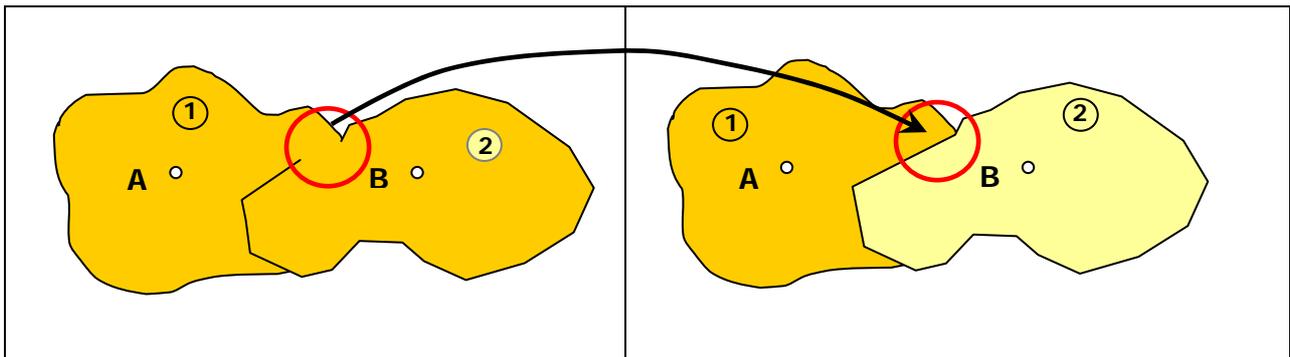


Fig. 4.3 – A sinistra gli archi che dovrebbero definire due poligoni (1 e 2) i cui centroidi digitalizzati in uno shape puntiforme ne contengono gli attributi (A e B, pallini bianchi). L'arco aperto (evidenziato nel cerchio) impedisce ad Arc/Info® di costruire la topologia poligonale corretta (disegno a destra). In questo caso il sistema segnalerà la presenza dell'arco "appeso" per l'individuazione dell'errore e la presenza di due centroidi nell'unico poligono creato che, arbitrariamente, acquisirà (nell'esempio) gli attributi (1) del centroide (A), ma che potrebbero anche essere gli attributi (2) del centroide (B).

L'ambiente di gestione presuppone la presenza di un amministratore per il controllo continuo dello stato e dell'evoluzione della base dati, nonché per l'aggiornamento delle eventuali nuove regole di controllo della costruzione delle geometrie.

4.2.3 - Ambiente di Pubblicazione

La pubblicazione del database geologico avviene attraverso mappe cartacee "tradizionali" o via WEB (figura 4.5 e 4.6). La scala di pubblicazione va da quella con cui sono inseriti i dati (1:10.000) secondo il taglio regionale (sezioni CTR), oppure secondo il taglio della suddivisione del territorio nazionale in fogli 1:50.000 (griglia IGM nazionale). Attraverso il portale regionale (www.cartografia.regione.lombardia.it/carg) è scaricabile la banca dati alla scala di dettaglio.

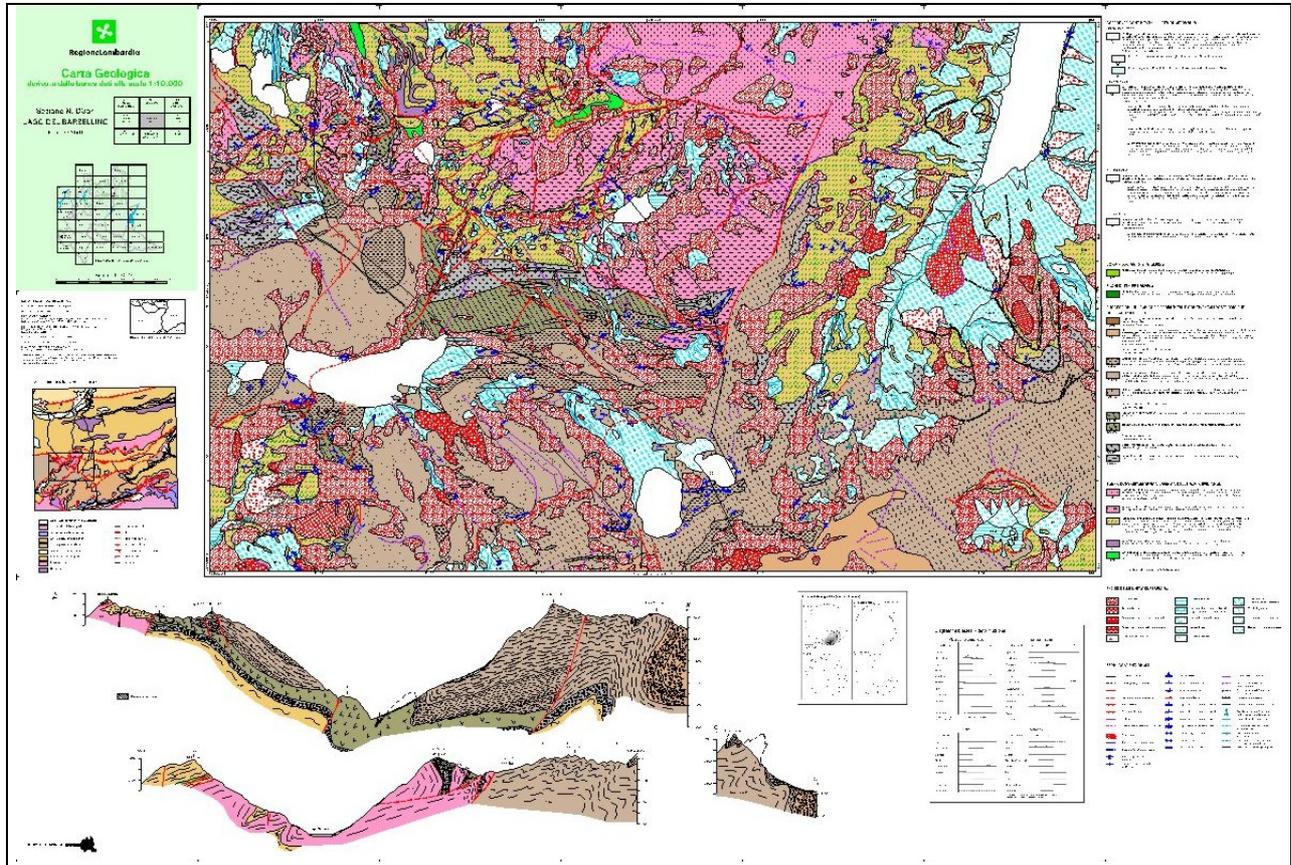


Fig 4.4 – Aspetto della carta geologica alla scala 1:10.000 pubblicata da Regione Lombardia secondo uno schema predefinito. I geologo rilevatore una volta disegnati schemi, sezioni e compilate le legende (con strumenti e metodi di supporto appositamente predisposti), disegna a schermo il layout di stampa producendo lui stesso il prodotto finale.

Riassumendo, attraverso l'interfaccia utente CARGeo, il geologo:

- crea gli elementi della carta finale (area cartografata, schemi, legende, sezioni, etc – fig 4.7)
 - compone il *layout* di stampa per la scala prescelta
 - lancia la procedura di stampa del prodotto finito
- oppure
- lancia la procedura di creazione dei file per la pubblicazione via WEB.

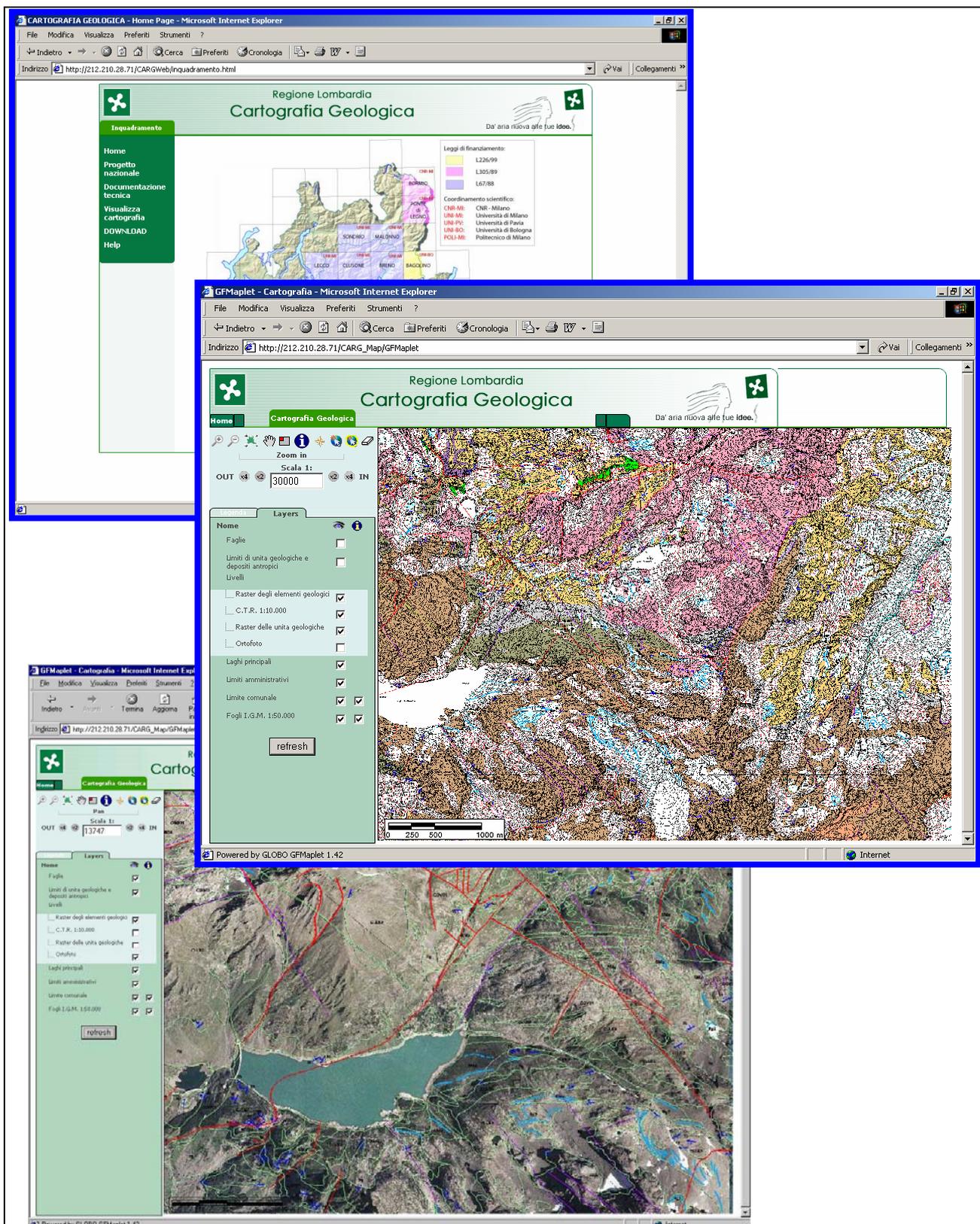


Fig 4.5 – Portale cartografico dedicato al progetto CARG della Regione Lombardia; interagendo con oggetti, finestre e menu a tendina, l'utente visualizza alla scala preferita (compatibilmente con i limiti imposti dalla leggibilità della mappa) gli elementi contenuti nella banca dati geologica regionale, sovrapponendoli eventualmente alle ortofoto digitali o alla carta tecnica regionale in formato raster e può, infine, scaricare l'immagine della carta geologica della sezione CTR prescelta o il dato geologico in forma di shapefile per un utilizzo in locale attraverso strumenti GIS

4.3 - Generalizzazione e Derivazione

Per il passaggio di scala, sono eseguiti controlli funzionali alla gestione di una unica banca dati sia per la scala di acquisizione (1:10.000 segnalata in banca dati dal campo *Flag10*) sia per quella di sintesi (1:25.000 segnalata in banca dati dal campo *Flag25*). È possibile quindi, a partire dalla banca dati di base alla scala del rilevamento (dettaglio di scala 1:10.000) creare la banca dati derivata alla scala minore in qualsiasi momento.

La condivisione della banca dati è estesa anche a tutto ciò che riguarda i dizionari e i cataloghi già previsti per la scala al 10.000, arricchiti di attributi che definiscono il comportamento delle geometrie e informazioni nel corso del processo.

Il processo di derivazione avviene gradualmente, ogni volta che una sezione al 10.000 è terminata, anziché attendere l'acquisizione complessiva di tutte le sezioni CTR che compongono un foglio IGM 50.000.

Un aspetto fondamentale per l'impostazione del lavoro è la scelta della cartografia di riferimento per l'ambiente di derivazione. Nonostante l'acquisizione della carta geologica alla scala 1:10.000 si sia basata sulla cartografia CTR 1:10.000 è stata scartata l'ipotesi di lavorare sulla base topografica CT50 (*raster* alla scala 1:50.000 dedotto dal vettoriale CTR 1:10.000) e si è deciso di effettuare la derivazione sulla base topografica IGM 1:50.000 essendo vincolante per la consegna al Servizio Geologico Nazionale.

I passaggi che portano i dati rilevati alla scala 1:10.000 alle scale inferiori, consistono in un processo ciclico di controlli che comprende i passaggi già previsti per la scala 1:10.000:

- Controlli di Congruenza Alfanumerica con la struttura del *database*;
- Controlli Geometrici per la congruenza topologica

ma soprattutto,

- Controlli per l'"aggancio" fra geometrie appartenenti a sezioni adiacenti che compongono un medesimo foglio;
- Sintesi Disciplinare per la verifica degli attributi nel passaggio di scala

4.3.1 - Sintesi Disciplinare

La sintesi disciplinare è la procedura di allineamento delle geometrie attribuite dal geologo (per la visibilità delle geometrie alle scale 1:10.000 e 1:25.000) a regole prefissate per la generalizzazione alla scala 1:25.000. Il sistema verifica, attraverso un processo interattivo, la correttezza di quanto indicato dal geologo proponendo le eventuali correzioni; quindi assegna la corretta attribuzione alla scala minore conformemente al livello gerarchico previsto.

Il passaggio di scala tiene conto oltre che dei criteri cartografici di visibilità e discriminabilità geometrica, anche di quanto previsto dalla struttura del *database* APAT (Quaderno 6), con la presenza o assenza di entità che, distinte nel *database* regionale (più ricco vista la scala di dettaglio), dovranno essere accorpate nel *database* nazionale.

È quindi possibile derivare una banca dati di minore dettaglio pur mantenendo la struttura originaria del *database* costruito alla scala 1:10.000 e, in un passaggio successivo, creare la struttura di *database* secondo le specifiche CARG-APAT.

Anche in questo passaggio il rilevatore è autonomo nelle procedure da eseguire; le tabelle di conversione che stanno alla base del processo di generalizzazione e di derivazione della banca dati, saranno invece gestite dall'amministratore del database che, compilando tabelle alfanumeriche, definirà le regole disciplinari applicate poi dalle procedure semiautomatiche di creazione delle geometrie e delle tabelle di supporto.

