

# I paesaggi geologici italiani (6)

## I rilievi carbonatici

a cura di

**Sigea** (Società italiana di geologia ambientale)

Via G.A. Badoero, 67/f - 00154 Roma - tel. 06/51600401, 5943344, 9499936 - fax 06/5180754, 9496952



*Le Dolomiti: le formazioni calcaree e dolomitiche mesozoiche delle Alpi danno luogo a rilievi montuosi caratterizzati da morfologie aspre, fianchi ripidi, pareti rocciose verticali, creste acute e dentellate*

**Antonia Arnoldus, Riccardo Amici, Eugenio Di Loreto, Giuseppe Gisotti,  
Francesco M. Mantero, Paola Mauri**

*materiali*  
**Verde  
Ambiente**

## I rilievi carbonatici

Le rocce carbonatiche comprendono i tipi litologici dei calcari e delle dolomie e determinano l'aspetto di alcune delle più interessanti e spettacolari aree italiane, note per la loro bellezza e singolarità in tutto il mondo e di altre, meno note e famose, ma altrettanto importanti ai fini della caratterizzazione del paesaggio.

Le Dolomiti e il Carso, per citare solo le aree più conosciute, per imponenza e singolarità costituiscono i riferimenti mondiali delle tipologie che da loro prendono nome e hanno un denominatore comune: le rocce calcaree come substrato. Carso e Dolomiti sono termini divenuti ormai di uso comune ma affondano le loro radici in fenomeni geologici, l'erosione e la dolomitizzazione dei calcari, che hanno determinato la formazione di particolarissimi ambienti fisico-biologici e insieme anche la storia degli uomini che li abitano, le loro tradizioni storico-culturali, il loro sviluppo economico-sociale e le forme di insediamento.

Questi ambienti, per la loro singolare bellezza, rappresentano un'attrazione primaria per il turismo e costituiscono il volano dell'economia dei loro abitanti (basta pensare al fascino che da sempre hanno le grotte così numerose in ambiente carsico, come le grotte di Postumia e quelle di Castellana, e a quello forse ancora più evidente rappresentato dalle montagne dolomitiche).

I calcari, più di altre rocce, hanno conservato fino ai nostri giorni tracce della vita che si svolgeva nei mari e lungo le coste decine di milioni di anni fa. I paleontologi ricostruiscono con sempre maggiore precisione ciò che avveniva in epoche lontane sulla terra e ciò grazie non soltanto ai fossili, ma anche a numerosi altri indizi che consentono di ricostruire gli ambienti e i paesaggi, le pianure costiere in cui vivevano i dinosauri o le esatte dimensioni delle scogliere coralline che hanno dato luogo a molte delle attuali montagne dolomitiche.

Oltre al fattore spettacolare che spesso, come detto, caratterizza il paesaggio calcareo, è importante sottolineare la particolare fragilità di tali ambienti.

I paesaggi calcarei sono infatti estremamente aggredibili sia dai fattori esogeni sia dall'azione dell'uomo, in particolare risultano molto vulnerabili da un punto di vista ambientale nei confronti dell'inquinamento; grotte e caverne tipiche degli ambienti carsici vengono spesso utilizzate come discariche abusive e come "inghiottitoi" per scarichi civili e industriali; cave e strade realizzate sui fianchi delle montagne lasciano ferite permanenti. Questi ambienti necessitano e necessiteranno nel futuro di grandi attenzioni e rispetto da parte dell'uomo, per bloccare un processo di lento degrado che rischia di comprometterli per sempre.

(r.a., p.m.)

## I paesaggi calcarei dell'Appennino

Se nell'Italia settentrionale le Dolomiti e il Carso rappresentano i poli d'attrazione del paesaggio calcareo, nell'Italia centro-meridionale questo paesaggio è rappresentato dai massicci centrali appenninici, con una spiccata individualità regionale.

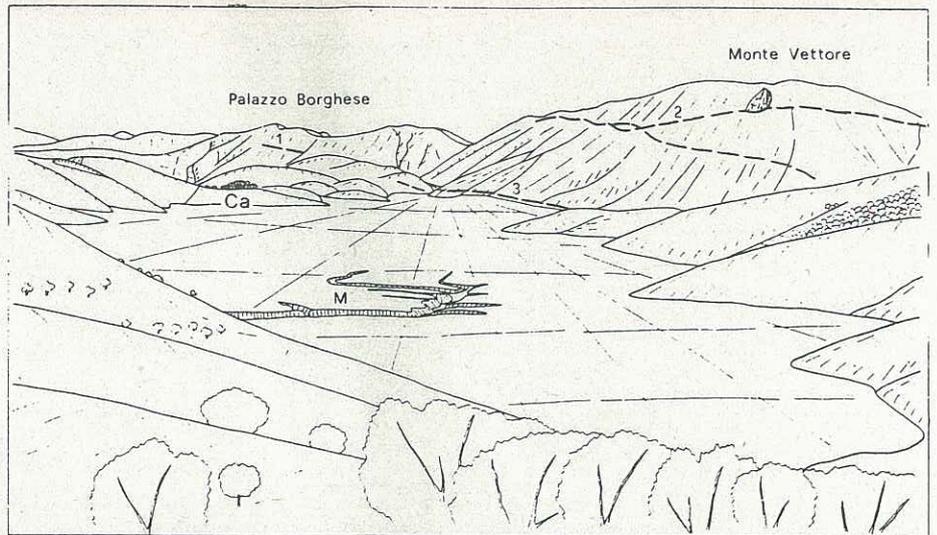
È l'Appennino dei grandi massicci calcarei, che si suole dividere in monti Sibillini, Reatini, Sabini, Simbruini, Ernici, con al centro i gruppi del Gran Sasso, del Velino e della Maiella e all'estremità meridionale la Meta e il Matese.

*Piano Grande di Castelluccio (Terni), visto da sud-ovest, suggestiva depressione tettonica associata a faglie quaternarie (1,2,3) principalmente distensive del fascio di monte Vettore-monte Bove. Il bacino di Castelluccio, di oltre 80 Km<sup>2</sup>, riceve in media 67 milioni di mc l'anno di acqua che si perde interamente*

conseguenze sull'idrografia, è uno dei principali fattori che regolano lo svolgersi delle varie forme di vita: è infatti noto che le masse calcaree sono veri e propri enormi serbatoi idrici e, specialmente là dove prevale una morfologia a piani carsici e a conche, smaltiscono le acque con abbondante circolazione sotterranea a scarso reticolo superficiale.

Alla base dei rilievi, formazioni impermeabili (argille, flysch, ecc.) "tamponano" gli acquiferi carbonatici, determinando allineamenti o gruppi di copiose sorgenti, equilibratrici di tutta l'idrografia superficiale e perenne richiamo di vita. Troviamo quindi in questa regione due ambienti che già rivelano un'impronta

*per via sotterranea. I maggiori punti di assorbimento si manifestano superficialmente con doline e inghiottitoi; in primo piano è osservabile quello che cattura il fosso Mergani (M). Il paese di Castelluccio (Ca), è situato sul margine settentrionale del Piano Grande (da Soc. Geol. It., 1994)*



Imponenti e compatti, decentrati verso l'Adriatico, i massicci si dispongono su tre allineamenti principali quasi paralleli, a catene discontinue, che hanno costituito fino dai tempi più remoti delle vere e proprie barriere per ogni forma di popolamento e di attività umana. È qui che la natura fa sentire più che altrove il proprio peso, coinvolgendo in una problematica comune genti dalle diverse vicende storiche, legate insieme dalla lotta contro l'isolamento e l'ambiente naturale sfavorevole. La scarsa popolazione è distribuita in modo estremamente ineguale, occupando con una certa densità le conche intermontane e fuggendo dalle scabre pendici calcaree; forme di vita inalterate da secoli si riflettono in un paesaggio umanizzato, globalmente omogeneo, conferendo alla regione - che pure oltre all'Abruzzo accoglie lembi dell'Umbria, del Lazio, delle Marche e del Molise - una sua spiccata individualità.

Qui il carsismo, sia nei suoi aspetti superficiali che nelle ben più importanti

naturale antitetica: in alto vaste distese aride con scarsa vegetazione, quand'anche non manchi del tutto, in basso ampi bacini intermontani e tronchi vallivi aperti, ricchi di acque e verdeggianti. Fra questi due ambienti si inserisce il paesaggio delle elevate depressioni carsiche, nelle quali il pascolo e, molto più raramente, il bosco rappresentano le forme di vita di una povera economia di autoconsumo solo in parte sollevata dalle attività turistiche.

Per questo, in relazione con i vari livelli di umanizzazione, è possibile dividere la regione in tre ambienti diversi, non necessariamente coincidenti in pieno con le fasce altitudinali: l'alta montagna con scarse tracce di umanizzazione, la media montagna delle depressioni carsiche e dei ripiani con insediamento a villaggi agglomerati compatti, i bacini intermontani e i fondivalle aperti che rappresentano le parti più vitali, sia per il popolamento che per le strutture economiche e sociali.

