

## 5b. Le carte geologiche: un panorama a tinte forti

### 5.11 Caratteristiche, realizzazione e uso delle carte geologiche

#### 5.11.1 Cos'è la carta geologica?

La carta geologica è una carta tematica che riporta i diversi tipi di rocce presenti sulla superficie della Terra. Le diverse rocce sono rappresentate con colori mentre i diversi tipi di contatti sono rappresentati con linee. Simboli puntiformi riportano osservazioni specifiche o oggetti di piccole dimensioni. La carta geologica descrive l'anatomia di un territorio, riportando sia rocce e depositi superficiali, sia le loro relazioni, deducendo la loro presenza al di sotto di foreste, suoli e aree urbane. La carta geologica comprende sempre una legenda, dove vengono illustrati i significati di ogni colore, linea o simbolo, essenziale per comprendere la carta geologica. I dati geologici sono riportati su una base topografica, in modo che l'utilizzatore possa "leggere" sia la forma del territorio (carta topografica) sia la distribuzione delle rocce (aree colorate). Le carte geologiche sono oggetti tridimensionali: l'intersezione tra i limiti geologici (che delimitano le aree colorate) e la superficie topografica (descritta dalle curve di livello) fornisce informazioni sulle relazioni tra le diverse rocce, aiutando il geologo a prevedere le geometrie dei corpi rocciosi nel sottosuolo. La natura tridimensionale delle carte geologiche è ulteriormente documentata dalla tipica presenza nella mappa stessa, di "sezioni geologiche" che illustrano al lettore la geologia nel sottosuolo. Le carte geologiche sono quindi strumenti per l'archiviazione di informazioni geologiche relative alle tipologie e caratteristiche delle rocce che affiorano in una determinata area: tali dati sono a disposizione di qualsiasi utente. L'uso delle carte geologiche è fondamentale per la gestione del territorio: le carte geologiche sono indispensabili per effettuare zonazioni sismiche, valutare rischi naturali, progettare opere ingegneristiche (ponti, dighe, gallerie etc.), gestire

risorse naturali. La carta geologica rappresenta la soluzione, utilizzata a livello mondiale, per poter rappresentare informazioni geologiche e per comunicare a chiunque elementi indispensabili per la corretta gestione dei territori. Il loro utilizzo è diffuso in tutti i paesi del mondo (Fig. 5.13): dall'anno di realizzazione della prima carta geologica "moderna" da parte di William Smith ("A Geological Map of England and Wales and Part of Scotland", 1815), la maggior parte delle nazioni ha promosso, spesso grazie a servizi geologici nazionali, la realizzazione di carte geologiche ufficiali, per coprire tutto il territorio nazionale.

Queste carte geologiche ufficiali sono realizzate con un approccio omogeneo (dal punto di vista dei criteri utilizzati e della simbologia, come avviene per le carte topografiche ufficiali), al fine di rappresentare in maniera omogenea territori nazionali anche molto estesi. La carta geologica deriva da dati osservati direttamente e



da aree interpretate secondo le conoscenze scientifiche del momento. Poiché la geologia è una scienza giovane ancora in evoluzione, le carte geologiche necessitano di revisioni ed aggiornamenti in base all'aumento delle conoscenze geologiche: le carte geologiche devono essere considerate come prodotti che necessitano di una "manutenzione" continua piuttosto che carte statiche e definitive. Per questo motivo le carte geologiche devono essere periodicamente aggiornate.



Figure 5.13 Carta geologica di William Smith (1815, a sinistra) e carta geologica d'Italia (2011, sopra): conoscenze geologiche e dettaglio sono cambiati, mentre i concetti di base della rappresentazione degli oggetti geologici sono rimasti essenzialmente gli stessi.

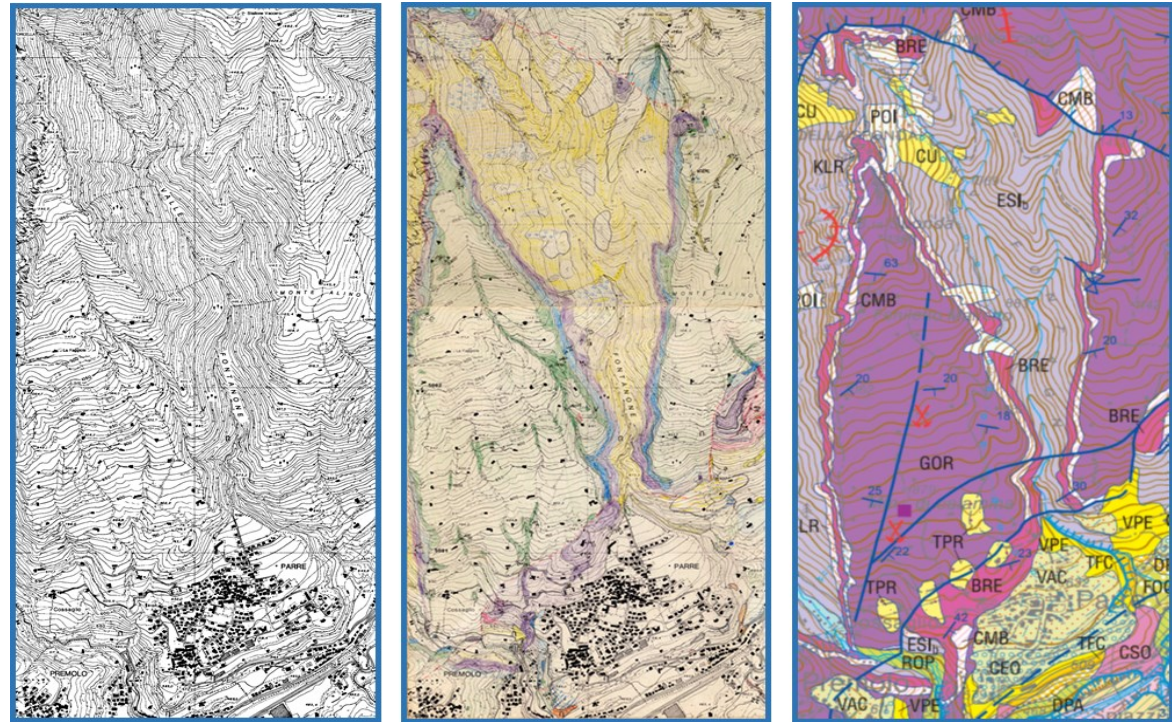
### 5.11.1 Come si realizza una carta geologica

Per realizzare una carta geologica sono necessari tre passaggi principali (fig. 5.14):

- Rilevamento geologico: il rilevamento di terreno è generalmente svolto ad una scala dettagliata (es. 1:10.000) e successivamente da questi rilievi si derivano carte a risoluzione minore. I geologi producono la bozza di carta geologica direttamente sul terreno, giorno per giorno (fig. 5.15).
- Analisi ed elaborazione dei dati: campioni delle rocce presenti vengono raccolti per analisi specifiche. Le rocce vengono caratterizzate in laboratorio per composizione (analisi chimiche ed al microscopio) e origine, per l'età (fossili o datazioni radiometriche) ed altro.



Figura 5.14 Flusso dei passaggi richiesti per la realizzazione di una carta geologica moderna.



- Gestione e archiviazione dei dati, produzione della mappa: dati di terreno e di laboratorio vengono elaborati insieme, per caratterizzare ogni unità geologica (cioè ogni colore sulla mappa) e per posizionare correttamente le unità sulla base topografica. Viene realizzata una legenda per i colori e simboli presenti nella mappa e vengono aggiunti schemi per rendere più agevole la lettura della carta geologica. Per lungo tempo le carte geologiche sono state prodotte con metodi tipografici, che richiedono un lungo lavoro artigianale. Queste carte riflettono le conoscenze geologiche al momento della loro realizzazione: sono prodotti statici che non possono essere aggiornati. Il recente sviluppo di strumenti digitali ha cambiato in maniera sostanziale il processo di realizzazione delle carte geologiche (fig. 5.15). Oggi le carte geologiche sono un prodotto a stampa di una banca dati GIS: carte geologiche

Figura 5.15 Dalla carta topografica alla carta geologica. Il rilevamento geologico è normalmente svolto a scala 1:10.000 su una base topografica (a sinistra). Il geologo perlustra il territorio riportando, sulla carta topografica con matite colorate, le diverse rocce presenti nell'area di studio ed i loro limiti (centro): la prima bozza di carta geologica è prodotta direttamente sul terreno. Successivamente, integrando i risultati delle analisi di laboratorio e i dati di terreno viene prodotta la carta geologica definitiva (a destra, Foglio 077 "Clusone", 2012). La carta geologica è essenzialmente una banca dati che illustra le caratteristiche e le problematiche di un territorio.

diverse possono essere stampate dalla stessa banca dati in funzione del loro scopo. Le carte geologiche possono essere facilmente aggiornate: la banca dati (digitale) contiene più informazioni di quelle presenti sulla mappa.