4.4 – L'Interfaccia grafica di CARGeo

Il sistema integrato CarGeo è stato sviluppato per permettere l'inserimento dei dati raccolti sul terreno dai geologi rilevatori nella banca dati geologica, consentendo la creazione di elementi grafici con i relativi attributi alfanumerici per i diversi tematismi geologici a scala 1:10.000 integrati in una base dati geografica.

L'interfaccia grafica di inserimento dati di CarGeo è composta da due ambienti di lavoro principali, uno relativo ai dati di tipo geometrico e l'altro ai dati di tipo alfanumerico. I due ambienti sono strettamente correlati ed il passaggio dall'uno all'altro avviene in modo automatico, a seconda dei dati che devono essere immessi. CARGeo mette in connessione un *database* Access® con ArcView® (di cui si presuppone una conoscenza delle principali funzionalità a livello elementare); i dati di tipo geometrico vengono inseriti con gli strumenti di ArcView® opportunamente personalizzati mentre una serie di maschere consente di assegnare ai singoli elementi geometrici, attributi già codificati in tabelle Access®, e memorizzarli nel *database*. La struttura dati di ArcView® (*shapefiles*) può essere esportata verso i formati di ArcInfo® per una completa integrazione con gli altri strati informativi ed elementi del Sistema Informativo Territoriale e cartografico regionale.

Il flusso dei dati, dalla digitalizzazione e controllo fino alla strutturazione nelle banche dati definitive (struttura CARG-Regione Lombardia e CARG-APAT), coinvolge una serie di ambienti fra loro collegati e gestiti in autonomia dal geologo rilevatore; di seguito sono descritti sinteticamente le fasi di lavoro, gli strumenti di supporto, i criteri e le logiche di trasformazione dei dati.

L'accesso al sistema avviene attraverso l'interfaccia ArcView®, mediante un'interfaccia utente di inserimento dati e attivazione delle procedure di controllo e creazione del *database* definitivo. Gli utenti, predefiniti, sono autorizzati all'inserimento attraverso una *password*. La definizione degli utenti compete ai responsabili per l'informatizzazione. Dopo l'identificazione nella vista di Inquadramento (Figura 4.6) il territorio della Regione Lombardia è suddiviso nelle sezioni della Carta Tecnica Regionale (CTR) 1:10.000; dopo la scelta della sezione di interesse, sono caricati i dati eventualmente già inseriti per la prosecuzione del lavoro e/o attivate le funzioni per la creazione di una nuova sessione di lavoro.

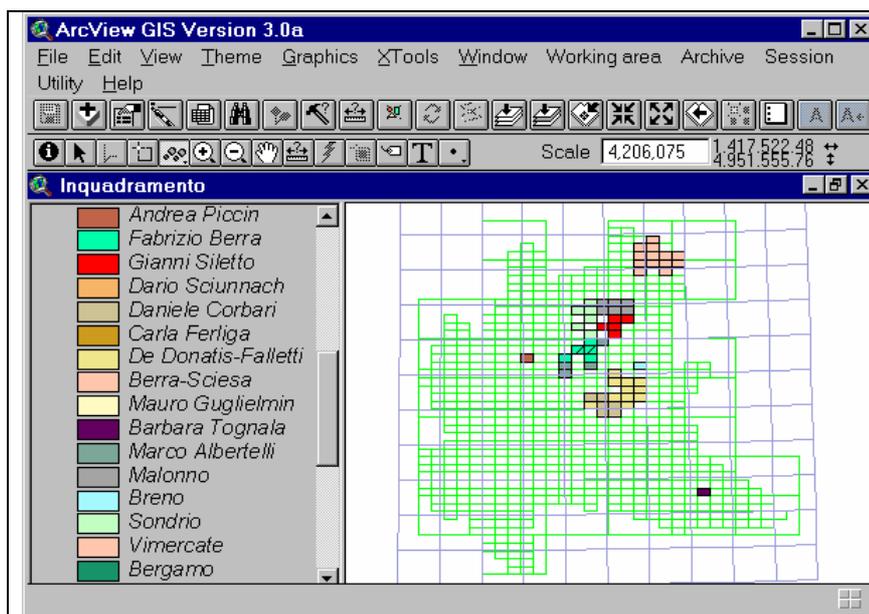


Fig. 4.6 Interfaccia grafica CARGeo su piattaforma GIS ArcView®. Schermata di apertura con l'inquadramento regionale. Sono evidenziate le sezioni CTR 1:10.000 assegnate ai diversi rilevatori. A sinistra è indicato il responsabile o la denominazione del gruppo di rilevatori incaricati della realizzazione del rilevamento e inserimento dei dati nel database. L'amministratore del sistema assegna le sezioni aggiornando le tabelle di supporto nel file .mdb centralizzato.

Tutti gli elementi geologici previsti nella banca dati sono stati raggruppati (in funzione dello schema concettuale e delle caratteristiche del *software* utilizzato) in una serie di temi caricabili nella vista di *Editing* tramite la maschera "Scelta Temi" (Figura 4.8).

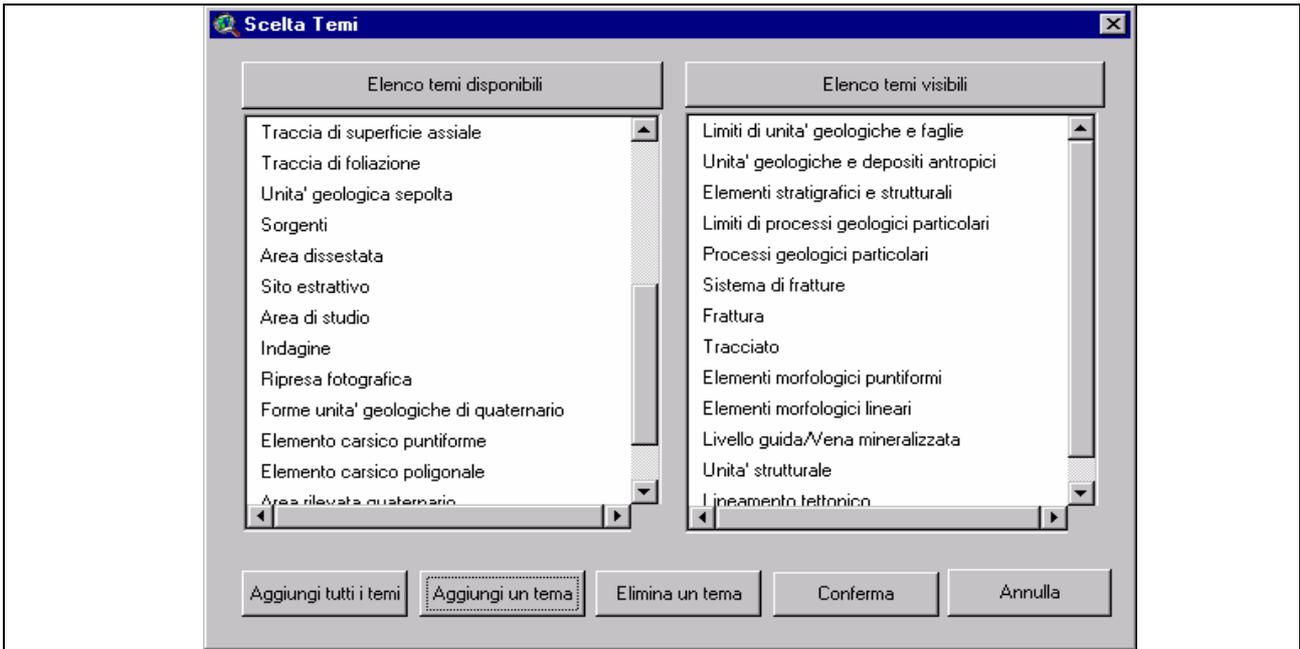


Fig 4.8 - Elenco dei temi disponibili per l'inserimento o aggiornamento nell'ambiente di inserimento

Effettuate le procedure di scelta dell'area e dei temi da aggiornare o da riempire con le geometrie, comparirà la finestra di *Editing* nella quale ha inizio la fase di digitalizzazione vera e propria. Nel corso della digitalizzazione, dovrà essere anche indicata la scala (10.000 o 25.000) alla quale l'elemento sarà visibile (fig 4.9).

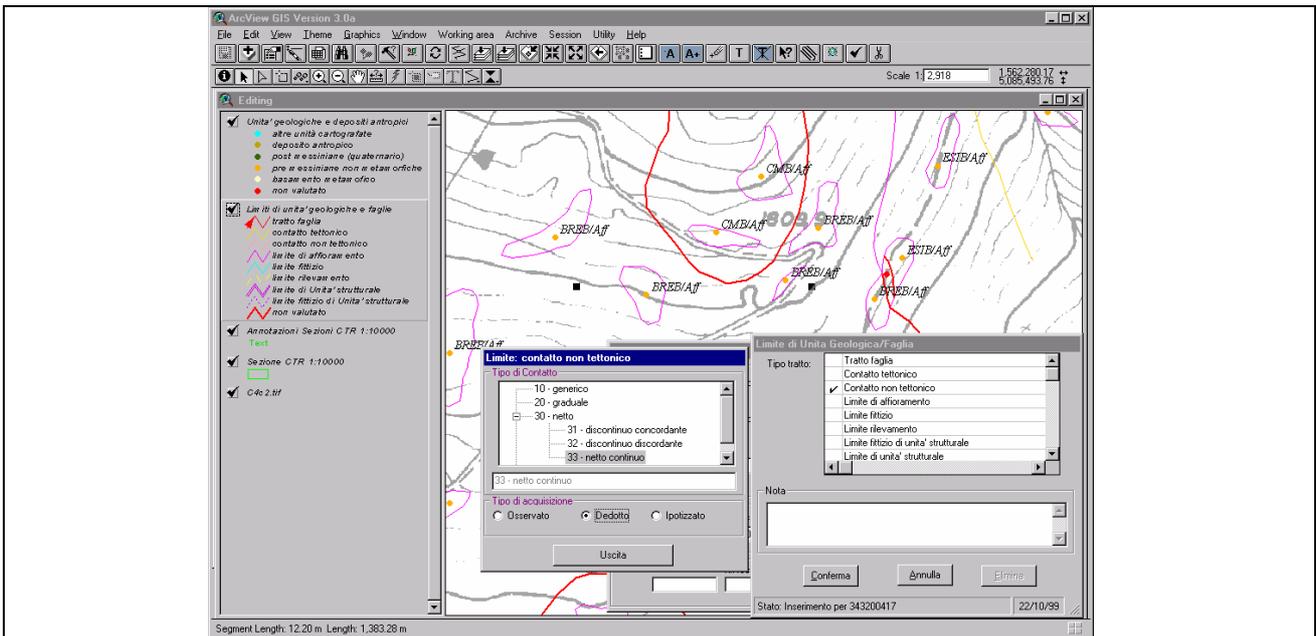


Fig. 4.9 - Esempio di modalità di attribuzione, dopo la digitalizzazione a schermo, del limite di tipo "contatto non tettonico, netto continuo" con attributo "dedotto"

La carta geologica è composta, oltre che dalla mappa vera e propria, anche da altri oggetti grafici. Tali oggetti in CARGeo costruiti ex novo dal geologo (sezione geologica, schema strutturale, schema stratigrafico, colonna stratigrafica) o dedotti direttamente dai dati caricati nei temi Arcview predisposti per l'ambiente di acquisizione (legenda, schema rilevatori) (Fig. 4.10).

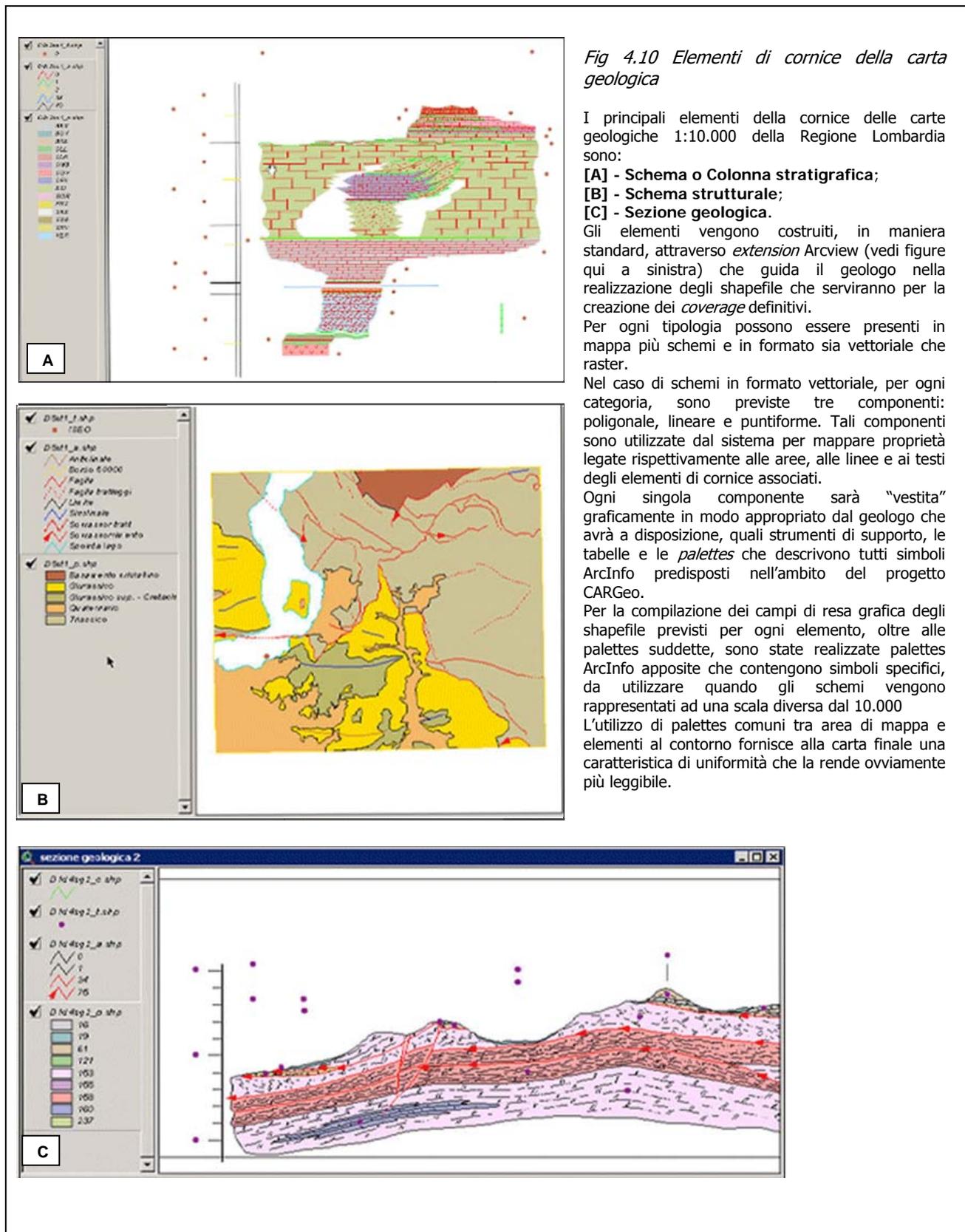


Fig 4.10 Elementi di cornice della carta geologica

I principali elementi della cornice delle carte geologiche 1:10.000 della Regione Lombardia sono:

- [A] - Schema o Colonna stratigrafica;
- [B] - Schema strutturale;
- [C] - Sezione geologica.