### Il paesaggio delle altitudini

È ovvio che le aree su cui l'uomo ha impresso solo precariamente la propria orma siano quelle di altitudine. Si può dire che il paesaggio delle zone più elevate sia fondamentalmente naturale, caratterizzato da due forme principali su cui ha influito più che altro una certa diversificazione del modellamento glaciale: creste aguzze che sormontano pareti verticali, aspre e dirupate (Gran Sasso) contrapposte a forme estremamente massicce e cupoleggianti dalle elevate superfici spoglie e sassose (Maiella). Per il resto, il notevole numero di alte depressioni carsiche e, con esse, la presenza di vaste plaghe con idrografia superficiale mancante o a incerto deflusso, testimoniano l'uniformità di effetti dell'azione carsica sulle grandi masse calcaree.

Tre sono gli ambienti che caratterizzano l'alta montagna: il bosco, il pascolo e le superfici denudate, rocciose o sassose. Il paesaggio del pascolo di altitudine è quello che più caratterizza i tratti umanizzati dell'alta montagna.

Specialmente nelle frequenti depressioni carsiche, esso rappresenta l'ambiente stagionale cui si appoggia la plurisecolare attività della pastorizia transumante, così importante in passato e attualmente in forte crisi. Le dimore temporanee, che costituiscono con recinti e abbeveratoi le tracce più antiche dell'uomo in questo ambiente, non hanno certo una particolare evidenza. Le sedi pastorali più stabili sono rappresentate da piccoli edifici, spesso monocellulari, costruiti da pietre a secco sovrapposte, spesso di tipo trulliforme; talora un muretto a secco forma davanti all'edificio il chiuso per gli animali. Sorgenti e laghetti carsici sono indubbiamente i principali fattori di localizzazione di queste sedi che, in



Passo San Leonardo, sul versante occidentale della Maiella, in una zona di magri pascoli alternati a boschi: il ricovero dei pastori, al centro, in pietra a secco a pianta circolare di tipo trulliforme, documenta gli stretti legami che univano in antico l'Abruzzo alla Puglia

connessione con la crisi della pastorizia, si riducono progressivamente di numero. Come pure stanno scomparendo i *tratturi*, le larghe tracce erbose lungo le quali scendevano verso le pianure costiere le greggi transumanti.

All'attività tradizionale della pastorizia che langue si contrappongono le iniziative turistiche, per lo più alquanto recenti, che tendono a valorizzare l'alta montagna in funzione degli sport invernali. Nuove strade, alberghi, impianti di risalita, rifugi, portano un soffio di vita moderna a plaghe un tempo disabitate ed estremamente fuori mano. Il paesaggio è spesso, più che modificato, violentato: non sempre l'uomo è riuscito a inserire elementi nuovi che rispecchino l'ambiente naturale.

### Il paesaggio della media montagna

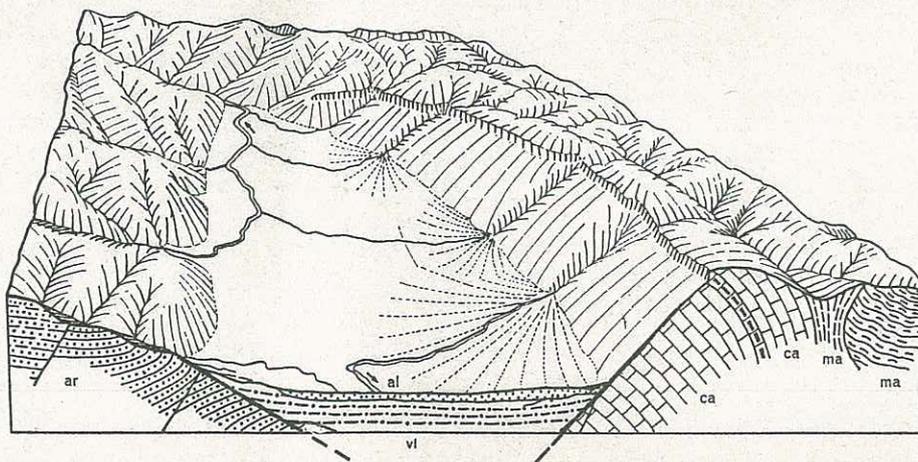
La fascia delle sedi permanenti dell'Appennino centrale è compresa fra

le grandi conche intermontane e i 1.400 metri circa di altitudine in un ambiente naturale dominato - eccettuati i monti della Laga - dalle forme aspre e accidentate dei calcari, addolcite spesso dai fenomeni di carsismo superficiale. Ripiani e depressioni carsiche hanno richiamato da tempo memorabile piccoli aggregati umani, ma le perenni esigenze di difesa hanno stimolato il sorgere di abitati in siti quanto mai vari: sedi di sprone, di sommità, di pendio, delle case di pietra che quasi si confondono con le rocce alle quali si aggrappano.

La fame di terra coltivabile ha dato origine a un tipo di paesaggio che è simbolo di un'agricoltura di sussistenza, precaria, che cerca, fra le desolate groppe calcaree, ogni spazio adatto alle colture: vallicole e piani carsici, doline, detriti di falda. È un paesaggio chiamato delle "oasi culturali di montagna", coltivato per lo più a grano, patate e lenticchie, caratte-

zzate spesso dalla suddivisione dei campi aperti in lunghe strisce parallele che attraversano la depressione o delimitate da muretti a secco di sassi (*macere*) ricavati dal diuturno spietramento dei campi stessi.

I villaggi sono modesti agglomerati compatti di edifici in pietra addossati l'uno all'altro a differente livello, con vie strette, sovente tortuose, a forti pendenze spesso superate da gradinate. Soltanto le attività turistiche rie-



Stereogramma ideale di un bacino intermontano appenninico. Si tratta di una "fossa tettonica", ossia una fascia di terreni sprofondati rispetto a quelli che la fiancheggiano dai due lati, per un doppio sistema di faglie subparallele. Queste

dislocazioni della crosta terrestre sono dovute a fenomeni distensivi. La forma che deriva è una conca a fondo piatto ma con i fianchi ripidi, che sono le superfici di faglia (da Castiglioni)

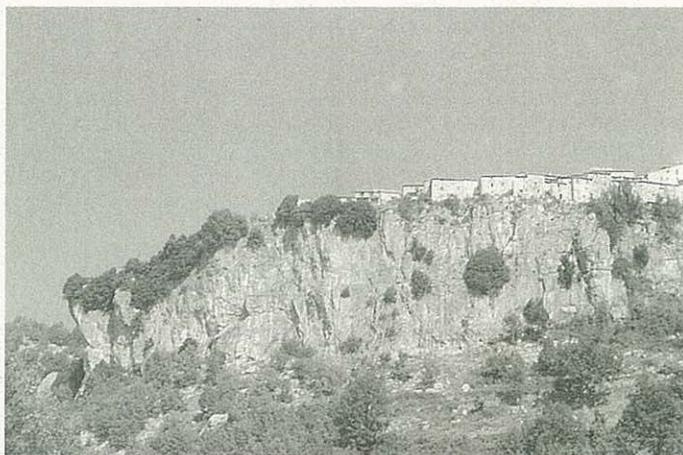
scono a modificare un ambiente ormai sclerotizzato, ma le modifiche spesso sono tali da costituire una vera e propria offesa al paesaggio. Si pensi all'urbanizzazione di Roccaraso con l'espansione a macchia d'olio di un'edilizia anonima di dubbio gusto cittadino, alle villette e ai grossi residences di Pescasseroli, allo sviluppo inorganico di Campo di Giove. I problemi della montagna che si spopola progressivamente e della degradazione ambientale formano ancora il nodo cruciale di questa regione.

*I grandi bacini intermontani, elementi polarizzanti della regione*

Nella tormentata configurazione plastica della regione si aprono, ampie e verdeggianti, le conche intermontane che accolgono gran parte delle terre fertili e delle acque, costituendo le zone di più intenso popolamento. Fino dai tempi preistorici questi bacini hanno accolto l'uomo, anche in relazione agli specchi lacustri che ne ricoprivano in gran parte il fondo: ne costituiscono la prova gli abbondanti reperti archeologici appartenenti a varie culture, a partire dal paleolitico, trovate ai margini dei maggiori bacini e particolarmente nelle conche del Fucino, di Norcia e di Sulmona (o Conca Peligna).