## 5.12. Carte geologiche: evoluzione nel tempo e uso pratico

Le carte geologiche sono fondamentali per la gestione del territorio in quanto ne illustrano l'assetto geologico e permettono di evidenziare situazioni e problemi che non possono essere identificati senza conoscere la distribuzione e le geometrie dei corpi rocciosi (diversi per composizione, origine e caratteristiche fisico-meccaniche) in uno specifico territorio. Per interpretare correttamente i dati contenuti in una carta geologica sono necessarie competenze geologiche, in quanto queste mappe contengono anche informazioni che possono essere comprese solamente con una competenza specifica. Poiché la geologia è una scienza "giovane" (rispetto a altre discipline quali la fisica o la chimica), su uno stesso territorio è possibile avere carte geologiche di diverse generazioni, ognuna delle quali rappresenta un aggiornamento delle precedenti, grazie ad un maggiore dettaglio dei dati ma anche delle conoscenze scientifiche. Le carte geologiche necessitano di continui aggiornamenti, in genere non per cambiamenti del territorio (che alla scala umana è geologicamente stabile, se si escludono episodi quali frane, terremoti o eruzioni vulcaniche) ma per l'aumento delle conoscenze dei processi geologici e per la disponibilità di nuovi dati. Inoltre, oltre al miglioramento delle conoscenze geologiche, anche gli strumenti per la gestione dei dati raccolti si è evoluto rapidamente negli ultimi due decenni: le nuove carte geologiche integrano un aumento dei dettagli con l'uso di strumenti digitali (tipicamente sistemi GIS) per gestire enormi quantità di dati geologici.

Per evidenziare l'importanza delle carte geologiche nella gestione del territorio, verranno illustrati alcuni esempi di come le conoscenze geologiche si sono sviluppate nel tempo e quanto esse siano utili per la gestione del territorio in cinque casi italiani, caratterizzati da problematiche geologiche differenti.

## 5.13 Carte geologiche nelle Alpi: un viaggio attraverso una scienza ed i suoi strumenti.

Un ottimo esempio di come l'evoluzione della geologia sia registrata da diverse generazioni di carte geologiche è rappresentata dal complesso settore alpino tra Italia, impero Austro-Ungarico e Svizzera, che fu oggetto di studi geologici sin dal XIX secolo. Questi studi pionieristici si svolsero in un settore geologicamente complesso dove, come oggi sappiamo, sono presenti unità tettoniche costituite da rocce metamorfiche e rocce sedimentarie.

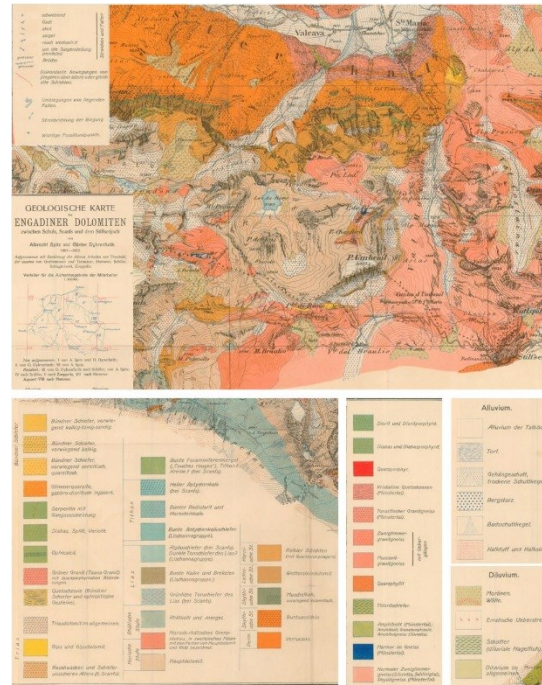
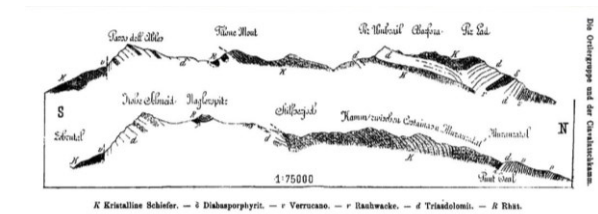


Fig. 5.16 Dettaglio della carta geologica di Spitz and Dyhrenfurth (1914: Collezione Cartografica Servizio Geologico d'Italia - Biblioteca ISPRA) Le sezioni geologiche a destra sono di Hammer (1908), che rappresento anche le intercalazioni calcaree nella successione dolomitica, visibili nella fotografia in basso (dalla cima dell'Ortles).

### 5.13.1 Gli albori della cartografia geologica

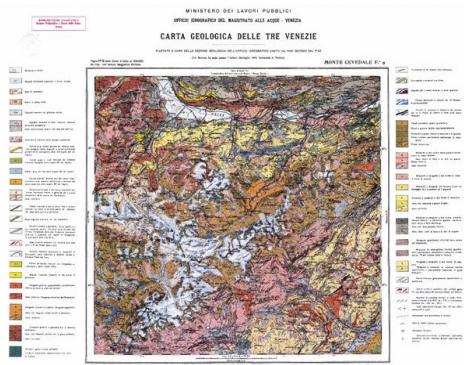
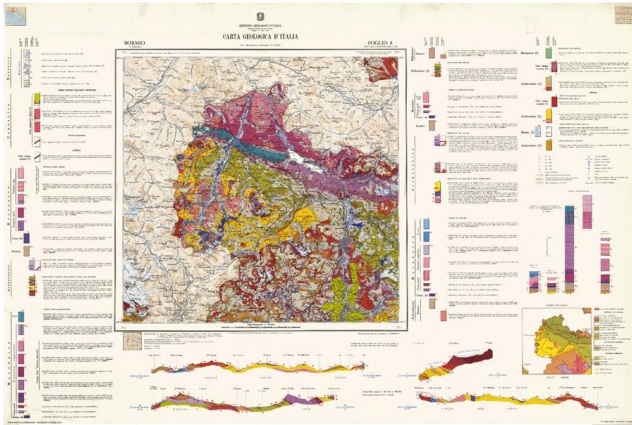
Nonostante la complessità geologica e l'asperità dei rilievi, fu realizzata da Albrecht Spitz e Günter Dyhrenfurth nel 1914 (fig. 5.16) una delle più spettacolari carte geologiche delle Alpi. Spitz e Dyhrenfurth (1914) realizzarono questa eccezionale opera geologica prima dello scoppio della Prima Guerra Mondiale (Dyhrenfurth morì durante la guerra mentre eseguire rilievi geologici): la maggior parte delle loro suddivisioni litologiche sono ancora utilizzate nelle carte più recenti.

In quegli anni il ruolo delle faglie nelle catene montuose non era ancora stato compreso pienamente, tanto che nella carta geologica i contatti tra rocce sono spesso rappresentati come contatti primari, non espressamente legati a faglie. Per quanto riguarda i criteri cartografici, gli autori utilizzano 1) per le unità Quaternarie una classificazione basata sulla tipologia di depositi, 2) per le unità metamorfiche una classificazione litologica, 3) per le unità sedimentarie una classificazione in parte "litostratigrafica" e in parte "cronostratigrafica", 4) per gli aspetti tettonici utilizzano un numero limitato di faglie (riconosciute solo dove rocce di diversa età sono a contatto o dove unità di basamento metamorfico sono sovra scorse al di sopra di unità sedimentarie).



### 5.13.2 Le carte geologiche ufficiali d'Italia del XX secolo

Sin dalla fine del XIX secolo in Italia si sviluppò un progetto di cartografia nazionale a scala 1:100.000. Il Foglio 009 "Monte Cevedale" fu pubblicato nel 1951, l'adiacente Foglio 008 "Bormio" nel 1979 (fig. 5.17). Le due carte geologiche utilizzano criteri differenti.



5.17 Carte geologiche 1:100.000 "Bormio" (in alto) e "Cevedale" (in basso) 1:100.000, rappresentate alla stessa scala: nel foglio più nuovo (in alto) sono presenti più informazioni, come si vede dalla legenda più dettagliata, dalle sezioni geologiche e dagli schemi tettonici e stratigrafici.