Gli elementi vengono costruiti, in maniera standard, attraverso *extension* Arcview (vedi figure qui a sinistra) che guida il geologo nella realizzazione degli shapefile che serviranno per la creazione dei *coverage* definitivi.

Per ogni tipologia possono essere presenti in mappa più schemi e in formato sia vettoriale che raster.

Nel caso di schemi in formato vettoriale, per ogni categoria, sono previste tre componenti: poligonale, lineare e puntiforme. Tali componenti sono utilizzate dal sistema per mappare proprietà legate rispettivamente alle aree, alle linee e ai testi degli elementi di cornice associati.

Ogni singola componente sarà "vestita" graficamente in modo appropriato dal geologo che avrà a disposizione, quali strumenti di supporto, le tabelle e le *palettes* che descrivono tutti simboli ArcInfo predisposti nell'ambito del progetto CARGeo.

Per la compilazione dei campi di resa grafica degli shapefile previsti per ogni elemento, oltre alle *palettes* suddette, sono state realizzate *palettes* ArcInfo apposite che contengono simboli specifici, da utilizzare quando gli schemi vengono rappresentati ad una scala diversa dal 10.000.

L'utilizzo di *palettes* comuni tra area di mappa e elementi al contorno fornisce alla carta finale una caratteristica di uniformità che la rende ovviamente più leggibile.

Sono sfruttati gli strumenti di editing di ArcView® attraverso cui, nella fase di inizializzazione del sistema, è creato un primo set di strati informativi in formato *shapefile*. I *cover*, alla scala 1:10.000 e, dopo l'applicazione delle procedure di generalizzazione, 1:25.000, costituiscono il risultato finale delle procedure di controllo (ambiente di gestione). Attraverso ArcPlot® i *cover* saranno utilizzati per la rappresentazione cartografica (tradizionale e via WEB) della carta geologica (Tabella 4.1).

Gruppo	Tema di acquisizione	Tipologia	Shape	Cover derivati	tabella
1	Limiti di Unità Geologiche e faglie	lineare	Ugfga	UNIGEO (FAGLIE)	fg_sgrl_con
1	Unità Geologiche e depositi antropici	puntiforme	Ugl	UNIGEO	ug_sgrl_con
1	Aree antropiche	poligonale	Aay	UNIGEO	aa_sgrl_con
2	Elementi stratigrafici e strutturali	puntiforme	Stp	GIAC	st_sgrl_con
3	Limiti di processi geologici particolari	lineare	Pga	PROGEO	
3	Processi geologici particolari	puntiformi	Pgl	PROGEO	pg_sgrl_con
4	Tracciato (<i>sezioni geologiche, etc</i>)	lineare	Tra	TRACC	
4	Livelli guida/Vena mineralizzata	lineare	Lga	LIVGUI	lg_sgrl_con
4	Lineamento tettonico	lineare	Lta	LINTETT	lt_sgrl_con
4	Traccia di superficie assiale	lineare	Tsa	TRSUPASS	ts_sgrl_con
4	Traccia di filiazione	lineare	Tfa	TRFOL	tf_sgrl_con
4	Unità Geologica sepolta	lineare	Gsa	GEOSEP	us_sgrl_con
5	Unità cartografate	puntiforme	Ugl	UNIGEO (gr. di controllo)	
6	Elementi morfologici	puntiformi	Mpp	MORFOP	mp_sgrl_con
7	Area dissestata	poligonale	Diy	AREADIS	
8	Elementi morfologici	lineari	Osa	MORFOL	os_sgrl_con
9	Forme di Unità Geologiche di quaternario	poligonale	Fqy	FORMEQUA	
10	Sistema di fratture	poligonale	Fry	SISTFRATT	fr_sgrl_con
11	Frattura	lineare	Sfa	FRATT	
12	Sorgenti	puntiforme	Sop	SORG	so_sgrl_con
13	Sito estrattivo	puntiforme	Aep	SITOTES	
14	Ripresa fotografica	puntiforme	Rfp	RIPFOTO	
15	Elemento carsico	puntiforme	Cyp	CARSPUN	
15	Elemento carsico	poligonale	Cyy	CARSPOL	
16	Area rilevata quaternario	poligonale	Rqy	RILQUA	
16	Area rilevata substrato	poligonale	Rsy	RILSUB	
17	Altri oggetti poligonali	poligonali	Xxy	ALTROPOL	
18	Unità strutturali	puntiforme	Ugl	UNIGEO (gr. di controllo)	
19	Area di studio	poligonale	Asy	AREAST	
20	Indagine	puntiforme	Idp	INDAGINI	

Tab. 4.1 – Organizzazione degli strati informativi (shape e cover): nella colonna shape sono elencati i nomi dei file definiti da un numero identificativo della sezione CTR e da una sigla relativa ad un determinato tema (ad es.: 1ugfga.shp per gli archi/limiti geologici); l'insieme dei degli shape relativi ad una particolare sezione insieme ad un file ".mdb" contenente la banca dati di ACCESS® (esempio 1.mdb), è denominato metacover. Nella colonna COVER, sono indicati i nomi dei cover derivati dagli shapefile nell'ambiente di Gestione. Nella colonna "tabella" nomi delle principali tabelle relazionate con gli strati informativi geometrici contenenti gli attributi relativi agli elementi cartografati.

Attraverso ArcView® sono attivabili le procedure AML (Arc/Info®) con cui gli *shapefile* sono convertiti in *cover*. La correzione ciclica degli *shapefile* permette la risoluzione di anomalie o errori di implementazione: il controllo è realizzato sia per la verifica della banca dati scala 1:10.000 sia 1:25.000. A tal fine, i cataloghi contengono le informazioni che ogni geometria assume alle diverse scale. I criteri di generalizzazione così inseriti vincoleranno le procedure di costruzione delle *cover* finali. Gli ambienti di Gestione e Controllo e di Generalizzazione e Derivazione (nel seguito "derivazione"), sviluppati in ambiente ArcView® e Arc/Info®, creano le tabelle di supporto e le *cover* alla scala minore e la banca dati generalizzata nella struttura dati APAT (Quaderno 6).

Per ogni sezione CTR1:10.000, dovranno essere controllate le dimensioni delle geometrie disegnate alla scala maggiore; il geologo dovrà:

- *rendere invisibili oggetti per la scala minore*; l'eliminazione avviene discrezionalmente o attraverso regole prefissate nei cataloghi ad esempio attraverso regole che tengano conto della distanza tra oggetti; la definizione delle tolleranze geometriche dipende dalla dimensione relativa alla scala minore (area nel caso di poligoni o lunghezza nel caso di linee), o forma (rapporto area/perimetro), il geologo dovrà effettuare valutazioni attraverso la stampa alla scala opportuna

- *inserire nuovi oggetti visibili alla scala 1:25.000 e invisibili alla scala 1:10.000*; procedura utilizzata per esagerare le geometrie destinate altrimenti a sparire a causa delle ridotte dimensioni

- *generalizzare e/o semplificare la geometria degli oggetti*; il geologo esplicita nella fase di inserimento di punti, linee o poligoni attraverso appositi strumenti in ambiente ArcView® di CARGeo, la loro visibilità o meno alle diverse scale (1:10.000, 25.000 o 50.000) in funzione della leggibilità delle simbologie associate.

4.5 - Flusso dei dati

Il lavoro con CARGeo è suddivisibile in fasi attraverso cui l'amministratore del sistema e/o il geologo rilevatore realizzano il popolamento degli strati informativi. Ciascun passo attraverso il flusso di dati è eseguito da diversi applicativi integrati fra loro, dove le interfacce utente di comando sono gestite da ArcView® per l'ambiente Windows® e Arc/Info® per l'ambiente UNIX®. Alcuni interventi sono realizzati utilizzando direttamente programmi come ACCESS® per l'aggiornamento cataloghi da parte dell'amministratore del sistema, o un qualsiasi editore di testo per il completamento dei testi nelle legende.

Ai geologi è richiesta la disponibilità a eseguire una serie di procedure mediante interfacce grafiche che li guidano nel il flusso dei dati (Fig 4.6).

Nella Tabella 4.3 sono sintetizzate le fasi del flusso di lavoro, la figure coinvolte e l'applicativo che esegue la procedura. Nonostante sia indicato il geologo rilevatore come il diretto protagonista delle operazioni, nelle fasi critiche, come sarà descritto nel capitolo di analisi e discussione, è affiancato o sostituito da geologi/informatici formati al controllo del flusso dati. Tale sostituzione tradisce solo in parte le premesse di tutto il progetto; tali operatori sono scelti fra geologi, quindi competenti nell'aspetto disciplinare, o addirittura si tratta di rilevatori che, oltre a rilevare ed inserire i dati, assumono anche il ruolo specifico di supporto.

La figura dell'amministratore attualmente è ricoperta da chi ha pensato e progettato il sistema e che, oltre ad essere geologo rilevatore, ha competenze informatiche tali da poter intervenire nel flusso dei dati, potendo anche utilizzare strumenti informatici creati allo scopo specifico.

<i>Ambiente</i>	<i>Scala</i>	<i>FASE DI LAVORO</i>		<i>Operatore</i>	<i>Strumenti</i>
Data Entry	10.000		Aggiornamento cataloghi (QUAT, SEDI, CRIS) Esportazione dei nuovi cataloghi (nel formato Arc/Info® attraverso una <i>extension</i> creata <i>ad hoc</i>)	Amministratore	ACCESS® ArcView®
		-	Creazione di nuovi metacover (ambiente <i>server</i>)	Amministratore	ArcView®
	10.000 (25.000)		Digitalizzazione nuove features nel metacover e attribuzione attraverso interfaccia ArcView® (CARGeo). Di ogni <i>feature</i> deve essere settata la visibilità alle diverse scale (10.000 – 25.000) con gli appositi <i>check-box</i>		ArcView® ACCESS® Visual Basic® <i>applic</i>
Gestione	10.000	Controllo	Operazioni di controllo sdati digitalizzati e attribuiti: - Controlli Alfanumerici	Geologo Rilevatore	ArcView®
			- Controlli Geometrici		
	25.000	Controlli Sintesi Disciplinare	Operazioni di controllo dati digitalizzati e attribuiti: - Controlli Geometrici - Sintesi Disciplinare		ArcView® ACCESS® Arc/Info®
	10.000	Contr. e Consolid. DB	Creazione coperture Arc/Info® una volta a corretti tutti gli errori evidenziati dalle procedure di controllo		
	25.000	Controllo e Consolidamento DB			Aggregazione delle "metacover" (strati informativi delle singole CTR), nel database relativo al foglio 1:50.000 (IGM)
			Operazioni di controllo dati digitalizzati e attribuiti: <i>Controllo omogeneità di attribuzione delle geometrie a cavallo fra sezioni CTR adiacenti</i>	ArcView® ACCESS® Arc/Info	
			Creazione coperture Arc/Info® una volta a corretti tutti gli errori evidenziati dalle procedure di controllo e Sintesi Disciplinare		
Pubblicazione	10.000		Editing ed eventuale sfolgimento annotazioni (sigle, valori di immersione) che compariranno nella mappa definitiva alla scala 1:10.000.		ArcView® Arc/Info
	25.000		Editing ed eventuale sfolgimento annotazioni (sigle, valori di immersione) che compariranno nella mappa definitiva alle scale 1:25.000 o 50.000		
	10.000 25.000		Creazione elementi a corredo della mappa: - schema tettonico, - sezioni geologiche, - schemi stratigrafici - legenda per la mappa - legenda per lo schema tettonico - legenda per lo schema rilevatori		ArcView® Arc/Info® editor di testo ASCII
			Creazione Layout Mappa		ArcPlot®
			Creazione file per WEB		Amministratore

Tab 4.3 – Fasi di lavoro per la creazione del database. L'architettura prevede che ArcView®, ACCESS® e applicativi Visual Basic® siano installati su tutti i client Windows; Arc/Info®, è presente solo su piattaforma Solaris (UNIX), attivato da ArcView®. Nell'Ambiente di Pubblicazione, una parte della **creazione degli elementi a corredo della mappa**, la **Creazione Layout Mappa** e **Creazione file per WEB** sono eseguiti direttamente in ambiente UNIX, attraverso interfacce grafiche create con il linguaggio AML®.

Nella colonna **Scala** è indicata la scala di archiviazione e rappresentazione per cui è eseguita l'operazione descritta. Le operazioni di **Controllo** sono iterative: alla fine di ogni correzione la procedura dovrà essere eseguita nuovamente fino al raggiungimento della configurazione corretta.

CAPITOLO 5 - CARGEO RL Problemi riscontrati e soluzioni proposte o adottate nell'utilizzo del sistema.

Introduzione

A cominciare dal 1997 sono state introdotte modifiche anche sostanziali rispetto al progetto originale per quel che riguarda il funzionamento dell'ambiente informatico CARGeo e del SIG in generale. Gli interventi di miglioramento e correzione di errori e l'aggiunta di nuove funzioni hanno spesso comportato l'inserimento di nuove tabelle degli attributi, la definizione nel database delle loro relazioni e regole di interdipendenza con le tabelle esistenti e con le geometrie, nonché l'aggiornamento delle interfacce grafiche. Sono stati così realizzati miglioramenti e/o integrazioni del sistema informatico attraverso la definizione di nuove regole nei controlli, criteri e protocolli procedurali per il popolamento della banca dati.

Attraverso il lavoro dei geologi coinvolti nel progetto (utilizzatori di CARGeo), la banca dati geologica di dettaglio è in continuo incremento, e fornisce a ricercatori, amministrazioni locali, professionisti e realtà produttive un prezioso strumento di pianificazione e conoscenza e del contesto geologico lombardo (Brunori et al., 2006).

Le procedure e gli strumenti di creazione della banca dati geologica regionale (dal rilevamento di terreno alla pubblicazione) viene qui analizzato evidenziandone le criticità e gli eventuali errori di progettazione, indicando le soluzioni adottate o in via di applicazione per il miglioramento delle funzionalità.

Attraverso CARGeo, il SIG della Regione Lombardia ha prodotto i primi fogli per la consegna alla struttura CARG nazionale (Fogli "Iseo" e "Malonno"), fogli che saranno sottoposti ai necessari controlli di congruità formale e strutturale prima dell'inserimento nel database nazionale.

5.1 - Geologi vs. CARGeo: problemi e soluzioni

I principali problemi emersi, e in gran parte affrontati e risolti, nel funzionamento del Sistema Informativo Geologico, riguardano:

- descrizione delle entità geologiche;
- criteri di rilevamento;
- architettura di sistema (hardware e software);
- struttura banca dati.

I punti indicati sintetizzano fasi e modalità di esecuzione del lavoro o logiche di utilizzo della componente informatica e comportano valutazioni sulla funzionalità delle interfacce grafiche, efficienza dei protocolli di inserimento, trasformazione e controllo qualitativo dei dati e valutazioni relative alla corretta definizione delle attività degli operatori coinvolti.