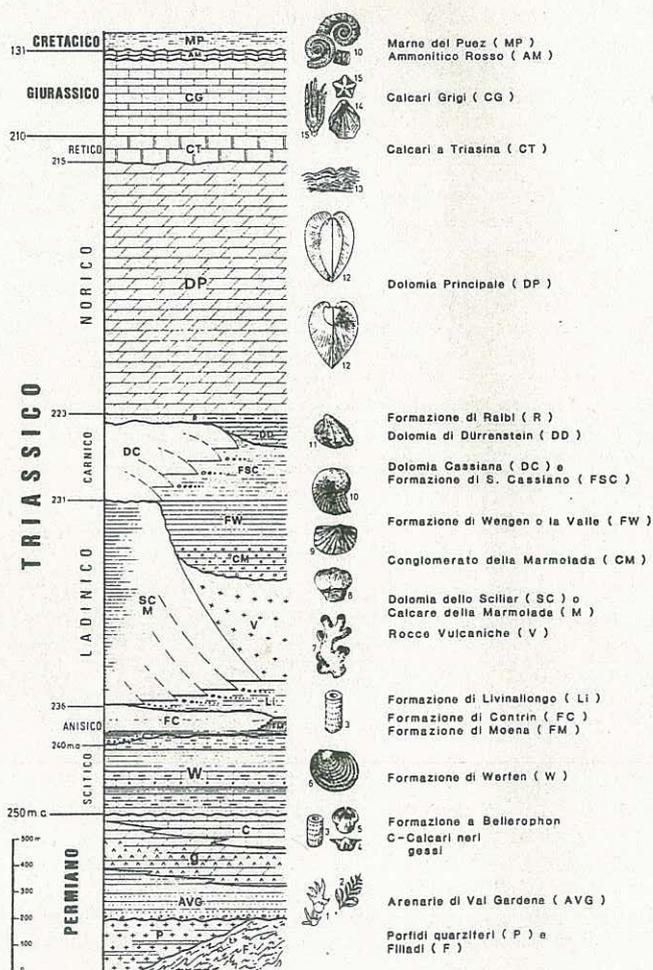
La disposizione dei grandi massicci montani ad allineamenti quasi paralleli ha condizionato il corso dei maggiori fiumi che assumono all'interno un andamento longitudinale, parallelo ai rilievi, per aprirsi poi varchi trasversali attraverso strette e profonde gole prima di defluire al mare solcando la fascia collinare subappenninica con letti ampi e ghiaiosi. La caratteristica morfologica è quindi rappresentata dall'alternarsi di ampi bacini e di gole dirupate che costituivano, soprattutto nei tempi antichi, difficili vie di penetrazione e di transito. Il problema delle comunicazioni e delle difficoltà di penetrazione nelle regioni interne ha avuto grande importanza, condizionando l'economia e il popolamento delle varie zone.

In effetti, quando si afferma che i bacini intermontani polarizzano gran parte della vita regionale si vuole esprimere un concetto relativo, rispetto alle altre aree meno privilegiate della regione stessa. L'apparenza di "terra promes-



*Abitato di Pietrasecca (L'Aquila): antico centro ubicato sulla sommità di una placca calcarea. Con lo stesso materiale ricavato sul posto, sono state costruite le abitazioni. In tal modo il centro è perfettamente inserito nel paesaggio.*

*Colonna stratigrafica delle Dolomiti (tratto da Guide naturalistiche delle Dolomiti, n. 1)*



sa" che colpisce chi scende dai pascoli degradati, dalle aride pietraie, dai villaggi semideserti, cela una realtà alquanto diversa. Anzitutto la mancanza di una tradizione industriale, la difficoltà delle comunicazioni e la consueta assenza di un piano regionale hanno determinato il mancato inserimento in una sfera economica più varia, più redditizia, conservando all'agricoltura il ruolo di attività fondamentale.

Solo negli ultimi anni con la costruzione di autostrade e superstrade trasversali alla direzione appenninica e con la realizzazione dei modesti insediamenti industriali, i grandi bacini intermontani (le conche del Fucino, Peligna, dell'Aquila, di Norcia, di Rieti, ecc.) vedono la possibilità di un moderno sviluppo socio-economico.

(g.g.)

**Aspetti geologici**

*Ambienti di formazione*

I calcari e le dolomie sono rocce che si formano quasi esclusivamente da sedimenti carbonatici di ambiente marino originatisi attraverso diversi processi:

- precipitazione chimica diretta di carbonato di calcio (CaCO<sub>3</sub>) e carbonato doppio di calcio e magnesio [Ca,Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] nell'acqua di mare;
- accumulo di gusci e scheletri di organismi animali e vegetali che fissano il carbonato di calcio e il carbonato doppio di calcio e magnesio. Sia le parti biogene sia le parti inorganiche di organismi costruttori, quali alghe e coralli, contribuiscono alla formazione di queste rocce. Anche altri organismi danno origine a depositi di questo genere: foraminiferi planctonici e bentonici (animali unicellulari che galleggiano sull'acqua), molluschi e gasteropodi, briozoi (organismi animali costruttori di scogliere come i coralli), echinodermi, cefalopodi, ecc.;
- accumulo di detriti calcarei formati per erosione di sedimenti delle due categorie suddette, sia ancora pressoché sciolti sia costipati e diagenizzati, cioè trasformati in roccia per opera di acque di infiltrazione o di organismi che attraverso processi di cementazione e ricristallizzazione fissano il carbonato di calcio (calcare) e il carbonato di calcio e ma-

gnesi (dolomia).

Le successioni carbonatiche studiate in Italia e prese a riferimento per le interpretazioni e le connessioni tra le varie zone sono la "Successione Dolomitica", che comprende termini sia di piattaforma che di bacino, la "Successione Lombarda" e la "Successione Laziale Abruzzese", tipicamente di ambiente di piattaforma, e la "Successione Umbro Marchigiana" formatasi in ambiente di bacino.

Tramite queste sequenze si può ricostruire la storia geologica di vaste regioni localizzate, durante il mesozoico (l'era geologica compresa tra 265 e 65 milioni di anni fa), in corrispondenza del margine occidentale di un oceano in espansione chiamato Tetide che occupava una vasta fascia compresa tra il continente europeo e quello africano.

Gli ambienti marini in cui tali sedimenti si sono formati, e tutt'oggi si formano, sono essenzialmente due: le "Piattaforme carbonatiche" e i "Bacini".

Le rocce carbonatiche danno luogo a sequenze o successioni tipiche di materiali che presentano medesima litologia, contenuto fossilifero, spessore e colore confrontabili, che riflettono l'evoluzione nel tempo della sedimentazione e dell'ambiente in cui questa avviene.

#### *I calcari di Piattaforma*

Le piattaforme carbonatiche sono i luoghi in cui si verificano le condizioni ambientali ottimali per la sedimentazione carbonatica e generalmente vi si formano calcari puri, detti "calcari di Piattaforma".

Una piattaforma carbonatica si imposta alle spalle di una barriera o scogliera corallina, quindi in presenza di organismi animali (coralli) e vegetali "produttori" che sintetizzano il bicarbonato di calcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) sciolto nell'acqua, trasformandolo in carbonato di calcio. Questi organismi con il loro sviluppo costruiscono vere e proprie barriere dal mare aperto, dette *scogliere* o bioerme, che delimitano zone di acque basse e tranquille in cui si accumula il materiale carbonatico.

Affinché la scogliera nasca e si sviluppi sono infatti necessarie condizioni ambientali particolari:

- elevata temperatura, compresa tra 24-28°C (la solubilità del bicarbonato di calcio diminuisce all'aumentare della temperatura e gli organismi viventi trovano a queste temperature le condizioni ottimali per estrarlo dall'acqua marina e fissarlo in carbonato di calcio);

- elevata salinità delle acque;
- forte illuminazione fino alla profondità di 50-60 metri, necessaria per la vita dei coralli;

- grande limpidezza delle acque e cioè assenza di apporti terrigeni da aree emerse;

- acque sufficientemente agitate per consentire il ricambio di ossigeno e di ci-

bo ai coralli (tale agitazione è favorita dal moto ondoso, dalle maree e dalle correnti marine).

Condizione essenziale affinché la sedimentazione carbonatica abbia luogo è che la piattaforma sia soggetta a una continua subsidenza, cioè a un movimento di abbassamento regionale, che generalmente compensa il ritmo di produzione di materiale carbonatico e in particolare il ritmo di accrescimento delle scogliere.

Attualmente risultano attive sulla terra le piattaforme carbonatiche concentrate nella fascia intertropicale. Il più tipico è quello della "Piattaforma delle Bahamas".

I calcari di piattaforma si presentano generalmente massicci o con stratifica-

*Impronta fossile di ammonite nel calcare Liassico della serie dolomitica. Le ammoniti, oggi estinte, erano molluschi cefalopodi molto comuni nei mari profondi del Giurassico. Le tracce lungo i sentieri di montagna sono il calco interno della conchiglia*



zione in grossi banchi. Ampie zone italiane sono costituite da calcari di piattaforma; essi forniscono indicazioni sugli ambienti che esistevano al tempo della formazione di tali rocce, tra 230 e 180 milioni di anni fa, nell'area mediterranea.

I calcari formati in questi ambienti sono spesso caratterizzati dalla presenza di un minerale accessorio, la dolomite, chiamata così dal nome dello studioso francese Dolomieu che la ha osservata e analizzata per primo sulle Alpi orientali italiane: le attuali Dolomiti.

In accordo con la teoria dell'attualismo (la teoria secondo la quale tutti i processi geologici avvenuti nel passato devono avvenire anche oggi sulla terra), i potenti spessori di dolomia che si ritrovano nelle successioni alpine, dove raggiungono e superano i 1.000 metri, non possono essere attribuiti esclusivamente a precipitazione diretta di dolomite. La dolomia, ossia la roccia costituita da dolomite, secondo le attuali interpretazioni si sarebbe formata quindi in gran parte attraverso un fenomeno secondario, detto dolomitizzazione, che può essere contemporanea alla sedimentazione carbonatica o tardivo, cioè molto successivo a essa. Il fenomeno si esplica con la graduale sostituzione di magnesio nel reticolo cristallino del carbonato di calcio, a opera di fluidi circolanti, quali l'acqua marina nel caso della dolomitizzazione precoce, e flussi di acqua di falda nel caso di quella tardiva, che avviene durante la diage-

nesi della roccia. La dolomitizzazione tardiva, diagenetica, avviene anche in rocce carbonatiche; tipico è proprio il caso delle bioerme della successione dolomitica alpina.