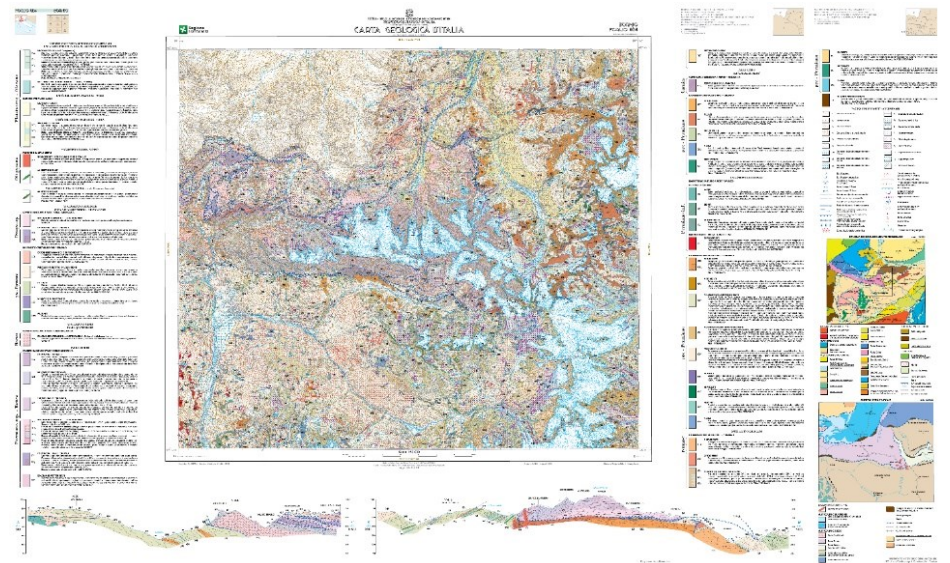
Dopo la Seconda Guerra Mondiale, le conoscenze geologiche si sono sviluppate velocemente e i metodi di rappresentazione cartografica sono cambiati- Oltre all'aumento del dettaglio, queste carte si differenziano per l'uso di nuovi criteri (litostratigrafici) per la cartografia di rocce sedimentarie e metamorfiche, mentre anche le conoscenze tettoniche si sono sviluppate ulteriormente. Confrontando le due carte geologiche si osservano cambiamenti sostanziali, anche considerando il breve periodo trascorso tra le loro pubblicazioni: 1) il basamento è classificato per litologie (foglio Cevedale) e con criteri litostratigrafici (Foglio Bormio), 2) prevalenza di "orizzonti milonitici" (foglio Cevedale) rispetto al più moderno uso di faglie e sovrascorrimenti (Foglio Bormio); 3) depositi Quaternari rappresentati con criteri litologici e morfologici in entrambe le carte, 4) presenza di schemi accessori (sezioni geologiche, schemi tettonici e stratigrafici) nel foglio Bormio.

### 5.13.3 Da carte tipografiche a banche dati digitali: rappresentare i fenomeni geologici nel XXI secolo

La disponibilità di strumenti digitali per la gestione di dati geologici ha permesso di sviluppare nuovi metodi di raccolta e archiviazione dei dati per la produzione di carte geologiche: nel nuovo progetto di cartografia geologica italiana a scala 1:50.000 (Progetto CARG) è stato introdotto l'uso di banche dati GIS. Questo approccio digitale ha due maggiori implicazioni: 1) il rigore nella raccolta, archiviazione e rappresentazione sono stati aggiornati; 2) i dati geologici

sono archiviati in un sistema nazionale (costruito con criteri omogenei di raccolta dati) in grado di poter essere interrogato dall'utente. La carta geologica diventa quindi una delle possibili elaborazioni della banca dati. Nel foglio geologico "Bormio" 1:50.000 (Fig. 5.18) vengono introdotti nuovi criteri di cartografia geologica: 1) i depositi quaternari sono classificati come "unità a limiti non conformi" e non solo in base alla litologia, 2) le rocce metamorfiche sono raggruppate in unità tettono-metamorfiche, 3) la classificazione litostratigrafica delle unità sedimentarie si arricchisce di informazioni relative agli ambienti deposizionali, 4) i contatti tettonici sono classificati in funzione della tipologia di movimento (cinematica), 5) la carta geologica è l'espressione di un sottoinsieme selezionato dei dati presenti nella banca dati digitale, che può essere utilizzata per elaborare altri prodotti cartografici

Fig. 5.18 Nuovo foglio geologico 1:50.000 "Bormio", ottenuto da una banca dati digitale.



Le carte geologiche in formato digitale (quali quelle prodotte nell'ambito del Progetto CARG) possono essere utilizzate per produrre modelli geologici tridimensionali (fig. 5.19), aiutando significativamente i geologi nella più precisa definizione dei rischi e delle risorse del territorio.

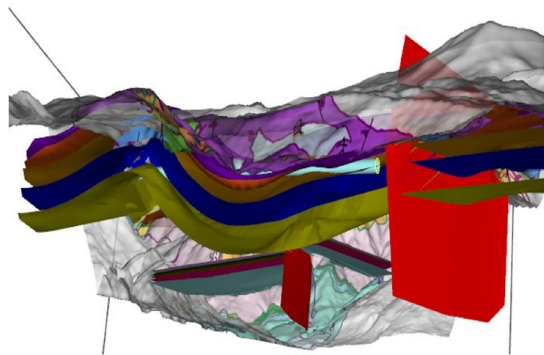
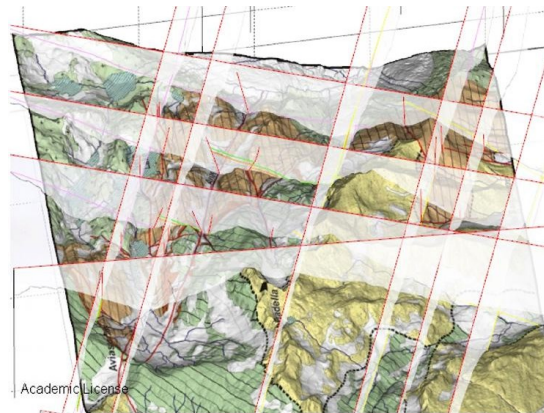


Fig. 5.19 Esempio di un modello 3D ottenuto con il software Move® (Midland Valley) dalla banca dati del Progetto CARG, in grado di mostrare l'enorme potenziale delle carte geologiche di ultima generazione per la comprensione delle strutture geologiche, soprattutto in aree geologicamente complesse.

## 5.14 La cartografia geologica in Pianura Padana: mappare la geologia di superficie per comprendere la geologia del sottosuolo

Le vaste aree di pianura, generalmente densamente popolate, per lungo tempo sono state considerate non interessanti da un punto di vista geologico, a causa della mancanza di rocce affioranti e di esposizioni spettacolari di quei fenomeni che governano l'evoluzione della terra (catene montuose, frane ...). Tuttavia i geologi hanno accettato la sfida di capire e descrivere, anche attraverso le mappe, la geologia di superficie e sottosuolo di queste aree "dove l'essenziale è invisibile agli occhi" (de Saint-Exupéry, 1943). La Pianura Padana, una delle più grandi pianure alluvionali d'Europa, rappresenta un buon esempio dell'evoluzione della cartografia geologica e delle conoscenze legate alle aree pianeggianti.

### 5.14.1 Gli albori della cartografia geologica

Nella prima generazione di carte geologiche della Pianura Padana (Sacco, 1892) le rocce "affioranti" erano poco differenziate (fig.5.20), rappresentate prevalentemente da depositi alluvionali quaternari. Solo alcune caratteristiche di questi depositi venivano registrate dai colori utilizzati per distinguerli e mapparli, inoltre i contatti tettonici non erano mappati. Termini come Diluvium, Terrazziano o Sahariano erano utilizzati per indicare contemporaneamente l'età e la genesi dei sedimenti. Federico Sacco, 30 anni dopo il suo primo lavoro sul campo e la sua prima carta geologica, raccolse nuovi dati sul campo e produsse una nuova cartografia della stessa area: la prima carta geologica ufficiale. Questa nuova carta geologica (fig. 5.21) include alcune importanti novità: i depositi quaternari sono stati suddivisi in un numero maggiore di unità e sono stati adottati termini cronologici "moderni", come "Pleistocene" (**Plistocene** nella leggenda) e "**Olocene**".

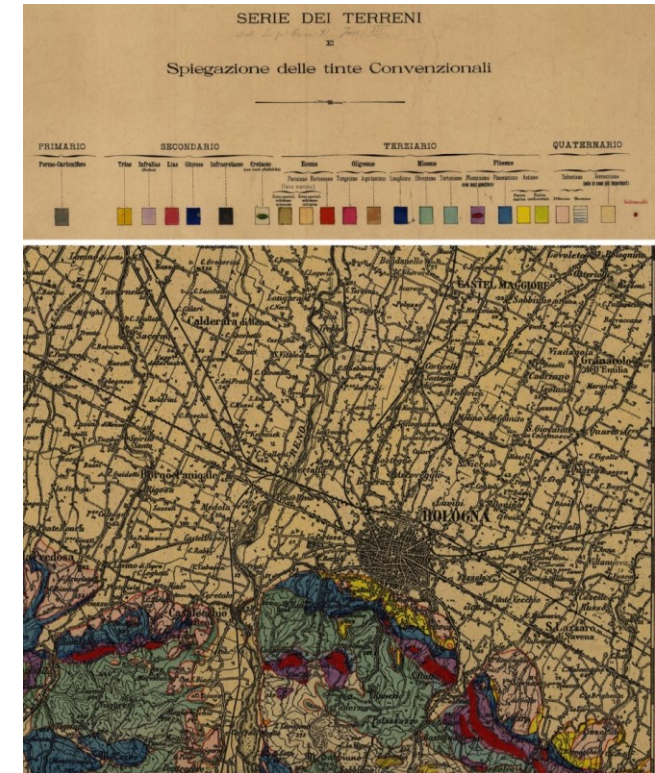


Fig. 5.20 Dettaglio della carta geologica realizzata da F. Sacco nel 1892, come indicato legenda i colori indicano differenti tipi di unità geologiche (Collezione Cartografica Servizio Geologico d'Italia - Biblioteca ISPRA).