La procedura di costruzione del database è suddivisa in ambienti operativi fra loro sequenziali, dove il geologo, attraverso interfacce grafiche, pilota la trasformazione del dato raccolto sul terreno in informazione codificata, quindi in prodotti digitali e cartografici interrogabili e pubblicabili. Sono stati pianificati percorsi obbligati, modalità di elaborazione e strumenti per l'esecuzione di queste procedure. In particolare, per la compilazione degli attributi associabili alle geometrie disegnate (vedi Capitolo 4), la maggior parte delle informazioni sono selezionabili da cataloghi strutturati.

A ogni suo aggiornamento il sistema informatico è stato dotato di nuove funzioni e interfacce utente per correggere suoi malfunzionamenti, aumentare le performance, facilitare l'esecuzione delle procedure o, infine, per aggiungere strumenti indispensabili non presenti nelle versioni precedenti. Questo spesso ha imposto cambiamenti nella sequenza di comandi e operazioni per l'inserimento dei dati nel database non sempre ben accolti dai geologi rilevatori, "costretti" a doversi adeguare ai nuovi strumenti e regole per il controllo del flusso dei dati.

È emersa una dicotomia che vede da una parte la capacità soggettiva (o volontà) da parte degli utilizzatori di interagire con regole e strumenti per la loro esecuzione, dall'altra la necessaria complessità di un ambiente tecnologico, non sempre semplice da utilizzare come si sarebbe voluto, che impone sequenze di comandi nell'ambito di regole e percorsi standardizzati per la trasformazione del dato geologico.

La disomogeneità nell'esecuzione del lavoro fra i diversi rilevatori nel popolamento e pubblicazione del database (geologi più o meno veloci nel lavoro di terreno, più o meno lenti nella fase di data entry, o in generale più o meno efficienti nell'esecuzione e controllo complessivo del lavoro etc), hanno causato accelerazioni o rallentamenti nel flusso dei dati, alterando i tempi previsti per la realizzazione del lavoro sia a livello delle singole fasi che nel complesso degli ambienti coinvolti. L'analisi di queste problematiche ha prodotto interventi anche drastici nella strutturazione del sistema per venire incontro alle esigenze del progetto e dei geologi rilevatori.

5.1.1 - Descrizione delle entità geologiche

Un difetto individuato nel sistema riguarda la non sempre corretta e/o completa descrizione degli attributi delle entità geologiche. La loro definizione può non essere univoca per i diversi geologi che, quindi, possono utilizzare la stessa codifica per indicare oggetti diversi o codifiche diverse per uno stesso oggetto. Ad esempio le definizioni di elementi quali l'"orlo di terrazzo" e l'"orlo di scarpata di erosione" potrebbero essere utilizzati come sinonimi, indicando genericamente l'intersezione tra una superficie sub-orizzontale e la superficie di erosione che la interseca. D'altra parte il secondo termine (orlo di scarpata di erosione) potrebbe essere utilizzato come il più generale (tutti gli orli di terrazzo sono orli di scarpata di erosione...) lasciando margini di incertezza.

Il semplice esempio riportato, richiama l'attenzione sull'esigenza di fornire al geologo di terreno una documentazione organizzata in elenchi il più dettagliati possibile in cui siano spiegati dettagliatamente i termini utilizzati (una sorta di glossario); infatti ogni elemento può essere descritto con un diverso grado di approfondimento nella descrizione a seconda del livello di conoscenza raggiunto. La banca dati dovrebbe essere in grado di adeguarsi a tale variabilità, permettendo quindi l'inserimento di informazioni più o meno dettagliate attraverso una strutturazione opportunamente gerarchizzata degli attributi. Ad esempio una "superficie di clivaggio", potrebbe essere meglio particolareggiata attraverso una serie di sottocategorie che ne specificano le caratteristiche geometriche o di genesi (...di crenulazione, ...di frattura, etc.), lasciando la libertà di definire il livello di dettaglio, fissando comunque una soglia minima di informazione obbligatoria.

Ovviamente la possibilità di inserire maggiori informazioni, può creare un'ulteriore incertezza nel confronto fra zone a maggiore o minore dettaglio. Ad esempio, se in una zona ho descritto i clivaggi senza inserire

ulteriori caratteristiche geometriche o di genesi per un'oggettiva difficoltà in campagna, mentre in quella adiacente tale informazione è invece facilmente rilevabile, sulla mappa (o in banca dati) non potrò accorgermi della differenza, a meno di informazioni aggiuntive (p.es. metadati relativi a questa particolare situazione. Per quanto riguarda la cartografia tradizionale, questa informazione aggiuntiva potrà essere contenuta nelle note illustrative.

5.2 - Criteri di rilevamento

L'identificazione dei ruoli nella progettazione del Sistema ha posto l'accento sulla centralità del rilevatore come protagonista in tutte le fasi del lavoro (Tab 4.3). È una figura disegnata non solo come "fornitrice" del dato e valutatore finale della sua trasformazione in prodotto pubblicabile, ma come regista e esecutore di tutte delle procedure di trasformazione. Infatti, dopo la raccolta dei dati e la loro interpretazione, il rilevatore diventa esecutore delle operazioni di trasposizione analogico-digitale, per la cui realizzazione sono state disegnate le architetture logiche e gli strumenti informatici.

Per quel che riguarda il lavoro di terreno, gli elementi critici su cui si è dovuto intervenire per correggere errori di valutazione o creare nuove strutture o ruoli per l'ottimizzazione di tempi e modi in nella sua organizzazione sono:

- rapporto fra numero rilevatori/kmq;
- modalità del rilevamento di substrato e quaternario.

5.2.1 - Rapporto rilevatori/kmq

Per il rilevamento delle circa 14 sezioni CTR 1:10.000 relative ad ogni Foglio al 50.000 (circa 600 kmq) è previsto l'impiego di 2 rilevatori a tempo pieno per 3 anni (100 kmq/anno ciascuno). L'eccessivo numero di kmq previsti rispetto all'esiguo numero di rilevatori impiegati ha causato la dilatazione dei tempi di realizzazione delle banche dati. La rimodulazione del carico di lavoro e/o dei tempi previsti per il suo completamento in funzione delle risorse investibili è stato ostacolato dalle carenze strutturali e dalla relativa scarsità di fondi disponibili, ma anche dalla difficoltà di reperire geologi rilevatori con formazione idonea alle problematiche geologiche presenti nelle singole aree.

Quando possibile, è stato aumentato il numero dei rilevatori in proporzione ai kmq da rilevare. Il reperimento di rilevatori idonei è stato spesso ostacolato anche dalla difficoltà di dover inserire nel progetto nuovi specialisti, con diversi approcci al rilevamento e inesperti di GIS. Per favorirne l'inserimento sono stati previsti periodi di affiancamento sul terreno e di supporto nella fase di data entry.

5.2.2 - Rilevamento del substrato e del quaternario

Nella prima fase del progetto, per ogni sezione CTR 1:10.000 sono stati impiegati rilevatori diversi per il substrato e per i depositi superficiali (figura 5.1 a). Pur raggiungendo un'ottima qualità dell'interpretazione geologica, si è verificata una dilatazione dei tempi nella fase di unione, integrazione e omogeneizzazione delle due banche dati (quaternario e substrato) e un conseguente aumento dei costi di esercizio.

Sulla base delle problematiche geologiche delle aree da rilevare, per particolari aree e in funzione delle competenze del rilevatore, è stato affidato il rilevamento ad un solo geologo sotto la supervisione di due esperti di settore (figura 5.1 b). I risultati si sono rivelati più che soddisfacenti anche in rapporto ai tempi di esecuzione, permettendo il recupero, anche se in minima parte, dei ritardi accumulati.

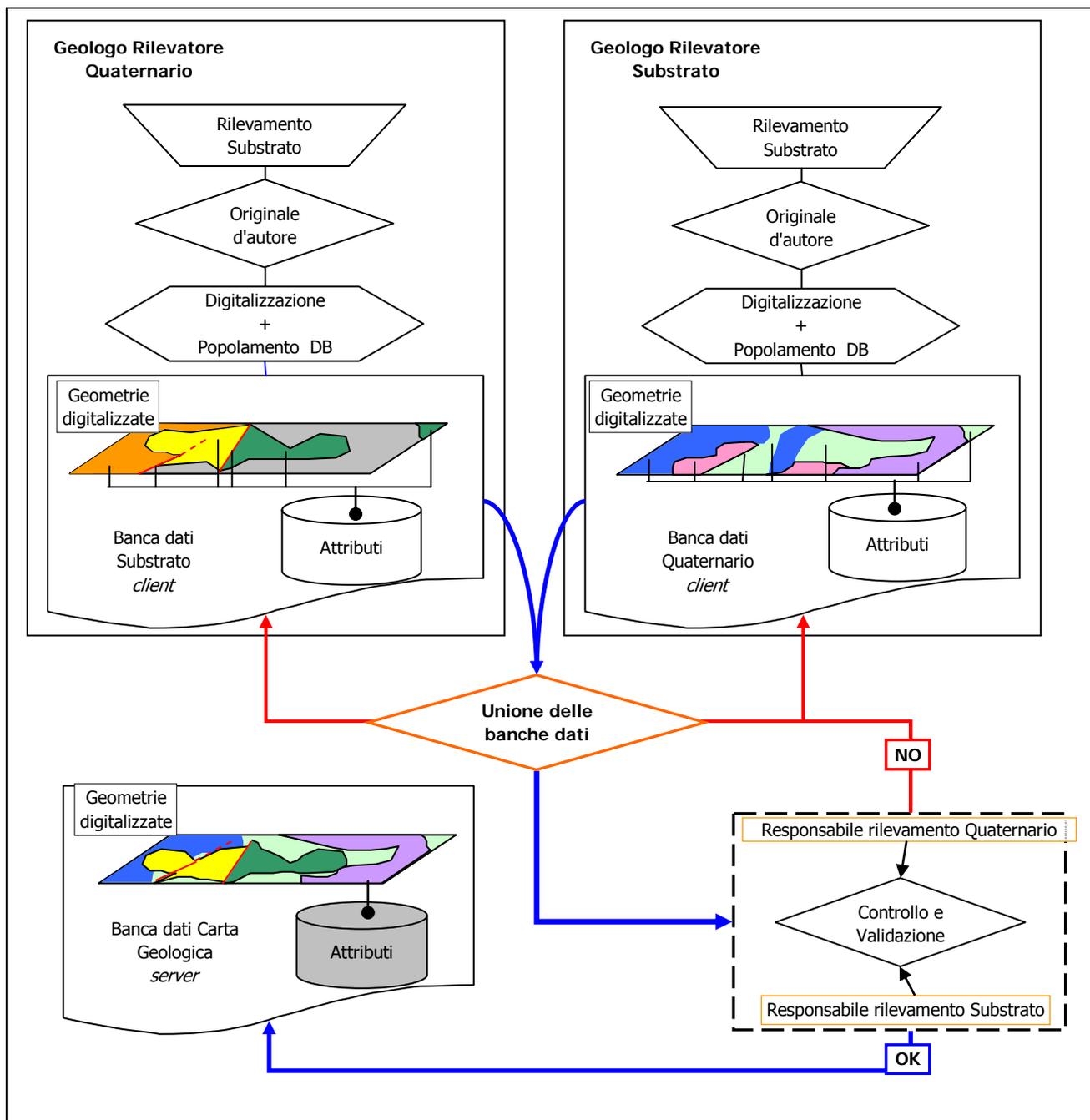
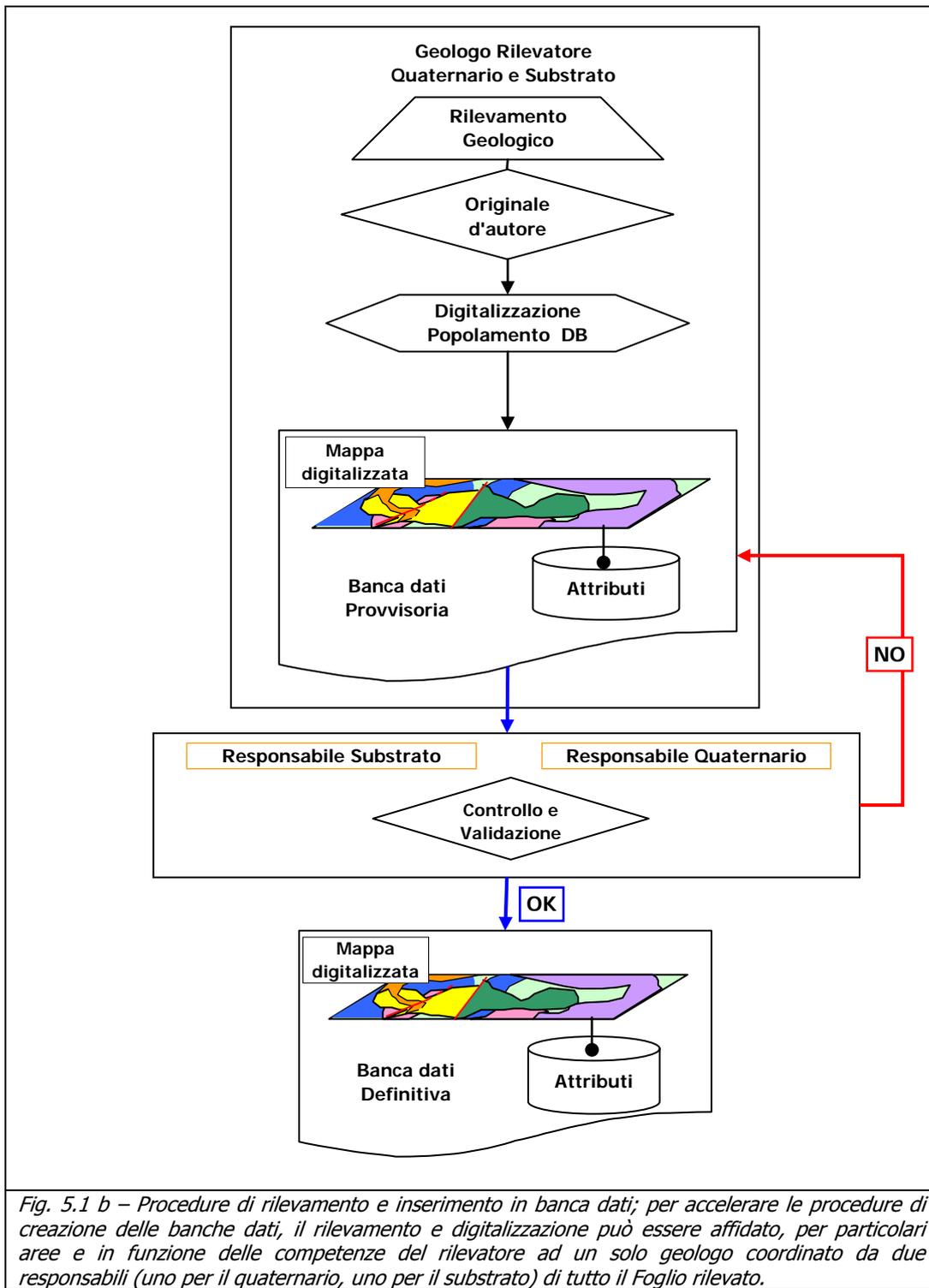


Fig 5.1 a – Procedure di rilevamento e creazione della banca dati; i due geologi (un quaternarista e un geologo del substrato) eseguono separatamente il rilevamento e il popolamento del database; dopo l'unione delle due banche dati i responsabili di rilevamento decidono le modifiche da apportare per unione e omogeneizzazione della banca dati.