Un ambiente adiacente alla piattaforma carbonatica, che può essere considerato un sub-ambiente del sistema di piattaforma, è la "Piana tidale" e cioè la zona compresa tra i livelli di massima escursione delle maree. Tale ambiente è caratterizzato dalla proliferazione di alghe stromatolitiche e da fortissima evaporazione.

In Italia affiorano estesamente successioni di piattaforma carbonatica nelle Dolomiti, nel settore settentrionale della

Lombardia e del Veneto, nel Lazio-Abruzzo, in Umbria e Marche, in Campania e Puglia e più limitatamente in Piemonte, Liguria, Basilicata, Sicilia e Sardegna.

#### *I calcari di Bacino*

I calcari possono formarsi anche sui fondali oceanici, in ambienti cosiddetti "di bacino", a profondità non superiori a 3.000-4.000 metri.

Questi calcari, detti "pelagici", si formano essenzialmente per l'accumulo di grandi quantità di gusci di Foraminiferi planctonici, microrganismi che vivono galleggiando sull'acqua e precipitano sul fondo alla morte. I calcari pelagici hanno generalmente almeno due componenti accessorie al carbonato di calcio: l'argilla e la silice, quindi sono meno puri dei calcari di piattaforma.

A seconda della percentuale di argilla presente nei sedimenti calcarei si possono formare differenti tipi litologici che prendono il nome di "Calcari marnosi" (presenza di 85-95 per cento di carbonato di calcio e 5-15 per cento di argilla), "Marne calcaree" (85- 65 per cento di carbonato di calcio e 15-35 per cento di argilla), "Marne" (65-35 per cento di carbonato di calcio e 35-65 per cento di argilla).

Le successioni carbonatiche di bacino sono generalmente costituite da alternanze di calcari più o meno ricchi di argilla e silice, disposti in strati con spessori da

medi a sottili. In Italia affiorano estesamente successioni pelagiche di questo tipo tra l'Umbria e le Marche, dove affiora la "Successione umbro-marchigiana", nelle Alpi Centrali, Meridionali e Orientali e, più limitatamente, in Abruzzo e Molise, in Campania, Basilicata e Sicilia.

## Aspetti paleontologici

Le rocce carbonatiche custodiscono un grandissimo patrimonio paleontologico in termini di impronte fossili di animali e piante vissute nelle ere passate. Attraverso la loro scoperta si possono ricostruire non solo forme viventi oggi estinte, ma soprattutto è possibile ricostruire le condizioni ambientali e climatiche in cui tali specie vivevano, cacciavano e morivano.

Da molti secoli l'uomo ha imparato a scrutare nelle rocce alla ricerca di fossili che testimoniano forme di vita oggi inesistenti, tuttavia è piuttosto recente l'interpretazione delle forme fossili in un quadro di ricostruzione globale della storia geologica della Terra. Ciò è senz'altro merito dell'accresciuto interesse da parte dei media che ha favorito la ricerca in questo campo con numerosi ritrovamenti di grande valore paleontologico.

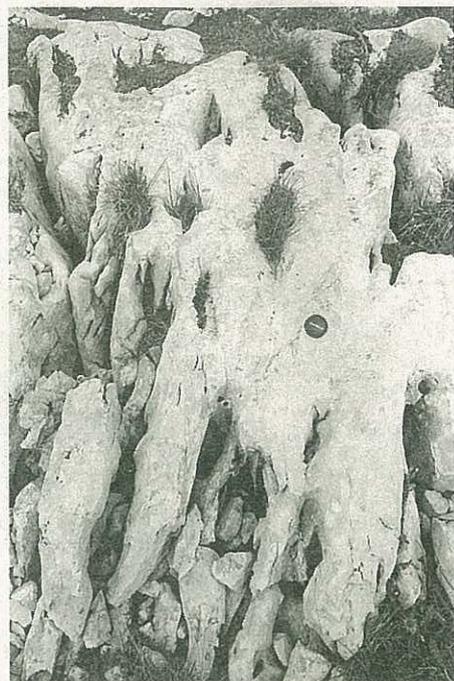
Proprio le rocce carbonatiche (calcari e dolomie) hanno conservato le impronte di dinosauri che, 60-70 milioni di anni fa, percorrevano le vaste lagune del Veneto e della Lombardia: queste tracce sono oggi visibili in un ambiente estremamente suggestivo, ai Lavini di Marco nei pressi di Rovereto (Tn) o dopo alcune ore di marcia in montagna ai piedi del monte Pelmo in val Zoldana (Bl). Questi ritrovamenti si stanno tuttavia moltiplicando riportando alla luce tracce di vita e tracce di ambienti scomparsi.

Il patrimonio fossile che è possibile osservare nelle rocce carbonatiche è estremamente importante: i pesci di Bolca nel Veneto e quelli di Pietraroja in Campania, i megalodonti dolomitici, le rudiste cretatiche molto frequenti nei calcari di piattaforma di Lazio, Abruzzo e Puglia consentono di approfondire aspetti biologici ed evolutivi delle specie.

## Evoluzione geologica

L'espansione dei fondali oceanici è un fenomeno legato all'attività interna della Terra, detta più propriamente attività "endogena", e si manifesta, secondo la teoria della "Tettonica a placche", in un continuo e lentissimo spostamento di placche crostali. Questa teoria, detta anche della "Tettonica globale", nacque nel 1967 dal concetto di "deriva dei continenti" sviluppata da Wegener nel 1915. In essa sono raccolti e sintetizzati moltissimi fenomeni della dinamica della Terra. La teoria sostiene che la superficie terrestre è sud-

divisa in numerose placche crostali, alcune di grandi dimensioni, che possono contenere un intero continente, come avviene ad esempio per la placca africana, e altre più piccole, come la microplacca adriatica, grande all'incirca quanto il Mar Adriatico. Le placche o zolle crostali sono corpi rigidi che sovrastano uno strato viscoso all'interno del mantello terrestre. Nella porzione superiore del mantello fluido si risente dell'influenza del moto di celle termiche convettive che interessano tutto lo spessore del mantello stesso. In corrispondenza delle celle divergenti le placche rigide sovrastanti si allontanano. In tal modo si può formare nuova crosta oceanica (espansione dei fondali



*Effetti della dissoluzione carsica. I solchi lungo le fratture di roccia vengono allargati e approfonditi dall'azione chimica di dissoluzione delle acque che scorrono sulla superficie. Queste forme, tipiche dei paesaggi carsici, prendono il nome di solchi a doccia (altopiano carsico di Fanes, Dolomiti di Ampezzo)*

oceanici). Al di sopra di celle convettive convergenti le placche si avvicinano e si ha distruzione, o come si dice in termini geologici subduzione (digestione nel mantello), di crosta oceanica. Accade talvolta che il movimento delle celle convettive si inverte, così come il movimento delle placche sovrastanti. Questo comporta che un oceano precedentemente in espansione si possa richiudere.

La chiusura di un oceano comporta lo schiacciamento degli strati di sedimenti e rocce che si sono depositati ai margini del continente; questi sedimenti si piegano e si fratturano in vario modo e possono essere così spinti verso il basso o verso l'alto. I sedimenti possono essere

schiacciati contro l'adiacente zolla formando le catene montuose. La formazione di una catena montuosa viene definita "orogenesi" e l'insieme dei movimenti che portano alla deformazione delle rocce viene definito *attività tettonica*.

Le rocce carbonatiche alpine e appenniniche sono state ampiamente coinvolte nell'orogenesi Alpina, tuttora in atto, sotto la spinta da sud della placca continentale africana contro quella del continente europeo.

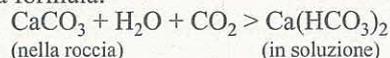
La catena alpina, e con essa la dorsale appenninica, si è formata nell'orogenesi più recente accaduta sulla Terra. Per questo motivo essa viene definita "giovane".

## Caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche

Le rocce carbonatiche possono avere caratteristiche fisiche (durezza e compattezza), meccaniche e chimiche (solubilità) anche molto diverse a seconda dell'ambiente di formazione. Infatti, come già accennato, in ambienti differenti si formano calcari caratterizzati da diverso grado di purezza, differente tipo di stratificazione e composizione interna. Su tali caratteristiche hanno inoltre una notevole influenza le vicissitudini geologiche cui le rocce carbonatiche sono state soggette successivamente alla loro formazione.