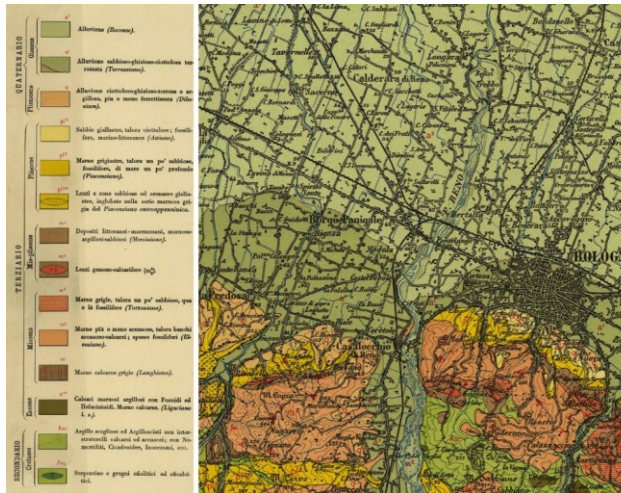


Fig. 5.21 Dettaglio della prima edizione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 - Foglio 87 "Bologna" (1932) (Collezione Cartografica Servizio Geologico d'Italia - Biblioteca ISPRA). L'area rappresentata è la stessa di fig. 5.20.

### 5.14.2 Le carte geologiche ufficiali d'Italia del XX secolo

Sostanziali avanzamenti e miglioramenti nella mappatura della geologia delle aree pianeggianti sono stati introdotti con la nuova serie (II edizione) della carta geologica d'Italia 1: 100.000: la differenziazione delle unità quaternarie basata sull'età, sulla litologia, sulla morfologia e sull'ambiente di sedimentazione. Inoltre, una prima rappresentazione delle strutture del sottosuolo, basata sui dati derivanti dalle attività di esplorazione per la ricerca di idrocarburi, arricchisce queste carte geologiche. Con la realizzazione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 vengono adottati nuovi concetti stratigrafici (Unconformity Bounded Stratigraphic Unit) e ulteriori informazioni, derivanti da indagini geofisiche e geotecniche, consentono un approfondimento delle conoscenze delle strutture nel sottosuolo. Sono stati inoltre introdotti nuovi elementi grafici: sovrassegni per distinguere i sistemi deposizionali e le litologie, carte di

sottosuolo dove viene rappresentata, attraverso isobate, la profondità di unità specifiche, sezioni geologiche con scala verticale esagerata per descrivere le geometrie e le variazioni laterali dei depositi anche molto sottili e poco profondi (fig.5.22).

### 5.14.3 Studi di liquefazione dei terremoti e geologia suburbana

Fenomeni di liquefazione del suolo avvengono quando un terreno, saturo o parzialmente saturo, perde resistenza e consistenza, diventando sciolto e inconsistente (come le sabbie mobili), in risposta a una sollecitazione che determina un cambiamento improvviso dello stato di stress, ad esempio lo scuotimento prodotto da un terremoto. Durante e subito dopo la sequenza sismica dell'Emilia (maggio 2012) sono stati osservati e mappati diversi effetti di liquefazione del suolo (fig. 5.23); Essi sono stati individuati in corrispondenza di sabbia di argine e canale.

Questi fenomeni hanno evidenziato l'importanza di disporre di una cartografia geologica dettagliata in aree pianeggianti; la carta geologica alla scala 1: 50.000 infatti

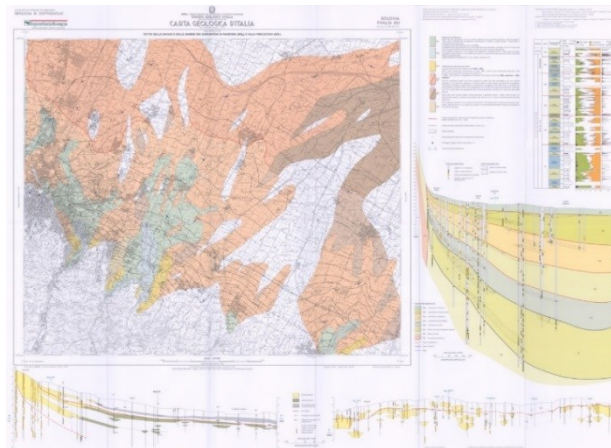
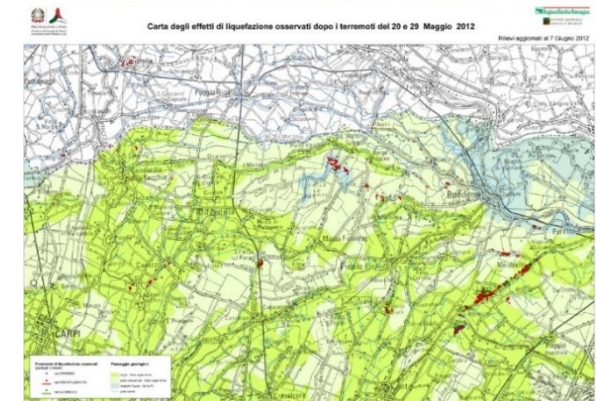


Fig. 5.22 Carta di sottosuolo abbinata alla Carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 scale - Foglio 221 "Bologna" (2009). Sezioni geologiche e schemi supportano la rappresentazione delle variazioni laterali dei depositi quaternari.

contiene già la rappresentazione delle sabbie di argine e canale e le informazioni sulla tessitura e granulometria dei terreni, informazioni necessarie per identificare le aree più facilmente soggette a fenomeni di liquefazione.



Fig. 5.23 sopra: fenomeno di liquefazione osservato nella zona di San Carlo dopo il terremoto (maggio 2012, foto: P. Di Manna - ISPRA); sotto: la mappa mostra la posizione dei fenomeni di liquefazione (punti colorati) in relazione alla distribuzione delle sabbie di canale e argine (Gruppo di Lavoro Liquefazione – Dip. Protezione Civile Nazionale e Regione Emilia Romagna, 2012).



## 5.15 Appennino Centrale: la piana del Fucino e L'Aquila

La cartografia geologica dell'Appennino Centrale ha una lunga storia: dalla metà del 1800 ad oggi. Le carte geologiche di questa regione sono caratterizzate da un crescente grado di dettaglio, a partire da differenziazioni dei depositi molto generiche fino al dettaglio utile per gli studi di microzonazione sismica.

### 5.15.1 Gli albori della cartografia geologica

Già nella metà dell'800 la conoscenza e la cartografia geologica erano considerate come strategiche per scoprire la presenza e disponibilità di risorse naturali.

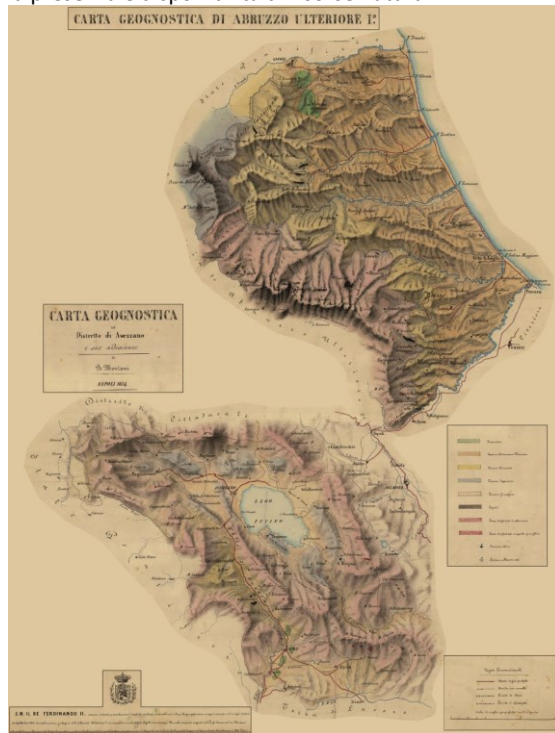


Fig. 5.24 Carte geologiche della regione abruzzese realizzate da B. Montani nel 1854 (Collezione Cartografica Servizio Geologico d'Italia - Biblioteca ISPRA); colori e simboli indicano i differenti tipi di rocce ma anche strade per cavalli e le strade postali del Regno.