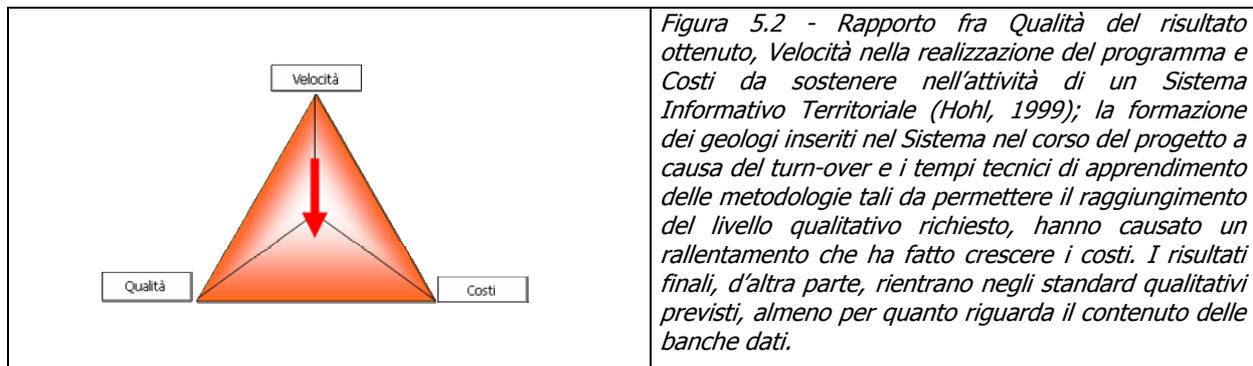
5.3 – Il fattore “tempo” nella realizzazione del progetto

La realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale dovrebbe poter far fronte a problemi di turn-over dei soggetti coinvolti nella sua gestione. Il cambiamento del numero o della tipologia di risorse umane in un SIT deve essere affrontato in modo da riuscire a minimizzare ritardi, contenere i costi e controllare il rispetto degli standard qualitativi previsti (Longley et al., 2001).

Il SIG della Regione Lombardia ha subito un notevole ricambio (ma anche diminuzione) dei soggetti incaricati della esecuzione del rilevamento, della gestione e manutenzione della banca dati generata dal Sistema Informativo Geologico. Ne è conseguita una efficienza discontinua e disomogenea nel controllo qualitativo dei dati e un notevole rallentamento del loro flusso.

Sono cambiati alcuni responsabili di rilevamento, del controllo del flusso di dati, ma anche (come nel mio caso alla fine della prima lunga fase di raccolta-validazione-pubblicazione dell'informazione geologica) di esperti tecnico-disciplinari in grado di intervenire nel caso di malfunzionamenti tecnologici o per la pianificazione e attuazione di logiche o migliorie necessarie (fig. 5.2).

Vista l'impossibilità di rispettare i tempi inizialmente pianificati, nel tentativo di mantenere comunque un rapporto accettabile tra i costi sostenuti e qualità ottenuta, è stato rimodulato il numero di aree da rilevare e i tempi di esecuzione del lavoro in funzione delle risorse disponibili. È stata inoltre privilegiata la creazione della banca dati regionale di dettaglio, ritardando dunque la derivazione della banca dati nazionale. Questa scelta, sebbene criticabile nell'ambito dell'organizzazione generale del progetto nazionale, ha permesso la realizzare una banca dati secondo standard qualitativi ottimali, comunque generalizzabile e derivabile in un secondo momento.



Probabilmente una ristrutturazione del Sistema nella sua parte strumentale (strumenti GIS, vedi paragrafo 5.5), potrebbe accelerare i tempi nella realizzazione delle operazioni di inserimento, controllo e pubblicazione, grazie all'ottimizzazione dei sistemi (scrittura delle routine in modo da renderle più veloci nell'esecuzione), oppure grazie ad una di modifica radicale dell'architettura software.

5.4 - Architettura di sistema (hardware e software)

Gli obiettivi del SIG sono raggiunti, una volta eseguito il lavoro sul terreno, attraverso l'utilizzo di sistemi informatici (GIS).

Non sempre le "attitudini" e capacità tecniche dei geologi si sono rivelate tali da permettergli di utilizzare facilmente le procedure informatiche, seppur "guidate" e "semplificate", per l'implementazione del dato rilevato; d'altra parte non sempre gli strumenti creati si sono dimostrati così semplici o intuitivi nelle funzioni, nonostante lo sforzo in questa direzione sia nella fase di disegno dell'architettura sia nelle migliorie inserite.

Dal punto di vista informatico, nella costruzione di qualsiasi software che debba essere messo a disposizione di utenti non necessariamente esperti oppure poco abituati ad utilizzare interfacce grafiche o ambienti di editing grafico, si incontra la difficoltà di definire l'utente "tipo" sul quale "tarare" la progettazione delle interfacce e delle procedure di processamento (Spolsky, 2005). Ne segue la difficoltà di creare un sistema informatico che si adatti a tutte le esigenze, e si rischia di provocare, da parte degli utilizzatori, reazioni al primo impatto di delusione rispetto alle aspettative e successivamente di "resistenza" all'utilizzo corretto degli strumenti proposti, opponendo ciascuno il proprio metodo e i propri criteri a quelli "imposti".

Nel nostro caso, l'utente "tipo" è un geologo rilevatore con discreta predisposizione all'utilizzo di strumenti informatici e capacità di adattamento agli standard forniti. Ovviamente, ottimi geologi di terreno possono non avere le capacità tecniche richieste o viceversa.

Personalmente ho sempre cercato di dialogare con gli utenti-geologi per comprendere quanto le difficoltà fossero causate da difficoltà soggettiva o pigrizia e dove, invece, determinate da oggettiva difficoltà di utilizzo delle funzioni o procedure.

La maggiore difficoltà manifestata nell'utilizzo del sistema CARGeo riguarda il concatenamento delle procedure di trasformazione dei dati per il loro inserimento nel database. Le numerose fasi di controllo previste, nella maggior parte dei casi, lasciano ai geologi la facoltà di accettare o meno i suggerimenti e le correzioni proposte in automatico, spesso concedendo troppa libertà di scelta (correggere o meno l'anomalia rilevata), non potendo sempre distinguere e evidenziare gli errori di digitalizzazione e attribuzione per la loro correzione da altre situazioni che, invece, sono state volutamente e correttamente inserite.

Le geometrie finali sono costruite solo al termine delle procedure di controllo di quanto inserito nella fase di data entry attraverso funzioni semiautomatiche che ne verificano i criteri di completezza topologica e del contenuto informativo associato alle geometrie disegnate. A questo punto il rilevatore deve valutare il lavoro realizzato analizzando le segnalazioni generate dal sistema. Dovranno essere corretti una serie di errori come le geometrie incomplete (ad esempio poligoni non chiusi) o le attribuzioni errate. Ma si dovrà anche riconoscere ciò che, segnalato come errore, risulta essere corretto, o l'individuazione di quegli errori non segnalati nella modalità automatica dei controlli. Questi ultimi due casi, per quanto rari, sono dovuti all'impossibilità di effettuare una codifica del comportamento a priori o, semplicemente, ad una lacuna nella previsione dell'errore specifico.

Le soluzioni adottate o in via di adozione per venire incontro alle difficoltà di utilizzo delle procedure agiscono principalmente sul fronte della formazione e supporto ai geologi, potenziando la fase di addestramento e/o di affiancamento. Sono stati attuati anche interventi di modifica o integrazione delle funzionalità create, in modo da rendere maggiormente visibili gli errori geometrici e topologici che il geologo deve correggere e aumentando la casistica di quanto possa essere riconosciuto a priori.

5.4.1 - Formazione e supporto

Oltre alla fase iniziale di formazione dei rilevatori all'utilizzo di CARGeo, sono stati necessari ulteriori periodi di addestramento specifici, affiancamenti mirati e verifiche periodiche, nonché, in casi limite, supporto continuativo nella fase di informatizzazione.

Una volta eseguito il lavoro di terreno, che deve comunque essere realizzato tenendo conto dell'inserimento dei dati raccolti in una banca dati strutturata, le procedure "informatiche" standardizzate cui deve fare fronte il rilevatore sono:

- digitalizzazione delle geometrie e inserimento degli attributi;
- controllo e correzione degli errori;
- costruzione delle geometrie definitive;
- creazione della layout della carta geologica per la pubblicazione;
- "sfolto" degli elementi geologici per la resa grafica alla scala 1:10.000 e 1:50.000;
- composizione degli accessori della carta geologica finale (legende, sezioni geologiche, schemi, tabelle etc.).

Per monitorare e supportare il lavoro di inserimento delle geometrie da parte dei rilevatori, sono stati inseriti nell'organico del SIG geologi con competenze informatiche di base in grado di garantire ai rilevatori un ambiente di riferimento per le problematiche tecniche emergenti e porsi come filtro fra esperti informatici e operatori, aumentando, infine, il livello di controllo qualitativo in tutte le fasi del lavoro. La conoscenza degli strumenti e delle logiche di utilizzo da parte di queste figure "intermedie" ha permesso una ottimizzazione dei tempi di processamento dei dati e del loro controllo qualitativo. È soprattutto grazie al lavoro di questi geologi specializzati che è stato possibile comprendere meglio i limiti del sistema, quindi attuare con maggior efficacia gli interventi di aggiornamento e miglioramento dei software per l'ottimizzazione degli strumenti di trasformazione dei dati.

5.5 – CARGeo 2: dall'integrazione delle piattaforme alla piattaforma integrata

La possibilità di fornire strumenti, interfacce e le procedure "facili" da utilizzare, è stata ostacolata dalla difficoltà di sostituire "pezzi" della struttura con nuovi software o regole di implementazione. Ritenendo di aver raggiunto una "soglia critica" nell'evoluzione del sistema oltre la quale non è possibile, o logico, investire risorse nella sua manutenzione, è stato lanciato in questi mesi una ipotesi di progetto che dovrebbe produrre una evoluzione del sistema informatico CARGeo. Rispetto all'attuale strutturazione della parte informatica di CARGeo, è emersa l'esigenza di ripensare l'architettura nel suo complesso attraverso la progettazione di interfacce utente e procedure basate su una unica piattaforma di sviluppo (ArcGis9.x).

Il sistema informatico CARGeo si basa sulle piattaforme ArcView®, MSAccess® e VisualBasic® per sistemi operativi Windows® (client) e ArcInfo® su workstation ULTRA30 con sistema operativo UNIX (lato server). La complessa articolazione è dovuta alla necessità di utilizzare strumenti già dotati delle utilità necessarie agli scopi del progetto.

Nel tempo si sono presentate difficoltà tecniche, non tanto dal lato client (disegno delle geometrie e inserimento degli attributi) dove il geologo controlla un numero relativamente basso di dati e di funzioni, quanto dal lato server, dove avviene il controllo dei dati e la loro archiviazione e, attraverso la rete regionale.. La ripetuta serie di scambi fra i sistemi operativi e la trasformazione del dato da shape (ArcView®)-MDB (DBAccess®) a cover (Arc/Info®) attraverso una rete non sempre all'altezza delle richieste di traffico ha posto spesso in crisi il sistema con dannose perdite di dati. L'architettura è costituita, dunque, da troppi software per due diversi sistemi operativi. Si deve comunque tenere conto che per la creazione dell'ambiente client (per l'inserimento del dato) è sufficiente un software di più basso livello, ma sono necessarie un maggior numero di licenze di utilizzo (ArcView® 3.x), mentre l'ambiente server necessita di un software più avanzato con meno licenze (Arc/Info® 7.x) .

Inoltre l'utilizzo di tali sistemi garantisce la perfetta interazione/integrazione con il Sistema Informativo Territoriale regionale, utilizzando piattaforme RDBMS e GIS e standard informatici comuni.

Gli interventi realizzati per rendere maggiormente stabile l'ambiente informatico sono state la modifica dell'architettura rete regionale (server) e la pianificazione dell'architettura di sistema (software).

Le ipotesi al vaglio del gruppo di lavoro che gestisce il Sistema Informativo Geologico della Regione Lombardia, comprendono alcune opzioni che, in ogni caso, tendono alla semplificazione dell'ambiente informatico.

5.5.1 - Modifica architettura rete regionale/server

Come primo intervento, semplice nell'attuazione, ma importante nella ricaduta sul piano pratico, la workstation contenente l'ambiente server è stata fisicamente trasferita su di una linea privilegiata di comunicazione con i client nella struttura centrale regionale; non dovendo più passare attraverso i nodi della rete centralizzata, ma trovandosi il server e i numerosi client che scaricano e controllano le singole banche dati su di uno stesso "ramo" dedicato, è stato minimizzato il problema di condividere il traffico di dati nei nodi della rete interna regionale (figura 5.3). L'intervento ha prodotto una maggiore stabilità del sistema hardware/software con conseguente drastica riduzione della perdita dei dati durante crisi del sistema di reti informatiche della regionale.