I calcari di *Piattaforma* carbonatica presentano caratteristiche fisiche e meccaniche generalmente molto buone: sono massicci, cioè non stratificati, duri e compatti o formati da strati di parecchi metri di spessore; la loro compattezza si traduce in una grande resistenza all'erosione meccanica operata dagli agenti esterni esogeni. Le caratteristiche dei calcari indisturbati peggiorano notevolmente se le rocce sono state sottoposte a un'intensa attività tettonica. In particolare queste rocce molto massicce e compatte, sotto l'azione di forze esterne, mostrano una risposta tipica di corpi rigidi: tendono a rompersi e fratturarsi. In tutto il corpo roccioso tettonizzato sono quindi sempre presenti, in concentrazione minore o maggiore, fratture e faglie (superfici lungo le quali si è verificato uno scorrimento relativo tra le due parti a contatto). Le zone dove la roccia è maggiormente deformata e fratturata sono quelle in cui più facilmente può agire l'erosione lineare, sono cioè i settori in cui più frequentemente si impostano i solchi erosivi.

Le rocce carbonatiche, e i calcari in maggior misura, sono facilmente soggette a fenomeni di dissoluzione chimica. Le rocce carbonatiche pure sono infatti interessate da un fenomeno peculiare, detto *fenomeno carsico*, che avviene secondo la formula:



L'acqua piovana, ricca in anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), favorisce la dissoluzione del carbonato di calcio in bicarbonato di calcio che viene asportato in soluzione. La dolomia [Ca,Mg(CO<sub>3</sub>)] presenta una solubilità molto minore rispetto ai calcari per la presenza di magnesio (Mg) al posto del calcio.

La presenza di fratture nella roccia consente all'acqua di penetrare in profondità per agire così all'interno della massa calcarea su superfici molto maggiori rispetto alla sola superficie esterna.

Le acque in questo modo riescono a esplicare la loro azione erosiva aprendo varchi sempre più grandi, fino a formare vuoti fusiformi e vere e proprie grotte, cavità sotterranee tipiche di questi ambienti.

I calcari di Bacino possono avere caratteristiche molto varie a seconda del loro contenuto percentuale di argilla. I calcari puri e i calcari marnosi hanno caratteristiche fisiche e meccaniche buone o ottime, mentre le marne hanno caratteristiche intermedie tra la grande rigidità, compattezza e fragilità dei calcari e la plasticità delle argille. Le marne possono presentarsi compatte e dure, ma dopo lunga esposizione agli agenti atmosferici esterni hanno la tendenza a frammentarsi in scagliette che divengono sempre più minute e vengono asportate dall'azione meccanica della pioggia.

Le rocce carbonatiche di bacino se sottoposte a sforzi tettonici, a differenza di quelle di piattaforma, mostrano una risposta tipica di corpi duttili: si piegano grazie alla plasticità della presenza degli strati marnosi e argillosi, che si deformano e contemporaneamente consentono lo scivolamento degli strati calcarei l'uno sull'altro, come avviene ad esempio quando pieghiamo un libro.

Lo stile deformativo tipico dei calcari di bacino è pertanto quello "a pieghe", tuttavia essi risultano anche interessati in vario modo da fratture e da faglie.

L'alterazione di queste rocce origina materiale fine e limoso, che può funzionare da lubrificante interstrato, con effetti negativi sulla stabilità d'insieme dell'ammasso roccioso.

La permeabilità primaria dei sedimenti carbonatici di bacino, ovvero la proprietà di farsi attraversare dall'acqua, in condizioni indisturbate è nulla; quella secondaria, per fratturazione, è buona nei calcari puri mentre è scarsa nelle marne dove, anche se presenti, le fratture vengono rapidamente riempite da materiale fine che chiude ogni possibilità di circolazione dell'acqua.

(r.a., p.m.)

## I suoli

La prima caratteristica dei suoli delle montagne calcaree è la profondità limitata. È sufficiente osservare un recente taglio stradale nelle catene montane per

poterla affermare. La scarsa profondità costituisce un fattore estremamente limitante per la crescita della vegetazione, non solo relativa alla difficoltà di radicazione nel substrato roccioso, ma anche alla bassa riserva idrica offerta da un terreno vegetale di poco spessore. A queste limitazioni se ne aggiunge una terza, rappresentata dall'acclività generalmente notevole dei suoli montani.

Ma in realtà la situazione non è così negativa come può sembrare a prima vista. Anche se mediamente limitato, lo spessore dei suoli delle montagne calcaree è estremamente variabile e ciò a breve distanza. La variabilità dello spessore è strettamente connessa all'irregolarità della superficie rocciosa, dovuta ai processi di dissoluzione carsiche delle rocce carbonatiche da parte delle acque piovane e di percolazione. Per cui, a breve distanza dai suoli poco profondi, si trovano quasi sempre sacche di terreno più spesso, che offrono maggior spazio alle radici e miglior trattenimento d'acqua. Inoltre, le radici si possono sviluppare proprio attraverso le fessure nella roccia calcarea e così con la loro crescita aumentare la stabilità degli alberi.

Infine, non solo il terreno determina le caratteristiche della vegetazione, ma vale anche a dire l'inverso; cioè, una volta che la vegetazione si è stabilita sul pendio roccioso, proprio la sua presenza costituisce, per così dire, la principale misura anti-erosiva. Questo fenomeno è facilmente verificabile dal confronto, sullo stesso pendio, tra gli spessori dei suoli sotto bosco e sotto pascolo.

### Rendzina e terre rosse

Il tipo di suolo più diffuso nelle montagne calcaree è il rendzina, più o meno profondo, è caratterizzato da un orizzonte organico molto scuro, direttamente (o quasi) sovrapposto alla roccia. Il colore scuro è dovuto alla ricchezza in sostanze organiche, che tende a mascherare il colore degli altri componenti (ferro, calcio). Nonostante la presenza di pietre carbonatiche, l'orizzonte organico è solo poco o moderatamente calcareo. La ricchezza in sostanza organica è tipica per i suoli sulle rocce calcaree, e tende ad aumentare ver-

so altitudini maggiori e in condizioni (micro) climatiche più fredde, fino al punto che spesso i versanti nord sono più scuri (con più sostanza organica) di quelli esposti a sud.

In modo subordinato si trovano in Italia sulle montagne calcaree le note *terre rosse*, caratterizzate dalla presenza abbondante di composti insolubili del ferro trivalente che conferiscono la colorazione arrossata al terreno. Essi si sono sviluppati di solito su superfici più antiche, oppure su rocce carbonatiche meno pure. Ma da tempo è stata avanzata l'idea (in molti casi anche confermata) che l'apporto di minime quantità di ceneri vulcaniche può aver promosso notevolmente la colorazione delle terre rosse. La loro formazione avviene molto lentamente.

Caratteristiche sono la mancanza di calcare nel terreno, l'acidità e il tenore argilloso. Nel complesso, la fertilità si può considerare scarsa.

Spesso le terre rosse costituiscono il fondo delle doline e dei maggiori fenomeni carsici. Si tratta in questo caso quasi sempre dall'accumulo delle terre rosse che in origine hanno coperto i versanti. La composizione argillosa contribuisce a rendere impermeabile il fondo delle doline, consentendo la formazione di laghi e ristagni d'acqua estremamente utili in zone dove la circolazione delle acque è molto scarsa o assente. Ma che rendono

più difficile la coltivazione di questi terreni.

### Uso dei suoli montani

Sia per le condizioni pedologiche che per quelle climatiche, i terreni delle montagne calcaree vengono per la maggior parte utilizzati per bosco o pascolo. Solo laddove lo spessore del suolo lo consente, in particolare nelle doline, lungo i bordi delle conche intramontane, sui detriti di falda e sui conoidi, si possono coltivare, ad esempio, cereali e si estendono uliveti, frutteti, vigneti e prati da taglio. I terreni migliori sono quelli dove l'acqua non costituisce un fattore fortemente limitante, e sono generalmente quelli sui conoidi.

Una nota a parte merita il problema del



Primula palinuri (da Libro rosso delle piante d'Italia. Wwf Italia, 1992)

rimboschimento dei terreni carbonatici. Quando ormai la roccia calcarea è praticamente priva di terra, il rimboscimento può avvenire solo con estrema cura, senza grossi scassi, evitando così che l'erosione porta via l'ultima terra rimasta e con questa le giovani piantagioni.

Storicamente, il problema dei suoli delle montagne calcaree è stato affrontato attraverso la costituzione di elaborati sistemi di terrazzamento, di cui talvolta si possono ancora ammirare i resti, ormai fortemente degradati a causa dell'abbandono.

### Bauxite

Nei terreni di degradazione delle rocce carbonatiche si possono raramente incontrare concentrazioni di bauxite, terreni all'interno dei quali si trovano in forma di noduli sferici elevate concentrazioni di alluminio. Per molti anni questi terreni sono stati oggetto di coltivazione mineraria in particolare in Abruzzo, estrazione ormai ovunque abbandonata a causa della bassa concentrazione di alluminio in questi depositi che rende la lavorazione anti-economica.