Il 14 ottobre 1853 Ferdinando II di Borbone, Re delle Due Sicilie, commissionò al prof. Bonaventura Montani la realizzazione di una carta geologica con lo scopo principale di non lasciare inutilizzate le risorse naturali del regno e di esplorare la geologia della regione abruzzese, "alla ricerca di combustibili fossili e risorse minerarie". Nelle sue carte le rocce furono distinte principalmente secondo criteri cronologici abbinati a dettagli bio-litologici, e furono usati colori specifici per identificare le "risorse" (ad esempio, lignite, ferro) (fig. 5.24). Le carte del Montani rappresentano non solo un primo tentativo di cartografia geologica a scala regionale, ma anche l'evoluzione dell'area (fig. 5.25): il lago Fucino, rappresentato nel lavoro di Montani, è stato successivamente artificialmente drenato tra il 1855 e il 1878 e ora l'area è piana asciutta e fertile.



Fig. 5.25 Sopra: il dettaglio della carta di B. Montani e la sezione geologica mostrano il lago del Fucino prima della bonifica avvenuta tra il 1855 e il 1878; sotto: l'immagine satellitare mostra l'attuale conformazione della piana del Fucino (NASA – ISS Crew Earth Observations experiment, ISS016-E-30337).

### 5.15.2 Le carte geologiche ufficiali

Un netto cambiamento nella cartografia geologica della regione abruzzese (aree del Fucino e L'Aquila) è registrato dalla nuova carta geologica a scala 1: 50.000. Un approccio moderno alla descrizione e alla suddivisione delle unità geologiche, sia i depositi quaternari continentali che le successioni sedimentarie pre-quaternarie, è evidenziato dal gran numero di unità distinte e cartografate, in grado di fornire agli utilizzatori della carta una ricostruzione dettagliata dell'evoluzione paleogeografica e strutturale (fig. 5.26). Quest'ultimo tema è particolarmente rilevante soprattutto in aree caratterizzate da sismicità; per questo motivo gli elementi strutturali vengono distinti con maggiore dettaglio (ad esempio zone cataclastiche, faglie ereditate, faglie attive, faglie sepolte).



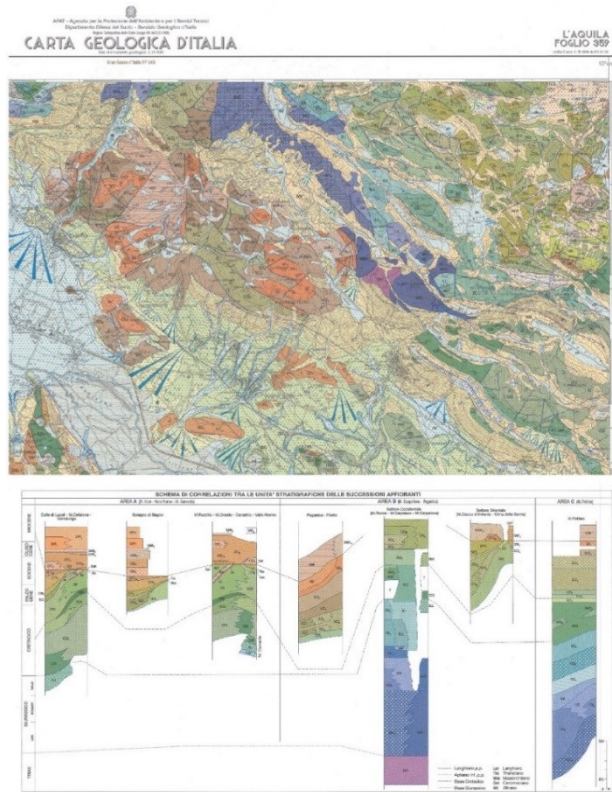


Fig. 5.26 Dettaglio della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 scale - Foglio 359 "L'Aquila"(2005) e schema di correlazione tra le unità stratigrafiche.

### 5.15.3 Dal progetto CARG alla microzonazione sismica

Dopo il terremoto del 9 aprile 2009, di magnitudo Mw 6.3, che ha colpito la città di L'Aquila, la carta geologica ufficiale si è dimostrata uno strumento fondamentale per studi e applicazioni utili alle attività post-terremoto (foglio 359 "L'Aquila", 2005).

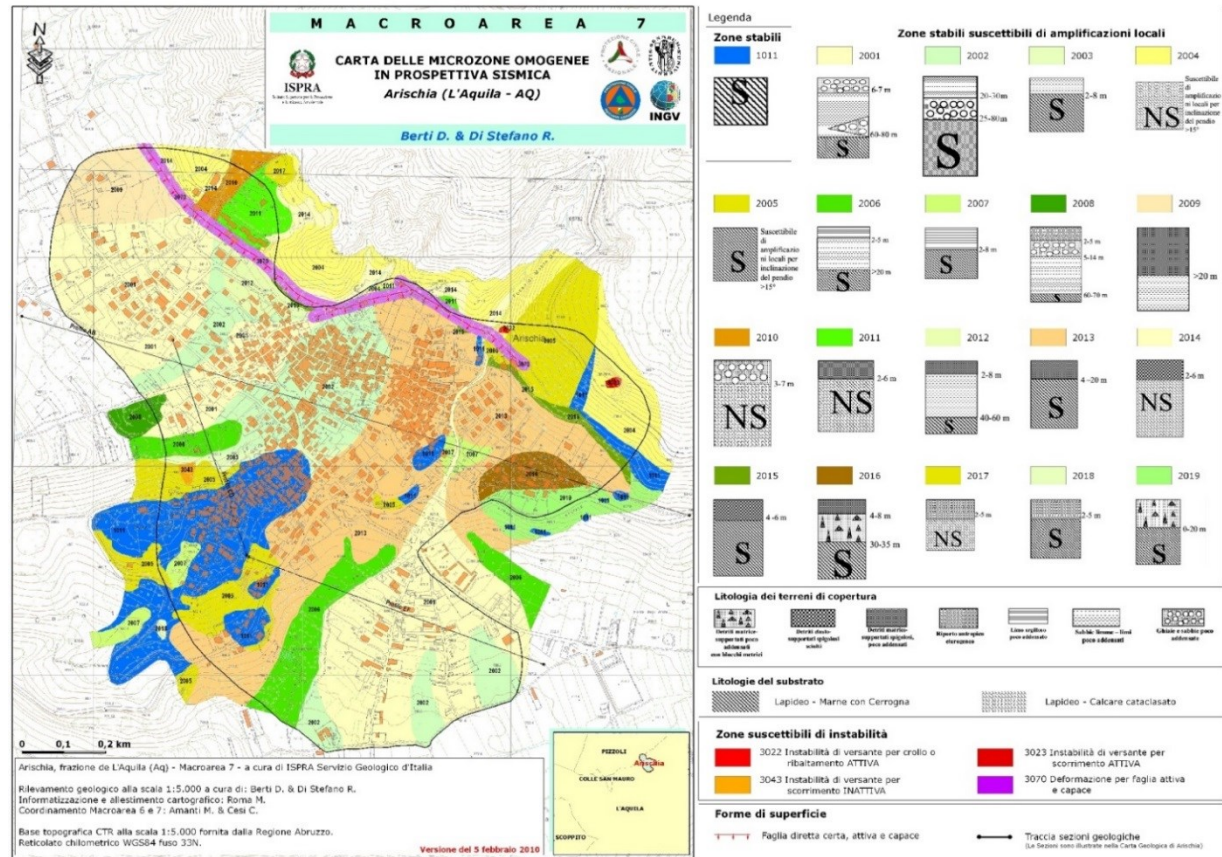


Fig. 5.27 Carta delle zone omogenee in relazione alla loro suscettibilità alle amplificazioni sismiche locali; i diversi colori corrispondono a differenti tipi e spessori dei terreni e delle rocce. Carta realizzata dal Gruppo di Lavoro MS-AQ (2010).

Sebbene abbia finalità diverse, un buon rilevamento geologico alla scala 1: 10.000 realizzato per la carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 risulta essere un punto di partenza fondamentale e solido per la microzonazione sismica di primo livello (fig. 5.27): carte tematiche possono essere derivate da quella geologica per supportare la delimitazione di aree con diversa suscettibilità ad amplificazioni sismiche locali.



## 5.16 I vulcani in Italia: il Vesuvio

La vulcanologia è nata in Italia, quando Plinio il Giovane, nelle sue "Lettere a Tacito", descrisse l'eruzione del Vesuvio del 79 DC che seppellì Pompei. Molti ricercatori sono stati attratti dal Vesuvio, soprattutto dopo che gli scavi archeologici hanno disseppellito gli antichi centri urbani sepolti dall'eruzione pompeiana. Per questo motivo, a livello mondiale, anche le prime rappresentazioni cartografiche moderne relative ad un edificio vulcanico sono quelle che rappresentano il Vesuvio. Inoltre, l'Osservatorio Vesuviano, responsabile del monitoraggio del Vesuvio e attualmente facente capo all'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), è il l'osservatorio vulcanologico di più antica istituzione nel mondo. Ai piedi del Vesuvio sorge la città di Napoli con il suo hinterland metropolitano, che presenta una delle più alte densità di popolazione al mondo.