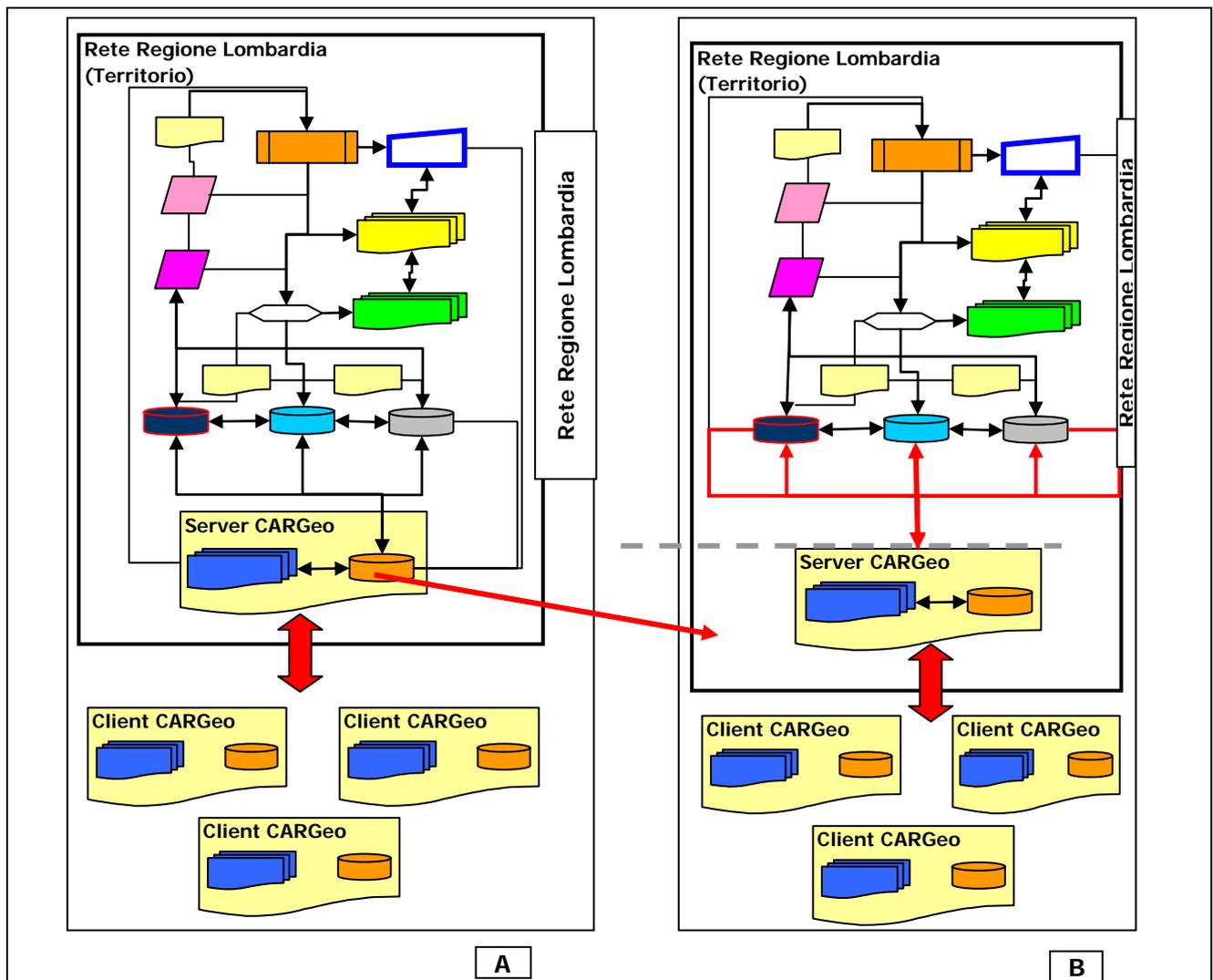


Fig. 5.3 – La workstation su cui è installato CARGeo parte server, inizialmente integrato nella rete generale (A), è stato spostato su di un ramo dedicato (B); pur rimanendo collegato al resto della rete, questo ambiente comunica direttamente ai vari client presenti nella struttura regionale senza dover passare attraverso altri nodi; lo scambio di dati fra i client e il server avviene attraverso una via più sicura e stabile

5.4.2 - Modifica architettura del sistema: i software

Vista la scelta/necessità di utilizzare lo standard ESRI® con la disponibilità di nuovi ambienti "integrati" per la gestione di un sistema GIS complesso, è naturale ripensare il sistema CARGeo con una architettura basata su di una piattaforma che integri le funzionalità necessarie (ad esempio ArcGis® con il database organizzato in un Geodatabase®), prevedendo l'utilizzo di un sistema di data entry (ArcEditor®) per il lato client e Arc/Info® (9.x) per il lato server. Si tratta della ricerca di un applicativo che presenti al suo interno tutte quelle funzioni e utilità che erano state ricercate nell'architettura complessa del sistema CARGeo (figura 5.4a).

La configurazione di un sistema che permette una gestione più semplice della banca dati sia nella parte geometrica sia nella relativa parte alfanumerica (attributi e metadati) dal punto di vista delle procedure e formati coinvolti, minimizzerebbe le attuali problematiche di trasformazione del dato sia per quanto riguarda la semplicità degli strumenti che dal punto di vista della stabilità del sistema hardware/software (figura 5.4b).

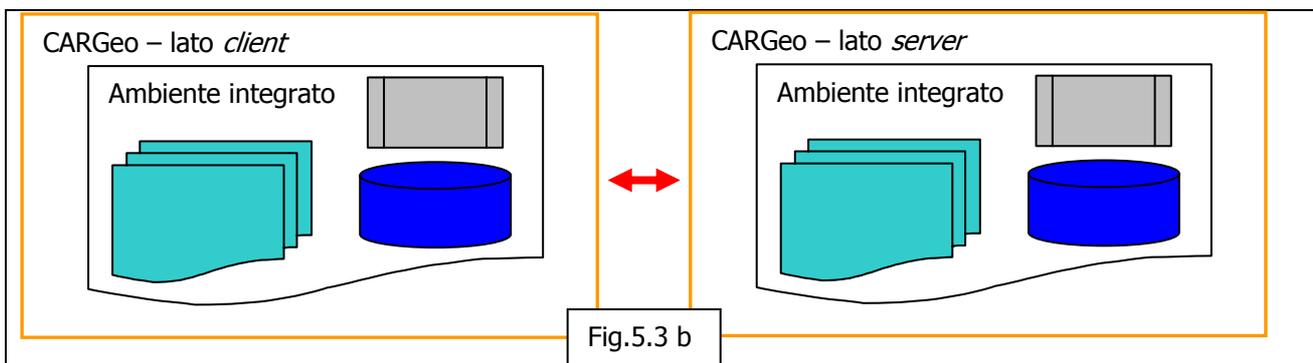
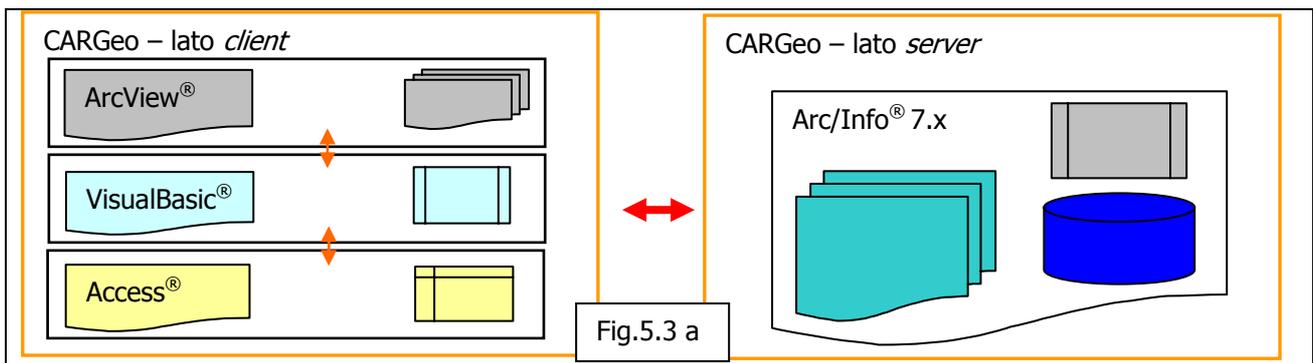


Fig. 5.4 a – Attuale ambiente, server e client, utilizzando i diversi software elencati

Fig. 5.4 b – Il sistema CARGeo, per sfruttare le nuove tecnologie rese disponibili e di conseguenza per minimizzare le problematiche determinate dall'utilizzo di una architettura complessa, prevede una configurazione di un software in grado di integrare le diverse funzionalità in un unico ambiente di sviluppo, sia per il lato client che per il lato server.

La creazione del nuovo sistema avrebbe, come impatto immediato, l'accorciamento della catena di trasformazione dei dati soprattutto nella parte dei controlli. Nella configurazione attuale, le geometrie sono create dall'interfaccia ArcView® (3.x) gestendo inizialmente le aree come insieme di *shapefile* archi-punti che, una volta trasformati in *coverage*, acquisiranno le proprietà topologiche poligonali. La possibilità offerta di inserire in banca dati aree già contenenti l'attributo topologico poligonale non solo alleggerirebbe il lavoro del rilevatore nel *data entry*, ma eliminerebbe gran parte degli errori di chiusura fra gli archi che andranno a delimitare il futuro poligono e permetterebbe la drastica riduzione dei tempi di realizzazione dei controlli geometrici.

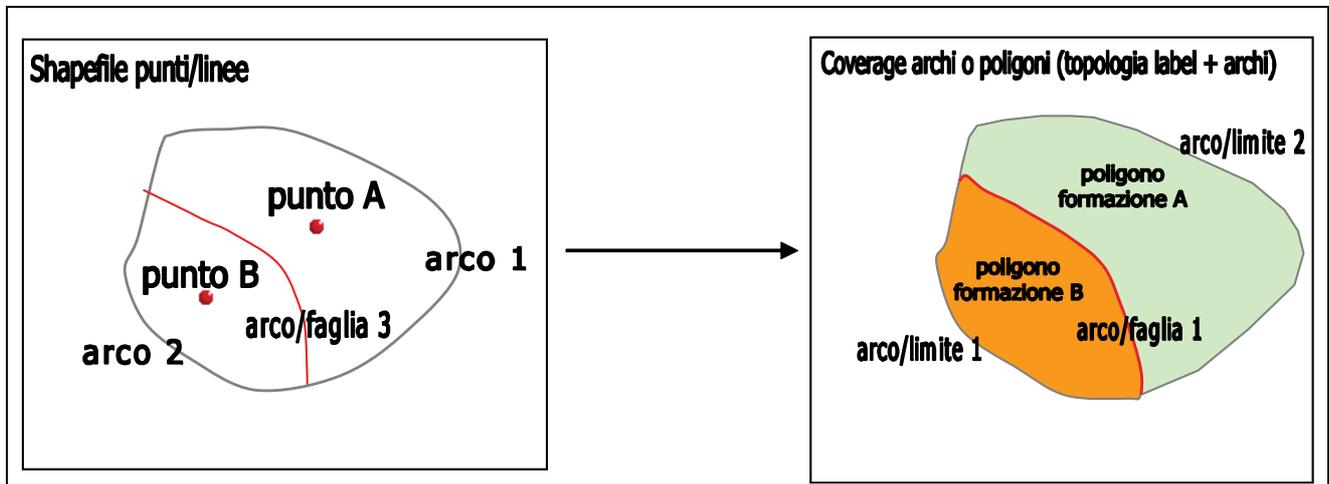


Fig 5.5 La struttura attuale del sistema CARGeo, prevede l'utilizzo di ArcView® 3.x per l'inserimento e attribuzione delle geometrie. Per i poligoni, non potendo costruirne direttamente la topologia, è necessario costruire un livello informativo di archi/limiti, spezzati alle loro intersezioni e fra loro con eventuali, ad esempio, archi/faglia (riquadro a sinistra), quindi costruire un livello informativo nelle aree così circoscritte contenenti punti che conterranno le informazioni relative all'area di appartenenza. Solo dopo una trasformazione degli shapefile in coverage, quindi l'unione delle coverage di archi/limiti e punti/centroidi delle aree circoscritte, sarà possibile costruire la topologia poligonale. Le procedure di controllo evidenzieranno errori nella chiusura degli archi e la presenza e/o assenza dei punti/centroidi, in modo da permettere, in un secondo passaggio, di riprendere gli shapefile originali, correggere l'errore, quindi effettuare nuovamente i controlli per la validazione e l'inserimento definitivo in banca dati. Un sistema che permetta già in fase di digitalizzazione di costruire la topologia poligonale o ne faciliti la creazione, oltre a limitare il tempo di validazione della banca dati, annullerebbe o comunque semplificherebbe in modo drastico i controlli geometrici per la verifica e costruzione della topologia poligonale.

5.5 – Migrazione da “CARG-Regione Lombardia” a “CARG-APAT”

Il progetto nazionale CARG per la produzione della nuova carta geologica alla scala 1:50.000 ha innescato lo sviluppo e la realizzazione della banca dati CARG-Regione Lombardia (CARG-RL) per la quale, però, è stata definita una banca dati proprietaria. È stato quindi implementato un ambiente per la migrazione (o “derivazione”) della banca dati da CARG-RL a CARG-APAT.

In sostanza i rilevatori, una volta acquisito in formato numerico i dati alla scala di rilevamento, devono eseguire una generalizzazione (passaggio di scala) e una derivazione attraverso procedure guidate da interfacce grafiche. L'operazione di generalizzazione del contenuto informativo dalla base dati CARG-RL dalla scala di rilevamento (1:10.000) alla scala di sintesi (1:25.000) permette alla Regione Lombardia di disporre di una cartografia propria e aggiornata a quella nuova scala, ma anche riorganizzata (derivata) secondo le “nuove” specifiche (Quaderno VI), quindi integrabile nel *database* nazionale.

Il processo comprende le seguenti fasi:

- Sintesi Disciplinare effettuata sul “taglio” CTR regionale (*database* CARG-RL): provvede a segnalare le informazioni di dettaglio rilevate, ma non significative alla scala di sintesi, o a aggiungere geometrie (linee o poligoni) funzionali alla visibilità degli elementi geologici alla scala inferiore;
- aggregazione “metadati”: mosaicatura delle geometrie appartenenti ai diversi tagli CTR, appartenenti all'unico Foglio IGM (1:50.000);

Le fasi di Sintesi Disciplinare e aggregazione possono essere comuni al processo di generalizzazione che mantiene la struttura originaria del *database*

- trasformazione dalla struttura del *database* secondo le specifiche APAT (Quaderno VI);
- predisposizione dei dati di resa grafica necessari per la produzione della carta a scala 1:50.000 sulla base topografica IGM (Foglio 1:50.000) che prevede anche il cambio di sistema di proiezione (da Gauss-Boaga a UTM).

L'approccio seguito e che risulta essere, tra i possibili, sicuramente il più completo e efficiente, è quello che prevede la gestione di una unica banca dati (secondo la struttura CARG-RL) sia per la scala di acquisizione (10.000) che per quella di derivazione (25.000). Le informazioni organizzate secondo i due modelli sono integrate in modo da permettere all'occorrenza operazioni di modifica e aggiornamento alla scala superiore (1:10.000) e quindi l'esecuzione, all'occorrenza, della nuova generalizzazione e derivazione.

L'integrazione consiste nella condivisione dei dizionari e cataloghi già previsti per la scala 1:10.000. Tali dizionari e cataloghi sono infatti arricchiti da attributi per la definizione del comportamento del sistema nel processo di generalizzazione e derivazione.

Il processo di derivazione è strutturato in modo da rendere possibile la sua esecuzione in modo graduale ogni volta che rilevamento e informatizzazione delle sezioni CTR (1:10.000) sono completate anziché attendere l'acquisizione complessiva di tutte le sezioni CTR che compongono un foglio 50.000.

L'ambiente è costituito da un applicativo che utilizza il software ArcView[®] attraverso il quale sono pilotati (esecuzione e controllo) gli algoritmi di derivazione vera e propria operanti in ambiente Arc/Info[®].

L'output è costituito da:

- dati (*cover* e tabelle) generalizzati (da 1:10.000 a 1:25.000) secondo la struttura CARG-RL;
- dati (*cover* e tabelle) trasposti nelle strutture CARG-APAT.

Il processo di derivazione è quindi integrato con gli altri ambienti già sviluppati (Fig. 5.5); essendo stato messo a punto in una fase avanzata del progetto (era già finito sia il rilevamento che la digitalizzazione di molte sezioni CTR), è stato necessario un nuovo processamento dei *metacover* già acquisiti e in acquisizione attraverso opportuni campi aggiuntivi alle tabelle esistenti per l'allineamento alla nuova struttura e l'inserimento per ogni geometria presente dell'attributo di presenza/assenza alle rispettive scale. La derivazione vera e propria della struttura CARG-APAT, al termine del processo di generalizzazione e costruzione del *database* relativo al singolo foglio 1:50.000 si conclude con la stampa della carta geologica finale e la verifica di congruenza logica del *database* con lo schema logico attraverso applicativi specifici messi a disposizione dall'APAT.