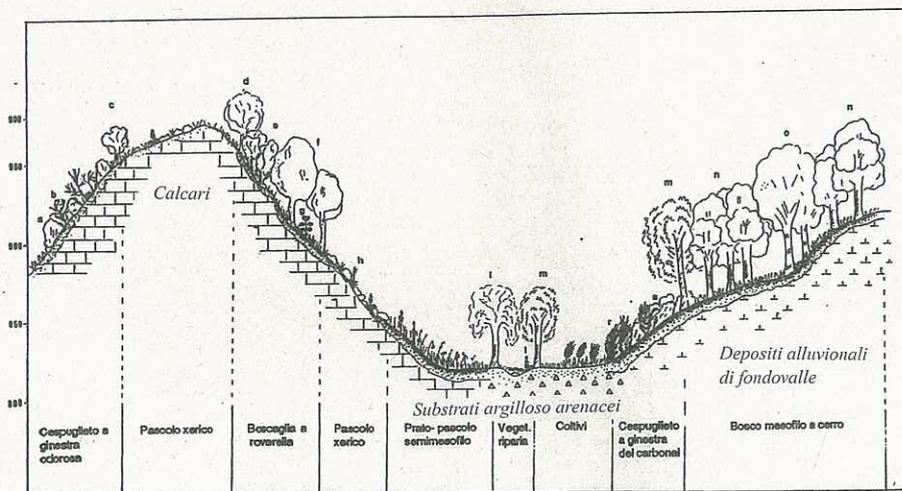
(a.a.)

## La vegetazione dei rilievi calcarei

Parlare della flora e della vegetazione che si imposta su substrati calcarei significa prendere in considerazione, data la enorme diffusione di questi litotipi, la copertura vegetale di buona parte della penisola e delle isole. Escludendo, tuttavia, quelle situazioni in cui l'elevato stadio di evoluzione del suolo rende di fatto inesistenti le diversità floristiche tra un soprassuolo su substrato calcareo e uno, ad esempio, vulcanico (in questi casi, purtroppo ormai rari, il vero fattore condizionante le caratteristiche quali-quantitative del soprassuolo è piuttosto quello climatico), si può tentare di restringere il campo di indagine su quelle situazioni in cui il substrato roccioso influenza in misura preponderante la vegetazione rispetto agli altri fattori, per lo più a causa della scarsa potenza del suolo, del degrado della copertura vegetale, della scarsità di precipitazioni o dell'eccessiva acclività dei versanti.

Prima di procedere oltre è forse oppor-

tuno ritornare per un istante sull'enorme capacità del suolo di influenzare la copertura vegetale, elevando, ad esempio, i valori di ritenzione idrica a livello degli apparati radicali anche laddove rocce di base fortemente porose o fessurate, se private del suolo di copertura, renderebbero potenzialmente nullo tale valore. Considerazioni analoghe riguardano gli effetti "tamponi" del suolo nei riguardi del chimismo del substrato. La ricerca di suoli climatici nel nostro paese è ormai altrettanto vana di quella di aspetti vegetazionali maturi e stabili e quindi la definizione di "paesaggio vegetale dei calcari" assume una più accentuata valenza. Le rocce calcaree possono presentarsi in



Rappresentazione schematica della vegetazione di un'area tipo dell'Appennino Carbonatico (area Pietrasecca-Ripazza). Tratto da: Gruppo nazionale geografia fisica e geomorfologia - L'area carsica di Pietrasecca. Mem. Ist. It. Speleol., 5, serie II, Chieti, 1994

forme di aggregazione che vanno dalla massa litoide compatta e dura dei calcari mesozoici stratificati o massicci ai calcari porosi (travertini, "macco", calcari organogeni tipo "panchina", calcareniti, "tuffi" calcari, ecc.) a quelli detritici costituiti da ammassi di frammenti prevalentemente calcarei, sciolti o cementati, a diversa granulometria.

È evidente l'estrema variabilità delle condizioni edafiche che questi materiali possono offrire alla vegetazione, soprattutto per quanto riguarda la loro capacità di ritenzione idrica. In generale, comunque, il paesaggio calcareo è, per antonomasia, arido, spesso dall'aspetto tipicamente "pietoso" per l'elevata percentuale di substrato litoide affiorante; i suoli generati da rocce madri calcaree sono ricchi di scheletro, la granulometria è ricca in frazione argilloso-sabbiosa che tende

ad aumentare la ritenzione idrica; lo spessore di questi suoli scuri, prevalentemente di tipo "Rendzina", poveri di elementi nutritivi, è in genere modesto. La loro reazione è generalmente alcalina, anche se tende a spostarsi verso l'acida, con l'aumentare del grado di evoluzione. Queste caratteristiche, se da un lato sono accentuate in ambienti montani dalla acclività dei versanti, dall'altro si attenuano nelle zone vallive pianeggianti o subpianeggianti, dove si ha un accumulo di minerali argillosi e di elementi nutritivi, più favorevoli allo sviluppo della vegetazione. L'evolversi, in condizioni naturali e in presenza di sufficienti valori di piovosità, dei suoli di tipo "Rendzina", porta alla

genesì di "terre brune", suoli più strutturati e pressoché privi di carbonati, dilavati dalle acque meteoriche. La vegetazione che comunemente associamo a questo paesaggio geologico così diffuso in vasti settori dell'Appennino è una boscaglia decidua degradata dai tagli troppo ravvicinati e dal conseguente dilavamento degli orizzonti fertili del suolo, che si rifugia in prevalenza nelle coltri basali di detrito, nelle depressioni dove l'accumulo di "terre

rosse" e minerali argillosi aumenta la disponibilità idrica o, per lo stesso motivo, lungo le fratture e gli allineamenti degli stati rocciosi.

In ambiente alpino e prealpino il limite dei 1.500 metri segna di solito sui rilievi carbonatici la transizione dalla vegetazione arborea a quella erbacea dei prato-pascoli. Dal piano basale (2-400 metri) a questo limite superiore si susseguono, schematizzando, le fasce forestali dei querceti xerothermici a *Quercus pubescens* e di quelli mesofili a *Quercus petraea*, dei castagneti, ove diffusi dall'uomo, dei consorzi misti o puri a *Fagus sylvatica*, delle leccete, dei lariceti e infine dai prato-pascoli che si sviluppano prevalentemente laddove i pendii meno accentuati e la minore mobilità dei conoidi di detrito lo consentono. Uno degli esempi più diffusi di questa forma di vegetazione è costituito dall'associazione a carice sempreverde (*Carex sempervirens*) e sesleria calcarea (*Sesleria coerulea* ssp. *calcareae*), il *Seslerieto-semperviretum*, ambiente tipico delle stelle alpine (*Leontopodium alpinum*), cui può seguire, con il crescere della quota, il pascolo a carice rigida (*Carex firma*), con salici nani (*Salix retu-*

sa), sassifraghe e la silene acaule (*Silene acaulis*), che estende il suo areale ad alcuni massicci centro-appenninici, e la genziana dei calcari (*Gentiana clusii*). Gli ambienti rupicoli alpini ospitano gran parte degli endemismi della flora alpina, specialmente di quelli del gruppo "artico-alpino" tra i quali l'arabetta alpina (*Arabis alpina*), la sassifraga sempreverde (*Saxifraga aizoon*) e l'erba dei camosci (*Ranunculus glacialis*).

Un'associazione rupicola alquanto diffusa nelle prealpi calcaree è quella a potentilla caulescente (*Potentilla caulescens*) e ruta muraria (una pteridofita: *Asplenium ruta-muraria*). Quella degli ambienti rupicoli è una flora del tutto

particolare che possiede adattamenti per resistere a escursioni termiche diurne anche dell'ordine di 50-60°C, alle più diverse condizioni di esposizione e insolazione, a una elevatissima aridità fisiologica del substrato, a causa della sua acclività, del livello di fessurazione della roccia, anche laddove si registrano elevati valori di piovosità o della non disponibilità di acqua, per lo più trattenuta sotto forma di ghiaccio. Questi adattamenti vanno dalla presenza di apparati radicali alquanto estesi all'ispessimento della cuticola, dalla succulenza (generi *Sempervivum*, *Sedum*, ecc.) alla forma pulvinata che offre maggiore resistenza all'azione meccanica del vento. Queste condizioni estreme vanno naturalmente attenuandosi con il diminuire dell'altitudine e della latitudine.

Un ambiente calcareo per eccellenza è quello del Carso triestino, dove frammenti di vegetazione arborea e arbustiva a chiara impronta "illirica" si alternano a vaste estensioni di vegetazione "stepptica" a graminacee (con prevalenza di *Stipa pinnata*).

Nell'Italia peninsulare assume grande importanza come specie forestale colonizzatrice delle rupi e dei detriti calcarei il leccio (*Quercus ilex*), diffuso anche in stazioni rupicole favorevoli dell'arco prealpino. Capace di sfruttare le condizioni offerte dalle stazioni rupicole (valori termici solitamente più elevati, mancanza di ristagno idrico e quindi di gelate), il leccio tende a salire in quota fino a 1.200 metri nell'Italia centrale e a 1.400

in Aspromonte.