Fig. 5.28 Vista del Vesuvio dal Palazzo Reale (1779) (Collezione Cartografica Servizio Geologico d'Italia - Biblioteca ISPRA).

### 5.16.1 Gli albori della cartografia geologica

Le prime rappresentazioni del Vesuvio sono state prevalentemente di tipo paesaggistico, realizzate tramite disegni del cono vulcanico di carattere sia artistico che realistico (fig. 5.28). Comunque, fin dall'inizio del XIX secolo iniziarono ad essere realizzate mappe relative alla distribuzione delle colate laviche storiche e, con molta probabilità, queste mappe rappresentano i primi moderni prodotti cartografici relativi ad un vulcano (fig. 5.29).

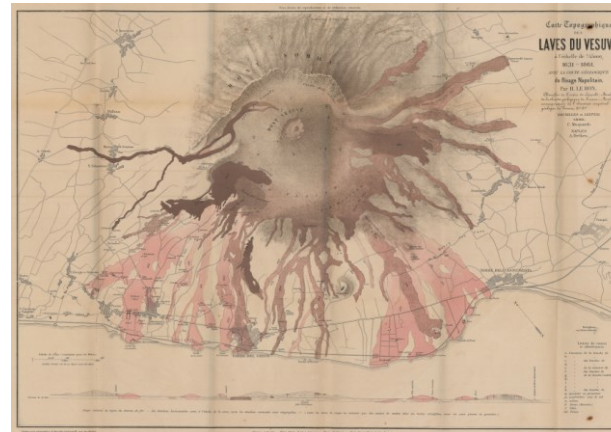


Fig. 5.29 Lave del Vesuvio (1866) (Collezione Cartografica Servizio Geologico d'Italia - Biblioteca ISPRA).

Successivamente, già nella prima edizione della Carte Geologiche in scala 1:100.000 di Napoli e Salerno (1910), viene rappresentata non solo la distribuzione delle colate laviche ma anche lo spessore e la distribuzione regionale dei depositi piroclastici. Questi ultimi derivano da flussi piroclastici, che rappresentano i fenomeni vulcanici più pericolosi per la vita umana visto che si tratta di una miscela caldissima di blocchi di lava, pomice, cenere e gas vulcanici che scorre lungo i fianchi dell'edificio vulcanico ad alta velocità (più di 80 km/h) (fig. 5.30).

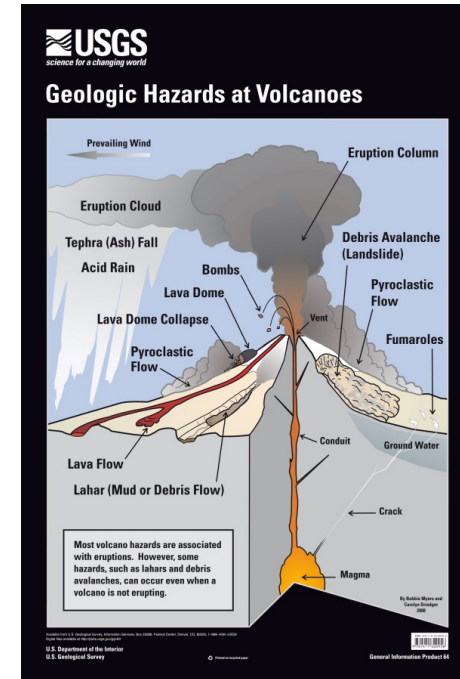


Fig. 5.30 Rischi geologici da attività vulcanica (Myers & Driedger, 2008).

### 5.16.2 Le carte geologiche ufficiali

La seconda edizione della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, per i fogli relativi all'area del Vesuvio e della zona del napoletano interessata dai prodotti delle eruzioni vulcaniche (Foglio 183-184 "Napoli e Foglio 185 "Salerno"), fu realizzata agli inizi degli anni '60 seguendo un approccio di tipo vulcanostratigrafico. Inoltre, i prodotti vulcanici non furono solo differenziati in base alla

composizione e alla età ma anche considerando i processi di messa in posto. Le nuove carte geologiche ufficiali relative all'area e presentate, nell'ambito del Progetto CARG, in scala 1:50.000, derivano da una sintesi di dati originali rilevati in scala 1:10.000 (fig. 5.31).

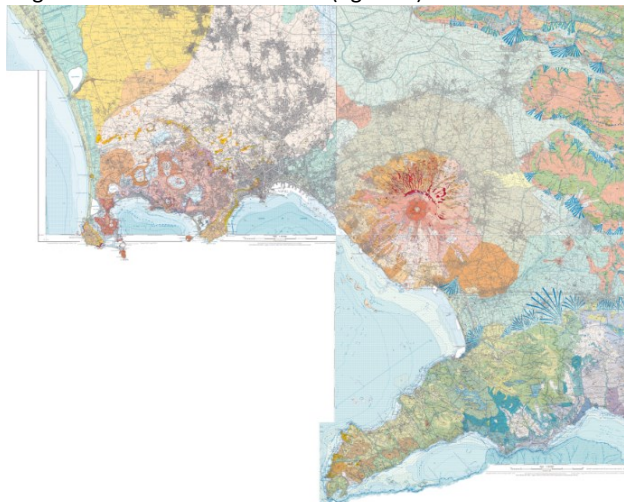


Fig. 5.31 Nuove carte geologiche del Vesuvio e di tutta l'area interessata dai suoi prodotti vulcanici (carte geologiche in scala 1:50.000 del Progetto CARG, Fogli Napoli, Ercolano e Sorrento).

La grande mole di dati ottenuti tramite questi nuovi rilevamenti ha permesso di realizzare una dettagliata carta geologica del Vesuvio dove viene rappresentata l'intera storia del vulcano, nato circa 20.000 anni fa (fig. 5.32).

### 5.16.3 Dal Progetto CARG alle carte di rischio

I vulcani manifestano generalmente fenomeni precursori di eventi eruttivi. Pertanto, un loro costante monitoraggio da parte di una rete di stazioni di osservazione potrebbe permettere la registrazione e l'analisi di tali fenomeni in tempo utile da favorire l'allontanamento della popolazione soggetta a rischio prima di una imminente eruzione.

Una eruzione vulcanica produce sia lava (roccia fusa che scorre sui fianchi del vulcano) sia piroclasti (frammenti di

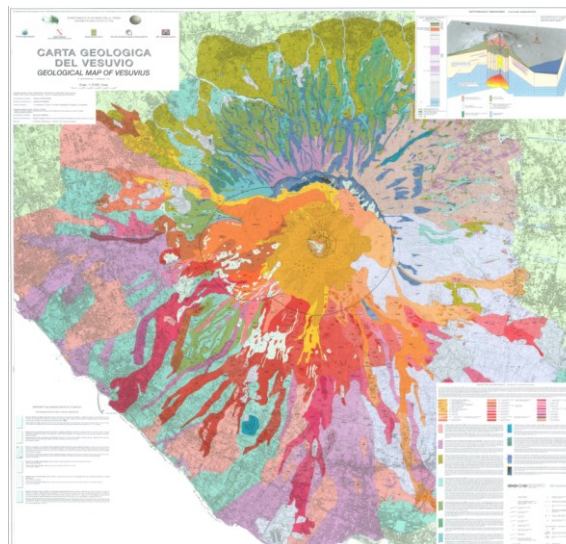


Fig. 5.32 Carta geologica del Vesuvio in scala 1:15.000 (Santacroce et al., 2003).

lava o di rocce eiettati verso l'alto). La lava causa raramente perdite di vite umane perché generalmente scorre tanto lentamente da permettere l'abbandono delle aree abitate. Per quanto riguarda i piroclasti, i frammenti più grandi (chiamati bombe) ricadono vicino alla bocca eruttiva; il materiale più piccolo (la cenere vulcanica, materiale con diametro inferiore a 2 mm) viene facilmente trasportato verso l'alto nella colonna eruttiva e ed allontanato per lunghe distanze. La caduta di ceneri è raramente responsabile diretta di perdite di vite umane ma può danneggiare pesantemente costruzioni, vie di trasporto, riserve idriche, centrali di produzione elettrica, reti di comunicazione, agricoltura. Inoltre, a causa della ampia dispersione di ceneri in atmosfera causata dai venti, le nuvole di cenere vulcanica rappresentano un grosso pericolo per l'aviazione. I prodotti di una eruzione vulcanica possono essere trasportati anche come flussi piroclastici, che rappresentano il fenomeno vulcanico di maggior pericolo per la popolazione. Infatti un flusso piroclastico contiene frammenti di rocce e lave di qualsiasi dimensione, presenta una temperatura che varia da 200°C

a 700°C e si sposta velocemente sul terreno bruciando, incorporando o distruggendo qualsiasi oggetto o struttura incontri sul suo percorso.