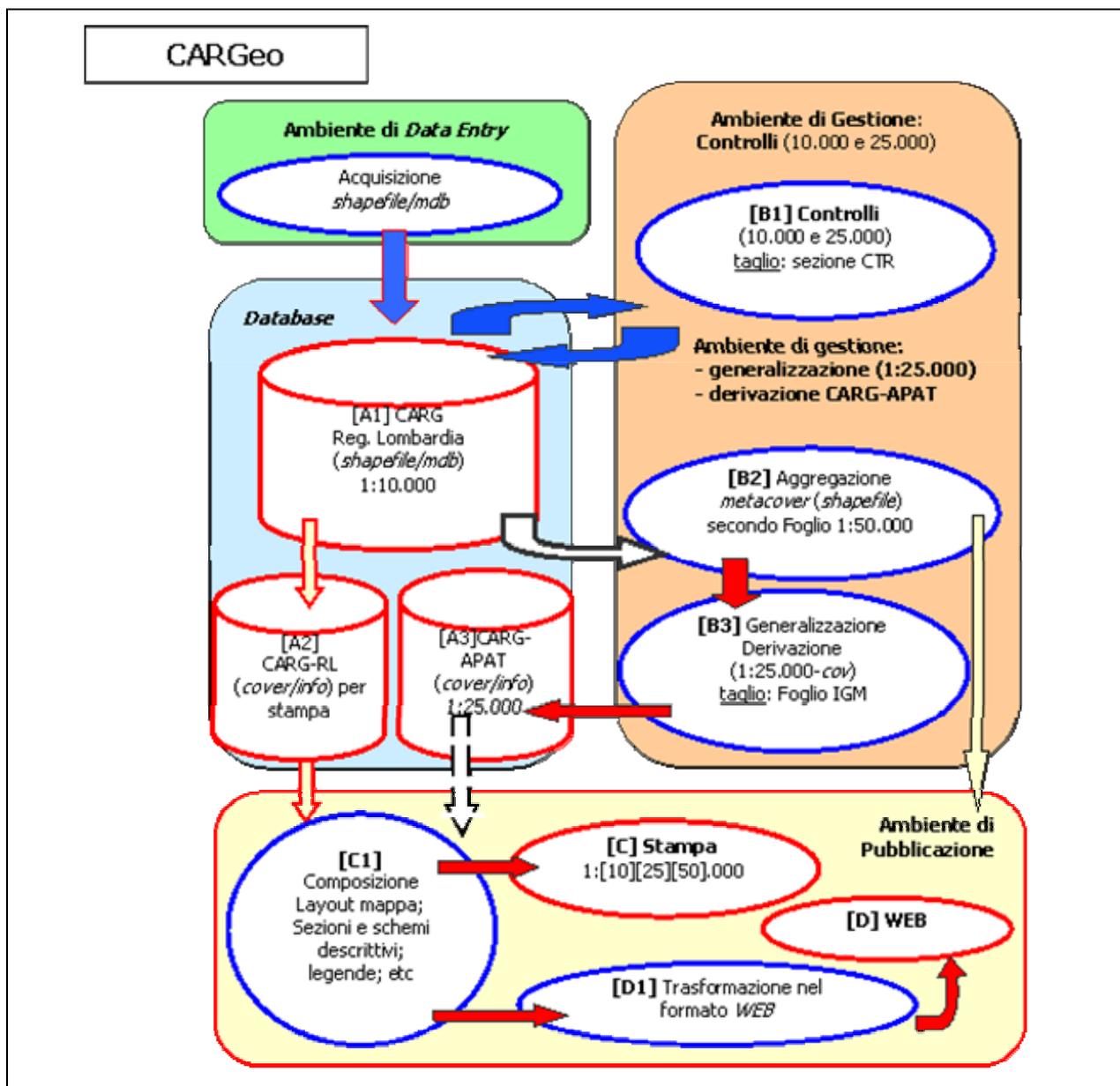


Figura 5.6 – L'ambiente di Generalizzazione e Derivazione della banca dati è integrato nella struttura del sistema CARGeo; la banca dati consolidata per la scala 1:10.000 può in ogni momento essere modificata e generalizzata alla scala 1:25.000 e quindi derivata secondo la struttura CARG-APAT.

I dati sono organizzati spazialmente secondo la suddivisione territoriale della Carta Tecnica Regionale con scala di dettaglio 1:10.000; una volta digitalizzati [A1] i dati subiscono il processo di controllo per la congruenza alfanumerica e geometrica con la struttura CARG-Reg. Lombardia [B1]; a partire da questo database, i dati possono essere aggregati secondo il taglio dei fogli IGM [B2], convertiti in cover, quindi generalizzati alla scala 1:25.000 e riorganizzati nel formato CARG-APAT [B3]. A partire da questi database, potranno essere processati [C1] [D1] per la pubblicazione attraverso la stampa a varie scale della banca dati regionale [C], o via WEB [D]. Anche la banca dati CARG-APAT è stampabile attraverso interfacce grafiche simili a quelle utilizzate per il database regionale [C].

CAPITOLO 6 - Discussione e conclusioni

Un Sistema Informativo (SI) è un complesso di uomini, strumenti e procedure che permette l'acquisizione e la distribuzione dei dati nell'ambito di un'organizzazione. Un Sistema Informativo che ha per oggetto il territorio e le informazioni a esso correlabili verrà chiamato Sistema Informativo Territoriale (SIT). In questa tesi è descritto un Sistema Informativo orientato alla raccolta, archiviazione, analisi e produzione cartografica a partire da informazioni geologiche, raccolte sul terreno da geologi rilevatori. Tale SIT, avendo per oggetto l'informazione geologica, acquisisce la denominazione di Sistema Informativo Geologico (SIG). L'insieme degli strumenti e delle logiche grazie alle quali il geologo rilevatore può organizzare e distribuire il suo lavoro, sfruttano le funzionalità dei GIS (*Geographic Information Systems*), componente informatica del SIG. A tale scopo è stata organizzata una banca dati in modo da facilitare l'archiviazione della maggior parte dei dati che normalmente il geologo registra in carta e sul taccuino di terreno e, allo stesso tempo, per guidare nella raccolta organizzata dell'informazione geologica in funzione della sua organizzazione in un ambiente GIS.

In questa tesi ho sintetizzato i metodi, gli strumenti e le logiche adottate nell'ambito del SIG della Regione Lombardia (RL), riassumendo i problemi incontrati e le soluzioni adottate per farvi fronte durante circa nove anni del suo funzionamento. Il SIG è un complesso organizzativo e funzionalmente integrato di risorse umane, procedure, apparecchiature e flussi informativi al servizio del rilevamento geologico, della pubblicazione di dati e informazioni geologiche derivate sia in formato digitale (anche via WEB) sia cartaceo (formato cartografico "tradizionale").

Il sistema è stato ideato e creato da un gruppo di lavoro composto da tecnici informatici e geologi rilevatori con competenze informatiche; questi ultimi hanno poi testato i metodi, le procedure e gli strumenti, realizzando il lavoro di costruzione (e successivi aggiornamenti) della banca dati geologica di dettaglio, il rilevamento di terreno e il caricamento dei dati fino alla loro pubblicazione.

La banca dati della RL è stata costruita nell'ambito del progetto nazionale denominato CARG ma con una scala di dettaglio maggiore (1:10.000) di quanto richiesto dal progetto nazionale (1:25.000) e quindi con una diversa organizzazione dei dati, in funzione delle specifiche esigenze istituzionali e pratiche di gestione del territorio.

Nella progettazione e realizzazione del SIG (strumenti, logiche e competenze), è stato valorizzato il dialogo continuo fra esperti delle diverse discipline (geologi rilevatori, informatici e geologi/informatici), così da ottenere un Sistema in grado di rispondere alle esigenze tecniche e scientifiche dei rilevatori in tutte le sue fasi, spingendo contemporaneamente verso l'ottimizzazione delle procedure e lo sfruttamento massimo delle risorse tecnologiche.

Sono stato coinvolto nell'ambito del Sistema Informativo Geologico nelle tre fasi principali:

- analisi delle problematiche tecniche e disciplinari legate alla trasformazione dei dati geologici descritti nelle carte di campagna e nei quaderni di terreno in funzione del loro inserimento in una banca dati geografica;

- costruzione degli strumenti di inserimento dei dati nella banca dati (interfacce grafiche semplificate), delle procedure di controllo e di verifica della correttezza formale dei dati inseriti (programmi di elaborazione del dato digitalizzato), creazione dell'ambiente di pubblicazione dell'informazione e definizione dei criteri cartografici al termine del processo di validazione (interfacce di disegno del *layout* cartografico);
- analisi del funzionamento di tutti gli ambienti di raccolta e trasformazione del dato geologico in informazione geologica e supporto nelle fasi del suo aggiornamento continuo per la correzione degli errori riscontrati.

Il SIG ha raggiunto come obiettivi principali:

- realizzare un rilevamento geologico di dettaglio di gran parte del territorio lombardo ponendo il geologo e le sue attività di analisi dei fenomeni naturali al centro del processo (conoscitivo e descrittivo) di elaborazione e distribuzione dell'informazione (raccolta, archiviazione, controllo, pubblicazione finale del dato interpretato);
- dotare la RL di una banca dati geologica (su base geografica) aggiornata (e aggiornabile), funzionale alle esigenze di conoscenza e gestione dell'Ente regionale;
- distribuire l'informazione geologica sia attraverso strumenti cartografici tradizionali che via WEB;
- rispondere al mandato istituzionale di aggiornamento della carta geologica e di costruzione del *database* geologico secondo il modello indicato dal progetto nazionale CARG-APAT.

Le principali problematiche affrontate sono qui di seguito sono citate e discusse.

- Per quanto riguarda la fase di rilevamento di terreno, sono stati individuati geologi esperti delle tematiche di rilevamento e con la necessaria predisposizione all'utilizzo degli strumenti informatici (GIS) per l'archiviazione del dato. I geologi rilevatori sono stati quindi istruiti nell'utilizzo dei *software* messi a loro disposizione e a eseguire le previste procedure di controllo qualitativo dei dati. Per accelerare i tempi di apprendimento i rilevatori sono stati affiancati da geologi con competenze informatiche specifiche, in modo da garantire un controllo continuo del flusso dei dati. Nella ricerca di geologi con queste competenze, si è potuto contare solo sulla loro predisposizione naturale all'utilizzo di strumenti GIS piuttosto che ad una loro precedente formazione in tal senso. Infatti, è solo negli ultimi anni che i corsi universitari di geologia prevedono l'insegnamento dell'impiego delle nuove tecnologie informatiche; dato che la cura con cui digitalizzazione dei dati raccolti sul terreno influenza tutte le fasi del lavoro (anche il momento in cui i dati sono registrati dal geologo su taccuino e carta), la mancata predisposizione all'utilizzo dei GIS può rappresentare, e effettivamente ha rappresentato, un freno alla velocità con cui i risultati prefissi sono raggiunti, incidendo anche sul livello qualitativo finale. Si è dovuto, quindi, far fronte alla formazione di geologi non abituati a pianificare il lavoro secondo una gestione informatizzata del dato raccolto.

- La disponibilità di un numero maggiore di geologi permetterebbe, ovviamente, la realizzazione del lavoro di terreno e di creazione della banca dati in tempi minori rispetto a quanto si sta verificando; purtroppo le risorse economiche disponibili hanno obbligato la ricerca di altre soluzioni, nel tentativo di accelerare comunque il lavoro, mantenendo invariata la qualità del rilevamento geologico e dei prodotti finali. Ad esempio: inizialmente ogni area veniva affidata a due geologi, uno per il rilevamento del substrato e uno per quello della copertura quaternaria; ma il processo di unione delle banche dati specializzate realizzate dai due geologi, inevitabilmente, allungava i tempi di creazione della banca dati di sintesi a causa degli aggiustamenti geometrici necessari a rendere compatibili e sovrapponibili i due *dataset* o trovare accordi fra le diverse interpretazioni delle problematiche comuni. In particolari casi e per specifiche aree, il rilevamento è stato quindi affidato ad un unico rilevatore, sotto la supervisione di due coordinatori esperti del settore. Questa soluzione ha reso possibile il raggiungimento del previsto livello qualitativo del rilevamento e della banca dati derivata, nel contemporaneo contenimento dei tempi e dei costi di esercizio.

- Gli strumenti, le procedure e le interfacce grafiche create per l'esecuzione del lavoro di digitalizzazione, controllo e consolidamento della banca dati, non sempre si sono rivelati così semplici da utilizzare come si sarebbe voluto. D'altra parte, come già accennato, non sempre le "attitudini" e capacità informatiche dei geologi si sono rivelate tali da permettere l'utilizzo degli strumenti e procedure implementate. L'ascolto delle esigenze dei geologi impegnati nel lavoro ma soprattutto l'introduzione nell'organico del Sistema Informativo Geologico di geologi con competenze informatiche specifiche (e in qualche caso essi stessi rilevatori di terreno), ha creato il necessario supporto tecnico-disciplinare per far fronte alle difficoltà emergenti nello svolgimento del lavoro.

- Un difetto individuato nel sistema riguarda la non sempre corretta e/o completa descrizione degli attributi delle entità geologiche. La loro definizione può non essere univoca per i diversi geologi che, quindi,

rischiano di utilizzare la stessa codifica per indicare oggetti diversi o codifiche diverse per uno stesso oggetto. Ad esempio le definizioni di elementi quali l'orlo di terrazzo" e l'orlo di scarpata di erosione" potrebbero essere utilizzati come sinonimi, indicando genericamente l'intersezione tra una superficie sub-orizzontale e la superficie di erosione che la interseca. D'altra parte il secondo termine (orlo di scarpata di erosione) potrebbe essere utilizzato come il più generale (tutti gli orli di terrazzo sono orli di scarpata di erosione...) lasciando margini di incertezza. Il semplice esempio richiama l'attenzione sull'esigenza di fornire al geologo di terreno una documentazione organizzata in elenchi il più dettagliati possibile, dove siano spiegati dettagliatamente i termini utilizzati (una sorta di glossario) per veicolare la raccolta omogenea fra tutte le aree rilevate e per tutti i geologi rilevatori; infatti ogni elemento può essere descritto con un diverso grado di approfondimento nella descrizione a seconda del livello di conoscenza raggiunto. La banca dati dovrebbe essere in grado di adeguarsi a tale variabilità, permettendo quindi l'inserimento di informazioni più o meno dettagliate attraverso una strutturazione opportunamente gerarchizzata degli attributi. Ad esempio una "superficie di clivaggio", potrebbe essere meglio particolareggiata attraverso una serie di sottocategorie che ne specificano le caratteristiche geometriche o di genesi (...di crenulazione, ...di frattura, etc.), lasciando la libertà di definire il livello di dettaglio, fissando comunque una soglia minima di informazione obbligatoria. Ovviamente la possibilità di inserire maggiori informazioni, può creare un'ulteriore incertezza nel confronto fra zone a maggiore o minore dettaglio. Ad esempio, se in una zona ho segnalato la presenza di clivaggi senza inserire ulteriori caratteristiche geometriche o di genesi per un'oggettiva difficoltà a riconoscerli, mentre in quella adiacente tali informazioni aggiuntive sono invece facilmente rilevabili, sulla mappa (o in banca dati), potrà non essere chiara (o potrà generare interpretazioni errate) la ragione della differenza di approfondimento dei dettagli fra aree geologicamente confrontabili. I metadati strutturati nelle banche dati informatizzate forniscono lo strumento adatto a rendere maggiormente accessibili informazioni aggiuntive, ad esempio, per spiegare disomogeneità come quella citata. Per quanto riguarda la cartografia tradizionale questa informazione aggiuntiva dovrà essere contenuta nelle note illustrative in gran parte direttamente derivabile dai metadati.