Un altro elemento arboreo che predilige le rupi calcaree litoranee è il pino d'Aleppo (*Pinus halepensis*), diffuso tra la Liguria e le coste adriatiche meridionali ma con popolamenti che solo di rado possono essere considerati autoctoni (costa del Lazio meridionale). I rilievi calcarei prossimi alla costa, dove il ripetersi degli incendi e l'eccessivo pascolo hanno portato al pressoché totale dilavamento del suolo, ospitano un'interessante flora mediterranea a macchia o "gariga" (laddove il degrado è più accentuato) che si arricchisce talvolta di elementi-relitto di antiche vicende climatiche come la palma nana (*Chamaerops humilis*) e l'eufor-

natici pensinsulari (tra cui da menzionare quella di tipo "balcanico" a *Styrax officinalis*, *Paliurus spinachirsti*, *Carpinus orientalis* e *Cercis siliquastrum* dei monti Sabini meridionali, Lazio, si spinge verso l'interno sino al margine dei querceti a roverella, forse la più frugale tra le querce, perfettamente adattata alle difficili condizioni dei terreni poveri e sassosi dell'Appennino. Più in quota, di solito verso gli 800 metri nell'Italia centrale e i 1.000-1.200 in quella meridionale, i rilievi calcarei, così come quelli calcareo marnosi o silicei, sono coperti da estesissime per quanto, di solito, degradate fagete per lo più monofitiche. Due conifere tra gli endemismi arborei dell'Appennino

calcareo: il localizzato pino nero di Villetta Barrea (*Pinus nigra*), diffuso nei rimboschimenti proprio per le sue ottime caratteristiche di specie colonizzatrice di terreni calcarei denudati, e il pino loricato del Pollino (*Pinus leucodermis*).

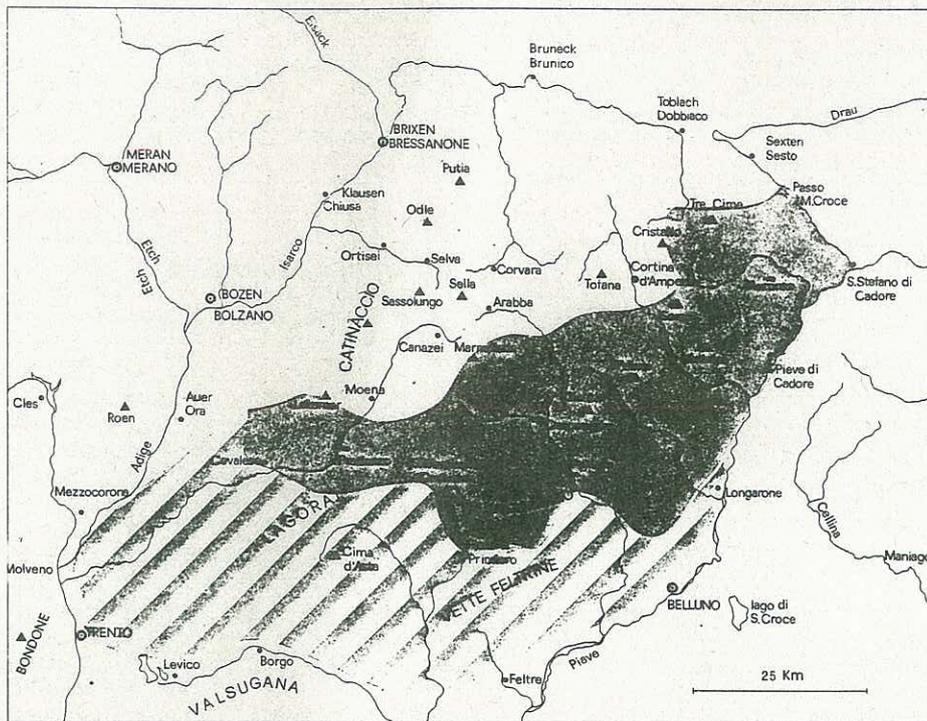
Tra i tanti aspetti della vegetazione che alligna su questo tipo di substrato e che per brevità di trattazione siamo costretti a trascurare citiamo i numerosi endemismi della flora rupicola delle alte vette appenniniche come *Avena praeaututiana* e *Saxifraga ampullacea* del

massiccio del Terminillo; la stella alpina d'Abruzzo (*Leontopodium nivale*) della Maiella; l'armeria sarda (*Armeria sardoa*) del Gennargentu, la minacciata flora pugliese di ambiente di steppa-gariga (Gargano, Murge e penisola Salentina), ricca di endemismi quali *Teucrium japygicum*, *Centaurea japygica*, *Campanula garganica*, *Scabiosa garganica* e una specie simbolo della lotta per la conservazione della flora italica minacciata: la primula di Palinuro (*Primula palinuri*), arroccata sulle inaccessibili pareti calcaree di Capo Palinuro.

(f.m.m.)

## Aspetti geomorfologici

La morfologia e il pattern dell'idrografia superficiale dei paesaggi calcarei sono fortemente dipendenti dai caratteri generali già descritti per le rocce carbonatiche. Essi contribuiscono in maniera de-



I limiti geografici che individuano la regione a cui viene attribuito il nome di Dolomiti

bia arborea (*Euphorbia dendroides*). Due le specie arboree-guida degli orizzonti più "caldi" della nostra vegetazione mediterranea: l'olivo (*Olea europaea*), del quale si discute l'indigenato nella nostra penisola, e il carrubo (*Ceratonia siliqua*), adatto a condizioni di maggiore xerothermicità rispetto allo stesso olivo. Interessanti aspetti di steppa a ampelodesma (*Ampelodesmos mauritanicus*), una grande graminacea di areale nord africano, costituiscono aspetti di degrado della macchia su massicci carbonatici costieri del Lazio meridionale e dei monti Tiburtini.

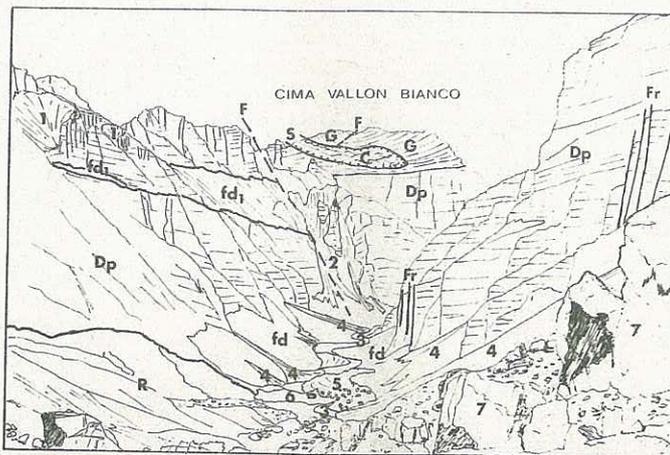
La macchia mediterranea, colonizzatrice con diverse forme dei massicci carbo-

terminante alla connotazione geologica del paesaggio. Alle rocce carbonatiche possono essere attribuite diverse *unità geomorfologiche* dal momento che esse presentano comportamenti differenti nei riguardi dell'azione degli *agenti morfogenetici* sia a causa delle caratteristiche di permeabilità, erodibilità e propensione al dissesto idrogeologico, sia in relazione alle condizioni climatiche. In ultima analisi negli ambienti impostati su rocce carbonatiche si possono originare varie Unità di paesaggio (Poli, Scarelli, Gisotti, 1994).

Le notevoli differenze tra unità di paesaggio calcareo sono quindi innanzitutto da mettere in relazione con i diversi sottolitotipi che possono influire notevolmente sulla resistenza all'erosione e sulla dissoluzione. Un altro fattore che condiziona in modo determinante l'evoluzione del paesaggio calcareo è l'azione dell'attività tettonica recente o ancora in atto. Come già accennato le rocce coinvolte in un'orogenesi recente costituiscono rilievi dotati di elevata energia morfologica. Questa energia condiziona tutti i processi evolutivi dei rilievi: la tettonica recente può dar luogo a rilievi caratterizzati da quote elevate, predisponendoli all'azione degli agenti erosivi (agenti esogeni) che agiranno così con maggior forza ed efficacia.

In sintesi si può dire che i caratteri generali della roccia costituiscono il fattore predisponente all'azione delle *forze modellatrici*. Più precisamente la litologia, il tipo di stratificazione, la giacitura degli strati (disposizione nello spazio di una massa rocciosa o di uno strato), lo stato di fratturazione della roccia, costituiscono gli *elementi o fattori strutturali* che condizionano l'azione modellatrice dei *fattori determinanti*. Questi sono essenzialmente: l'azione meteorica e delle acque dilavanti, la dissoluzione carsica, l'attività dei corsi d'acqua incanalati, l'azione dei venti, dei mari, l'esarazione glaciale, la forza di gravità e l'attività antropica. Tranne gli ultimi due fattori, tutti gli altri possono essere definiti anche *fattori climatici*.