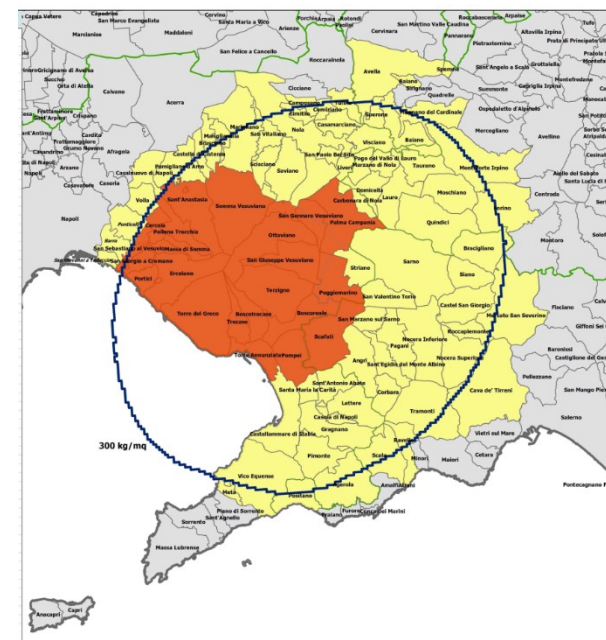


Fig. 5.33 Piano di emergenza relativo al Vesuvio elaborato dalla Protezione Civile: la zona rossa individua le aree potenzialmente interessate dallo scorrimento di lave e/o flussi piroclastici; la zona gialla individua le aree nelle quali potenzialmente gli edifici possono collassare per il peso delle ceneri vulcaniche (Protezione Civile, 2015).

Nel 2015, in base alla distribuzione dei prodotti vulcanici del Vesuvio e ai dati di terreno ottenuti con i più recenti rilevamenti del Progetto CARG, la Protezione Civile ha elaborato un piano di emergenza che ha definito due zone di rischio: una zona rossa, nella quale ricade l'edificio vulcanico del Vesuvio, ed una zona gialla, estesa ad ampie aree del napoletano, salernitano e avellinese. La zona rossa è quella potenzialmente a rischio di scorrimento di lave e/o flussi piroclastici; la zona gialla è potenzialmente a rischio di crollo degli edifici per un carico di ceneri di almeno 300kg/m<sup>2</sup> (fig. 5.33).

## 5.17 Taranto

La città di Taranto ha origine almeno nell'IX secolo a.C. quando fu fondata come colonia greca. Fin da quel momento, la città protegge il Mar Piccolo, una insenatura praticamente quasi chiusa che rappresenta un porto naturale del Mar Ionio situato nella parte settentrionale del Golfo di Taranto (fig. 5.34). La geologia dell'area è quella del fianco occidentale delle Murge, in Puglia, che è la regione più orientale della penisola italiana caratterizzata da una spessa successione carbonatica mesozoica coperta da sottili depositi cenozoici.



Fig. 5.34 Foto aerea di Taranto e del Mar Piccolo. Da C. Delgado, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11198578>.

### 5.17.1 Gli albori della cartografia geologica

Le prime carte geologiche relative all'area di Taranto evidenziavano la presenza di depositi di copertura plio-pleistocenici (colori tenui) su uno spesso "basamento" Cretaceo (di colore verde) (fig. 5.35). A parte la scala estremamente ridotta, le prime carte geologiche della regione pugliese erano molto povere di dati e non

riportavano strutture tettoniche, dettagli stratigrafici delle rocce affioranti né sezioni geologiche.

### 5.17.2 Le carte geologiche ufficiali

I fogli geologici dell'area delle Murge relativi alla seconda edizione della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 furono tutti realizzati negli anni '60 (fig. 5.36). Per la prima volta vennero proposte sezioni geologiche delle aree rilevate sulle Murge e mostrata la distribuzione dei depositi plio-pleistocenici lungo il fianco occidentale delle Murge stesse, come nell'area di Taranto (fig. 5.37).

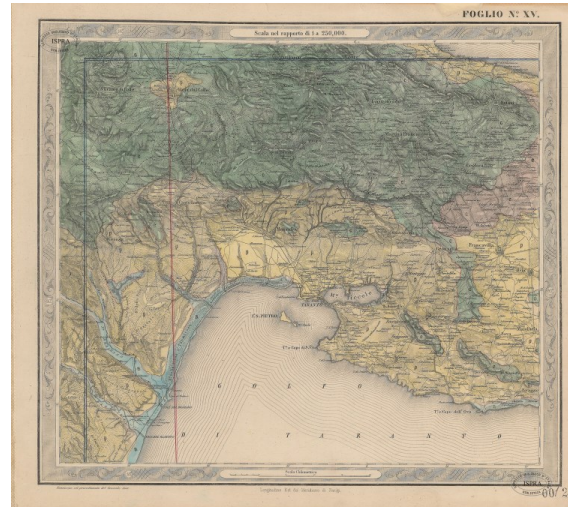


Fig. 5.35 Prima mappa geologica (1:250,000) nella quale è compresa anche l'area di Taranto (Collezione Cartografica Servizio Geologico d'Italia - Biblioteca ISPRA).

Fu inoltre dettagliata la stratigrafia della successione cretacea e fu attribuito un significato geodinamico alle successioni plio-pleistoceniche, considerate da quel momento la testimonianza sedimentaria della migrazione dell'avanfossa appenninica (la Fossa bradanica) sull'avampaese. Inoltre viene riconosciuta una gradinata di terrazzi marini deposizionali a ridosso dell'area costiera del Golfo di Taranto che rappresenta una delle più chiare

testimonianze stratigrafiche mondiali del periodo Quaternario. Fra questi terrazzi, uno di quelli esposto sui fianchi del Mar Piccolo di Taranto è considerato fra le migliori registrazioni stratigrafiche del Pleistocene superiore tanto che per indicare questo intervallo di tempo è stato proposto il termine "Tarantiano".



Fig. 5.36 Foglio Geologico 202 "Taranto" (scala 1:100.000).

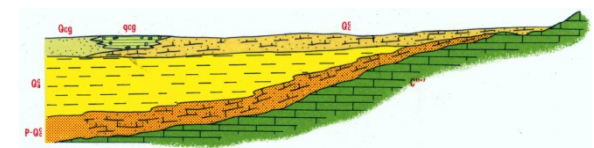


Fig. 5.37 Prima sezione geologica realizzata nell'area di Taranto mostrante le relazioni stratigrafiche fra il substrato cretaceo e la successione plio-pleistocenica che lo ricopre parzialmente.

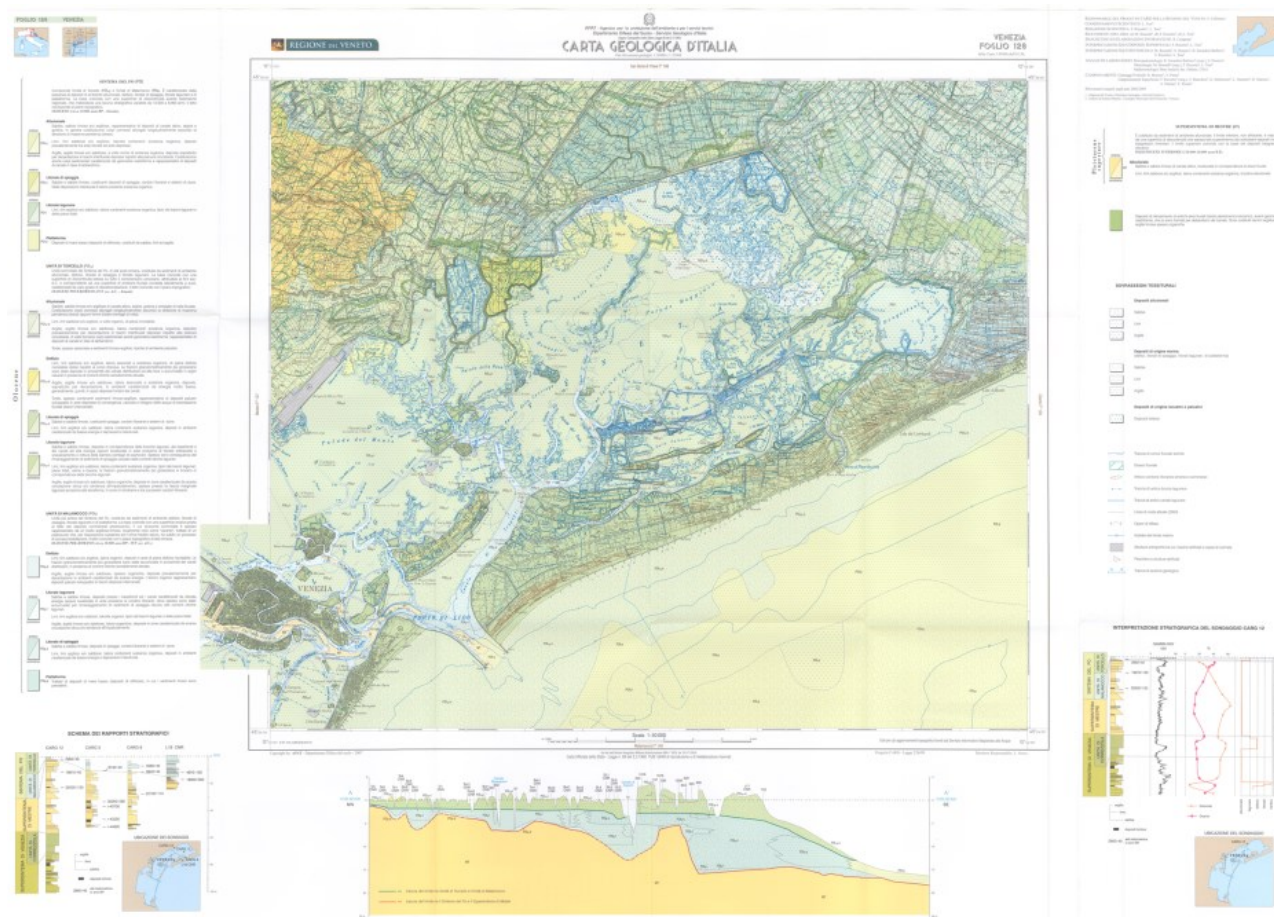
### 5.17.3 Geologia marina: un requisito fondamentale per le città portuali