- Per quanto riguarda la possibilità di archiviare, oltre ai dati, anche le interpretazioni derivate, il sistema CARGeo, probabilmente, non ha centrato in pieno questo obiettivo, i dati, ma soprattutto i metadati, spesso non sono compilati correttamente o completamente dai rilevatori. In questo periodo storico, vi sono geologi rilevatori di grande professionalità nel lavoro di terreno che, per mancanza di abitudine e impostazione personale, fanno fatica a considerare il trattamento del dato in funzione del suo riversamento in un database informatico georeferenziato, come parte integrante del proprio lavoro. L'informatizzazione, a volte, è considerata un'attività che riguarda completamente altre figure professionali. Per tentare di venire incontro a questa difficoltà "culturale", probabilmente, oltre a migliorare gli strumenti messi a disposizione per completare il lavoro (compilazione semplificata e guidata dei dati e metadati), è necessario attendere che la "cultura" informatica trovi il suo giusto spazio fra le attività dei geologi rilevatori. Lo sforzo, comunque è teso alla realizzazione di un database geografico in grado di archiviare informazioni ben dettagliate e dotate di opportuni metadati, flessibile ad eventuali (e prevedibili) future esigenze di aggiornamento, attraverso il mantenimento di dati disaggregati in funzione di una loro futura eventuale diversa aggregazione. Nella fase di ripensamento del sistema è stata analizzata anche un'interessante tipologia di modello organizzativo dei dati e, in particolare, dei metadati. È il *knowledge base* per la descrizione e gestione dei dati proposto da Balestro (2005). Consiste nella possibilità di archiviare, oltre ai dati, processi conoscitivi e interpretazioni derivate, attraverso l'uso di tabelle, sotto forma di percorsi guidati. Si tratta di strumenti di aggregazione e metadati in grado di mettere in relazione oggetti geologici compositi e concetti. Risulterebbe dunque possibile l'inserimento, in ambito GIS, dei processi conoscitivi dal dato originario alle interpretazioni derivate.

- È attualmente in corso una ristrutturazione del SIG che coinvolge soprattutto la piattaforma GIS (strumenti informatici e interfacce grafiche per l'esecuzione del lavoro), ma anche le modalità di esecuzione delle procedure per la creazione della banca dati vera e propria.

In sintesi, per quanto riguarda la componente informatica, l'ambiente di inserimento e controllo dei dati (CARGeo) attualmente è costituito da:

- piattaforma ARCVIEW® 3.x per l'editing grafico georeferenziato delle geometrie puntiformi e linear;
- interfacce grafiche create con VISUAL BASIC® per l'associazione agli *shapefile* degli attributi;
- gli attributi sono organizzati in una banca dati ACCESS® attraverso cui sono gestite le relazioni logiche fra gli oggetti geologici
- per l'esecuzione dei controlli geometrici e per la creazione degli output finali (*coverage*) alle varie scale e secondo i due modelli di banca dati (CARG - RL e CARG-APAT) sono sfruttate le funzionalità di ARC/Info® 7.x . Il nuovo ambiente in corso di sviluppo sulla piattaforma ArcGis® (che si chiama "CargGis") integra in un unico sistema tutte le funzionalità sopra elencate; questo dovrebbe portare alla semplificazione

delle procedure di trasformazione del dato, accelerando i tempi di esecuzione e mantenendo o addirittura aumentando il livello qualitativo.

In conclusione mi preme sottolineare come le esigenze specifiche delle attività di terreno dei geologi rilevatori siano state poste al centro di tutto il processo di costruzione, prima, e di manutenzione poi del SIG, nella convinzione che non esistano strumentazioni informatiche in grado di sostituire il lavoro di terreno. Nel nostro caso le specifiche competenze geologico-informatiche presenti nel gruppo di lavoro della RL, hanno stimolato la crescita del sistema secondo questo approccio.



BIBLIOGRAFIA

AA.VV. - 1992 - BANCA DATI GEOLOGICI Progetto CARG - Guida al rilevamento- Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, vol. 1 CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - 1:50.000

AA.VV. - 1997 - BANCA DATI GEOLOGICI Linee guida per l'informatizzazione e per l'allestimento per la stampa dalla banca dati - Quaderni Serie III del Servizio Geologico Nazionale, vol. 6 CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - 1:50.000

AA.VV. - 2005 - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - stato di attuazione del progetto CARG. (http://www.apat.gov.it/site/_contentfiles/00140800/140841_carta_geologica.pdf)

Akciz, S.O., Sheehan, D.D., Niemi, N.A., Nguyen, H., Hutchison, W.E., Carr, C.E., Hodges, K.V., Burchfiel, B.C., Fuller, E. - 2002 - What does it take to collect GIS data in the field ? - Proceedings of GSA Annual Meeting, Denver, pp. 185–129 (<http://www.geosociety.org/meetings/2002/>)

Aronoff, S. - 1991 - Geographic Information Systems: A Management Perspective- WDL Publications, Ottawa, 2°, 294 pp.

Bain K. & Giles J.R. - 1997 - A standard data model for storage of geological map data- Computer & Geoscience Vol. 23, No. 6, pp 613-620

Bain K. & Giles J.R. - 1993 - The BGS digital map production system. Overview of the Logical Data Model. - British Geological Survey Technical Report WO/93/20R, Keyworth, Nottingham, 17 p.

Balestro G. - 2005 - Metodologie di analisi strutturale e utilizzo di sistemi informativi geografici- Tesi di dottorato - Università degli Studi di Torino

Berra F., Brunori C.A., Mozzi E., Piccin A., Siletto G. - 2005 - GIS e cartografia geologica: problemi e soluzioni nell'ambito del progetto carg - Regione Lombardia- Atti 5° Forum Italiano Scienze della Terra - Spoleto 21-21 sett.2005

Berra F., Liguori F., Piccin A., Mozzi E., Siletto G.B. - 2000- Contenuto informativo e schema concettuale della base dati geologica- Ed. Regione Lombardia - Progetto CARG

Brimhall, G.H., Vanegas, A.,- 2001 - Removing Science Workflow Barriers to Adoption of Digital Geological Mapping by Using the GeoMapper Universal Program and Visual User Interface. - In: Soller, D.R. (Ed.), Digital Mapping Techniques '01—Workshop Proceedings. US Geological Survey Open-File Report 01-223, pp. 103–114 (<http://pubs.usgs.gov/of/2001/of01-223/brimhall.html>).

Briner A.P., Kronenberg H., Mazurek M., Horton H., Engi M. and Peters T. - 1999 - Fieldbook and geodatabase-tools for field data acquisition and analysis- Computers & Geosciences, 25 (10), 1101-1111

Brodaric, B.,- 2004 - The design of GSC FieldLog: ontology-based software for computer aided geological field mapping. - Computers & Geosciences 30 (1), 5–20.

Brunori C.A., Siletto G., Piccin A., Berra F, Mozzi E. - 2006 - Verso un Sistema Informativo Geologico: l'applicativo CARGeo per la banca dati Geologica della Regione Lombardia - Rend. Soc. Geol. It., 4 (2007), Nuova Serie, 91-96.

Burrough, P. - 1986 - Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment - Clarendon Press, Oxford, U.K, 194pp.

Buttenfield B.P. & Mackaness W.A. - 1991 - Visualization (in Geographic Information Systems: principles and applications, Ed Mcguire et al. 1991)- In Geographic Information Systems: principles and applications, Ed Mcguire et al. . Harlow, UK. Longman

Cathro, W - 1997 - Metadata: an overview - Standards Australia Seminars, august 1997 (<http://www.nla.gov.au/nla/staffpaper/cathro3.html>)

- Chen, P.P.S. - 1976 - The entity-relationship model: toward a unified view of data. - ACM Transactions on Database Systems, 1(1).
- Clarke K. C. - 2001 - Getting started with geographic information systems- Prentice Hall Upper Saddle River, NJ
- Cowen D.J. - 1988 - GIS versus CAD versus DBMS: wath are the differences?- Potogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54: 1551-4
- Cruden e Varnes- 1994 - Landslide types and processes - Ed. Cruden. National Academy of Science
- De Carolis G. - 1987 - Sistemi Informativi Territoriali: teorie ed esperienze- Roma, Alinea
- De Donatis M, Bruciatelli L. - 2006 - MAP IT: The GIS software for field mapping with tablet PC- Computers & Geosciences, 32, 673-680
- DoE - Department of Environment (AA.VV.) - 1987 - Handling Geographic Information- HMSO, London
- ESRI - 1997 a - White Paper, The Future of GIS on the Internet. - ESRI, Redlands, California (11 pp)
- ESRI - 1997 b - White Paper, How ESRI Uses the Internet/Intranet to Deliver GIS On-line- ESRI, Redlands, California (12 pp)
- Gomasasca M., Boschetti M., Brunori C.A., Colombo A., Colombo R., Meroni M. - 2001 - Telerilevamento- In "Per una cartografia tematica Lombarda" Ed. Sartori F. - Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano (pp. 379-404)
- Goodchild M.F. - 1990 - Keynode addresses: spatial information science- Proceedings, Fourth International Symposium on Spatial Data Handling, Zsurich, I, 13-14
- Goodchild M.F. - 1991 - Keynode addresses: Progress on the GIS research agenda- Proceedings, EGIS 91, Brussels, pp. 342-350
- Green D., Bossomayer T. - 2002 - Online GIS and spatial Matadata- London and New York, Taylor and Francys ed.
- Healey R.G. - 1991 - Database management systems - Logman, London, pp. 257-67. Vol. 1
- Horn P. - 1999 - GIS Data conversion: Strategies techniques and management- Santa Fe, New Mexico, OnWorks Press
- Howard, A.S.,- 2002 - Capturing digital data in the field—The British Geological Survey's SIGMA Project: digital field data capture in a corporate context- In: Proceedings of Capturing Digital Data in the Field Workshop 2002 (<http://www.bgs.ac.uk/dfdc/details.html>).
- Laurini, R. and Thompson, D.,- 1992 - Fundamentals of Spatial Information Systems- Academic Press, New York, 680 pp.
- Laxton J.L. And Backen K. - 1996 - The design and implementation of a spatial database for the production of geological maps- Computers & Geosciences 22, 723-733
- Lettieri M.T., Carta R., Apuzzo R. - 2007 - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 stato di attuazione del progetto Carg. http://www.apat.gov.it/site/_files/SuoloCARG/carg_stato_attuazione_06_07.pdf
- Longley P., Goodchild M.F., Macguire D.J. and Rhind D. - 2001 - Geographic Information Systems and science. - Ed. Wiley, London
- Macguire D.J., Goodchild M.F. and Rhind D. W. - 1991 - Geographic Information Systems: principles and applications- Harlow, UK: Longman

- Marble, D.F. - 1984 - Geographic Information System: An overview. - In: Pecora 9 Conference, Sioux Fall, SD, Vol. 9, pp. 18-24.
- Negri M., Toccolini A., Fumagalli N. - 2001 - Significato di SIT e GIS- In "Per una cartografia tematica Lombarda" Ed. Sartori F. - Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano (pp. 409-421)
- Pelagatti, G. - 1992 - Strutturazione ed accesso ai dati del Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia. - Ed. Regione Lombardia
- Pelagatti, G. - 1993 - GEO_ER: il modello concettuale del Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia- Ed. Regione Lombardia
- Rossi M., Sarli D. - 1997 - Sistema Informativo del Servizio Geologico della Regione Lombardia- Report tecnico. Lombardia Informatica S.PA. - Milano
- Sartori F. (Ed.)- 2001 - Per una Cartografia tematica lombarda- Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano
- Smith T.R., Su J., Agrawal D., Abadi A. - 1993 - Database and Modeling Systems for the Earth Sciences - IEEE Data Eng. Bull. 16(1): 33-37
- Salvi S., Quattrocchi F., Brunori C.A., Doumaz F., Angelone M., Billi A., Buongiorno F., Funicello R., Guerra M., Mele G., Pizzino L. e Salvini F. - 1999 - A multidisciplinary approach to earthquake research: implementation of a Geochemical Geographic Information System for the Gargano site, Southern Italy- Natural Hazards, 20, 255-278
- Soller D.R. (Ed.) - 2000 - Digital Mapping Techniques - 00 Workshp Proceedings. US Geological Survey Open-File Report 00-325,209pp. (<http://pubs.usgs.gov/of/of00-325/>)
- Spollsky J. - 2005 - Joel e il Software- Arnoldo Mondadori Editore, 2005
- Star, J. and Estes, J. - 1990- Geographic Information Systems: An Introduction. - Prentice Hall, Englewood, Cliffs, NJ, 303 pp.
- Su Y., Slottow J., Mozes A. - 2000 - Distributing proprietary geographic data on the World Wide Web - UCLA GIS Database and Map Server- Computers & Geosciences, 26, 741-749
- Toccolini, A., Angileri, V- 1992 - I sistemi informativi per la pianificazione del territorio rurale. - Genio Rurale, 12: 55-61
- Twiss R.J. And Moores E.M. - 1992 - Structural geology - H. Freeman and Co. New York
- Vitek J.D., Giardino J.R., Fitzgerald J.W. - 1995- Mapping Geomorphology: A journey from paper maps, through computer mapping to GIS and Virtual Reality- Geomorphology 16, 223-249
- Wadge, G. - 1992 a - Geological applications of GIS - Journal of Geological Society of London 149, 672
- Wadge, G. - 1992 b - GIS for geology- Terra Nova 3(1), 93-98
- Walker, J. D., Black, R. A., Linn, J. K., Thomas, A. J., Wiseman, R. and D'Attilio, M. G. - 1996 - Development of geographic information systems: oriented databases for integrated geological and geophysical applications- GSA Today 6(3), 1-7
- Wayne L. - 2001 - Istituzionalize metadata before it istituzionalizes you- URSIA 2001
- Weijermars R.F. - 1985 - Mapping of major fold closures from minor structures - a review of the relative merits of vergence, facing and S-Z concepts. - International Journal of Earth Sciences - Springer
- Cremonini G. - 1985- Rilevamento Geologico- Pitagora Editrice, Bologna
- Damiani A. V. - 1994 - Geologia sul terreno e rilevamento Geologico. - Editoriale Grasso, Bologna

Seneca L. A. (il "giovane") - 1998 - *Naturales Quaestiones* - [traduzione italiana in *Questioni Naturali*, a cura di D. Vottero] - UTET, Torino