Taranto è considerata una delle città maggiormente inquinate in Italia e in Europa occidentale. L'inquinamento è prevalentemente indotto dall'attività delle industrie pesanti presenti in prossimità dell'area urbana (fig. 5.38). Molti studi stanno dimostrando che non sono solo inquinate l'aria e le acque ma che la contaminazione interessa anche i suoli e sedimenti marini.



Fig. 5.38 The industry area of Taranto – Picture from "La Stampa" <http://weirinjersey.com/tag/taranto>.

Già a partire dal 1991, il Ministero dell'Ambiente ha dichiarato l'area di Taranto come area ad alto rischio ambientale, ma solo con la recente nomina di un Commissario Speciale la conoscenza geologica dell'area è stata considerata un requisito fondamentale per lo sviluppo di corrette pratiche di disinquinamento. Sfortunatamente, la carta geologica ufficiale dell'area è ancora rappresentata dalla seconda edizione del Foglio 202 "Taranto" in scala 1:100.000, una scala assolutamente inadeguata per il dettaglio stratigrafico e sedimentologico di conoscenze richiesto per la proposta di valide pratiche



di disinquinamento. Inoltre il foglio patisce l'assoluta assenza di dati geologici relativi ai fondali marini. È importante sottolineare che tutte le città portuali, a prescindere da problemi di gestione del territorio legati all'inquinamento dei sedimenti marini, necessitano ormai di carte geologiche di base relative sia alle aree terrestri che a quelle marine. Si consulti a titolo di esempio il Foglio 128 "Venezia", 2007 (fig. 5.39) della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000. Questo tipo di carta geologica può infatti contenere e rappresentare la base dati di

Fig. 5.39 Esempio di una moderna carta geologica con rappresentazione delle aree terrestri e marine (Foglio Geologico 128 "Venezia" in scala 1: 50.000 Sheet 128 "Venezia") recentemente realizzata nell'ambito del Progetto CARG.

partenza per quel tipo di approfondimento delle conoscenze geologiche (di maggiore dettaglio) richiesto per affrontare i problemi di inquinamento dell'area di Taranto.

## Ringraziamenti

Questo documento prende origine da una mostra tenutasi a Napoli in occasione del 88° Congresso della Società Geologica Italiana nel 2016. I pannelli della mostra sono reperibili al sito della Società Geologica Italiana, all'indirizzo web:

[http://www.socgeol.it/926/italian\\_geological\\_maps\\_more\\_than\\_a\\_colored\\_picture\\_using\\_geological\\_maps\\_to\\_support\\_better\\_policies\\_for\\_society.html](http://www.socgeol.it/926/italian_geological_maps_more_than_a_colored_picture_using_geological_maps_to_support_better_policies_for_society.html)

Si ingrazia la Collezione Cartografica Servizio Geologico d'Italia - Biblioteca ISPRA per aver messo a disposizione, dal suo ricchissimo archivio, le mappe storiche presentate in questo documento.

## Bibliografia

De Giorgi (1887) Carta geologica della Basilicata e della provincia di Lecce

de Saint-Exupéry, A., 1943: Le Petit Prince. Reynal and Hitchcock, New York, 93.

Geological Map of Italy 1: 1,000,000, 2011.

<http://www.isprambiente.gov.it/Media/milione/milione5ed/milione.htm>

Geological Map of Italy 1:100,000 scale, 1932: Sheet 87 "Bologna".

Geological Map of Italy 1:100,000 scale, 1951: Sheet 09 "Monte Cevedale".

Geological Map of Italy 1:100,000 scale, 1967: Sheet 183-184 "l. d'Ischia-Napoli".

Geological Map of Italy 1:100,000 scale, 1969: Sheet 185 "Salerno".

Geological Map of Italy 1:100,000 scale, 1969: Sheet 202 "Taranto".

Geological Map of Italy 1:100,000 scale, 1970: Sheet 08 "Bormio".

Geological Map of Italy 1:50,000 scale, 2005: Sheet 359 "L'Aquila".

Geological Map of Italy 1:50,000 scale, 2007: Sheet 128 "Venezia".

Geological Map of Italy 1:50,000 scale, 2009: Sheet 221 "Bologna".

Geological Map of Italy 1:50,000 scale, 2011: Sheet 448 "Ercolano".

Geological Map of Italy 1:50,000 scale, 2012: Sheet 024 "Bormio".

Geological Map of Italy 1:50,000 scale, 2012: Sheet 077 "Clusone".

Geological Map of Italy 1:50,000 scale, 2014: Sheet 467 "Sorrento".

Geological Map of Italy 1:50,000 scale, 2015: Sheet 446-447 "Napoli".

Gruppo di Lavoro Liquefazione, 2012: Carta degli effetti di liquefazione osservati dopo i terremoti del 20 e 29 Maggio 2012. [http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/liq2012/MAPPA\\_LIQUEFAZIONI\\_01.pdf](http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/liq2012/MAPPA_LIQUEFAZIONI_01.pdf)

Gruppo di Lavoro MS-AQ, 2010: Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana. [http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Impaginato\\_MCZ\\_2010\\_parteII.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Impaginato_MCZ_2010_parteII.pdf)  
[http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Impaginato\\_MCZ\\_2010\\_parteIII\\_M1\\_M6.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Impaginato_MCZ_2010_parteIII_M1_M6.pdf)

Hess, W. (1953). Beiträge zur Geologie der südöstlichen Engadiner Dolomiten zwischen dem oberen Münstertal und der Valle di Fraéle (Graubünden). PhD Thesis, Basel, Buchdruckerei E. Birkhäuser & Cie., AG..

Montani, B., 1854: Carta geognostica del Distretto di Avezzano e sue adiacenze e Carta geognostica di Abruzzo Ulteriore I°.

Myers B. and Driedger C. (2008): Geologic hazards at volcanoes. U.S. Geological Survey General Information Product 64, 1 sheet - <http://pubs.usgs.gov/gip/64>.

Protezione Civile (2015) Piano di Emergenza dell'Area Vesuviana. [http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view\\_dossier\\_wp?contentId=DOS51544](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_dossier_wp?contentId=DOS51544)

Sacco, F., 1892: L'Appennino dell'Emilia. Geological map.

Santacroce R., Sbrana A., Andronico D., Cioni R., Di Vito A., Marianelli P., Sulpizio R., Zanchetta G., Arrighi S., Benvenuti E., Gurioli L., Leoni F.M., Luperini W. (2013) Carta geologica del Vesuvio, scala 1:15 000. CNR.

Smith, W., 1815: A geological map of England and Wales and part of Scotland. J. Cary, London

Spitz, A., & Dyhrenfurth, G. (1914). Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scans und dem Stilsferjoch: Mit einer geologischen Karte im Masstabe 1: 50,000, 3 Tafeln, und 72 Textfiguren. A. Francke.

N.B. I fogli geologici della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000 e 1:50.000 sono consultabili a questi indirizzi (rispettivamente):

<http://www.isprambiente.gov.it/it/cartografia/carte-geologiche-e-geotematiche/carta-geologica-alla-scala-1-a-100000>

<http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/>