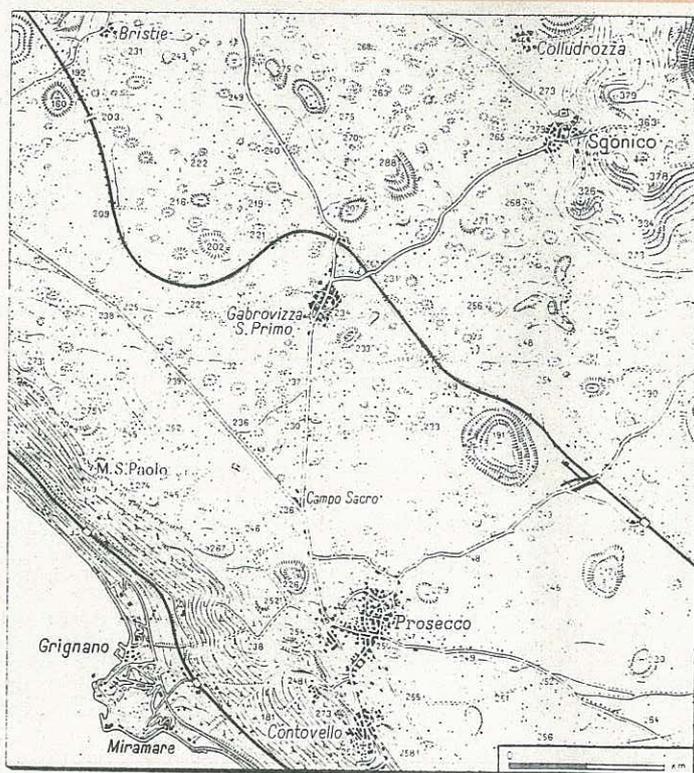
L'evoluzione del paesaggio è quindi determinata dalla combinazione dei fattori climatici e strutturali e dall'azione antropica.



Vista geologica d'insieme del Vallon Bianco e del tratto medio della Val Travenanzes (Dolomiti d'Ampezzo). Sulla cima del Vallon Bianco si osservano i calcari cretaci (c) inglobati per contatto tettonico all'interno dei calcari giurassici. Dp = dolomia principale norica, G = calcari giurassici, C = calcari cretaci, S = sovrascorrimento, fd e fa1 = falde di detrito, F e Fr = faglie, 1 = circhi glaciali, 2 = grava di Travenanzes, 3 = medio corso del rio Travenanzes, 4 =

coni e falde di detrito, 5 = arco morenico, 6 = piana alluvionale in corrispondenza della malga Travenanzes, 7 = blocchi di dolomia precipitati per frana dalla parete ovest della Tofana di Rozes.

In basso. Regione carsica alle spalle di Trieste con doline di piccole e medie dimensioni (da R. Almagià, 1959)



La forza di gravità, oltre a essere il motore di tutti i fenomeni di modellamento terrestre, può essere considerata anche il principale fattore innescante di alcuni di essi (ad esempio dei fenomeni franosi).

La stabilità delle rocce calcaree di piattaforma carbonatica è generalmente mol-

to buona; quando il calcare è massiccio i versanti, anche se molto ripidi o verticali, sono estremamente stabili. Tuttavia, quando gli stessi litotipi sono intensamente fratturati sussiste il rischio di frana per crollo.

Un ulteriore rischio di dissesto è legato al carsismo: quando le cavità ipogee sono molto superficiali e la loro volta molto sottile, sussiste il rischio che questa possa crollare.

Per quanto riguarda i calcari di bacino la stabilità è generalmente mediocre e si ha una forte propensione al dissesto quando litotipi sottilmente stratificati e ricchi in componente argillosa danno luogo a pendii molto acclivi.

Questa condizione è del resto comune perché, come è stato detto, gran parte dell'Appennino, sollevato recentemente e ancora in sollevamento, è costituito da calcari di bacino. Qui sono presenti forme tipiche di una morfologia "giovanile", quali forre e pareti scoscese e, soprattutto in corrispondenza di zone intensamente tettonizzate, i fenomeni franosi sono molto comuni e difficilmente controllabili perché generalmente di grandi dimensioni. In questi litotipi sono infatti frequenti "deformazioni gravitative profonde" che possono coinvolgere settori molto ampi dei rilievi. Fenomeni franosi di minore entità sono comuni, in particolare quando la pendenza degli strati è prossima a quella del pendio e si hanno nei giunti interstrato patine argillose. In questi casi si ha una forte propensione al dissesto con frane essenzialmente per scivolamento.

Le rocce carbonatiche che si ritrovano nelle Alpi e negli Appennini possiedono un'elevata *energia di rilievo* dovuta al dislivello tra le cime o i versanti montuosi e i fondovalle. L'attività tettonica in questo caso costituisce un *fattore endogeno determinante* ai fini dell'evoluzione morfologica

del rilievo.

(r.a., p.m.)

## I paesaggi naturali

Paesaggio montano: le Dolomiti  
Le formazioni calcaree e dolomitiche

mesozoiche delle Alpi, coinvolte nell'orogenesi recente, danno luogo a rilievi montuosi caratterizzati da morfologie aspre, con rilievi a fianchi ripidi, pareti rocciose verticali, creste acute e dentellate.

Le potenti pile calcaree e dolomitiche, comportandosi rigidamente sotto l'azione degli sforzi tettonici, sono state spezzate in grossi blocchi monoclinali, delimitati da faglie e alzati o abbassati gli uni rispetto agli altri.

Da un punto di vista litologico le rocce dolomitiche compatte alternate o sovrastanti rocce marnose e argillose più erodibili determinano una morfologia selettiva con grandi scarpate subverticali che sovrastano pendii dolci o sono interrotte da gradini morfologici detti *cenge*.

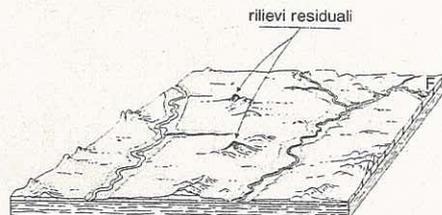
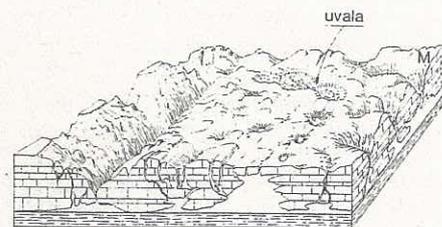
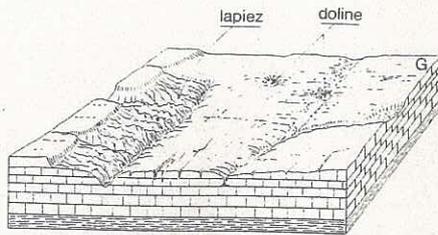
Nell'analizzare i paesaggi, è possibile rilevare la presenza di elementi legati alle attuali condizioni morfo-climatiche, ma anche quelli legati a condizioni passate, tra cui in particolare le ere glaciali dell'ultimo periodo pleistocenico.

Le forme attuali sono dovute all'azione del gelo-disgelo stagionale (le oscillazioni intorno allo zero provocano l'allargamento delle fessure nella roccia che si separa in frammenti sempre più minuti), che provoca l'erosione progressiva per disgregazione della roccia con accumulo di crioclasti ai piedi a formare *coni e falde di detrito*. Un agente modellatore molto importante in questi ambienti è la neve, che modella forme molto caratteristiche come le *nivomorene*, dovute al trasporto di detriti su pendii innevati che si accumulano in forma di argine trasversale al pendio.

Per quanto riguarda le forme del passato, le più maestose sono le morfologie vallive a U, dovute all'azione delle lingue glaciali che hanno esercitato un'azione erosiva non solo sul solco vallivo ma su tutto il fondo; forme minori per dimensione sono i *depositi morenici* che danno origine a cordoni e archi morenici molto caratteristici. Altre forme tipiche sono i *circhi* glaciali, che si formano in corrispondenza delle testate delle valli in cui l'azione della neve e del ghiaccio provoca lo scavo di forme semicircolari di erosione.

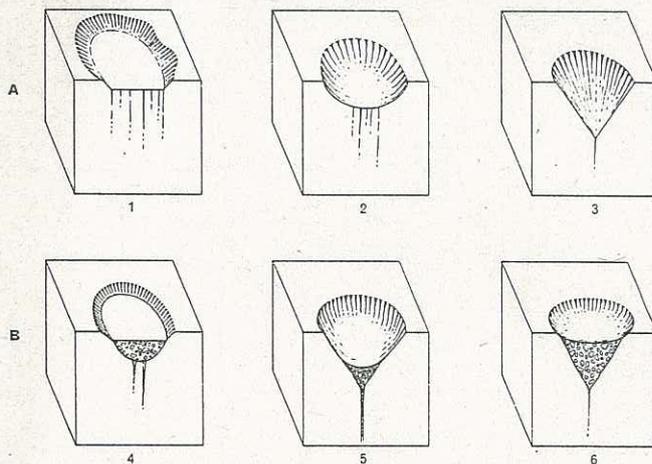
#### Il carso triestino

L'erosione carsica, come già detto precedentemente, prende avvio dal processo di dissoluzione chimica della roccia, ma per la sua evoluzione occorre che la roccia sia interessata da fessure e fratture che giungano in profondità e consentano all'acqua di penetrare all'interno delle masse calcaree. In superficie il risultato di questa azione erosiva si manifesta con la creazione di forme estremamente caratteristiche. Queste forme assumono uno sviluppo imponente in numerose zone italiane: nelle Prealpi Venete, nell'altipiano del Cansiglio, nell'altipiano dei Sette Comuni, nei Lessini, nel gruppo del



*Stadi evolutivi di un ciclo carsico. In un altipiano calcareo intensamente tettonizzato le acque, più che scorrere in superficie, tendono a infiltrarsi nelle fratture della roccia; con la loro azione corrosiva, e con il concorso di processi di crollo, esse producono una serie di forme superficiali e sotterranee che evolvono attraverso stadi successivi, il cui passaggio è però graduale, con limiti non*

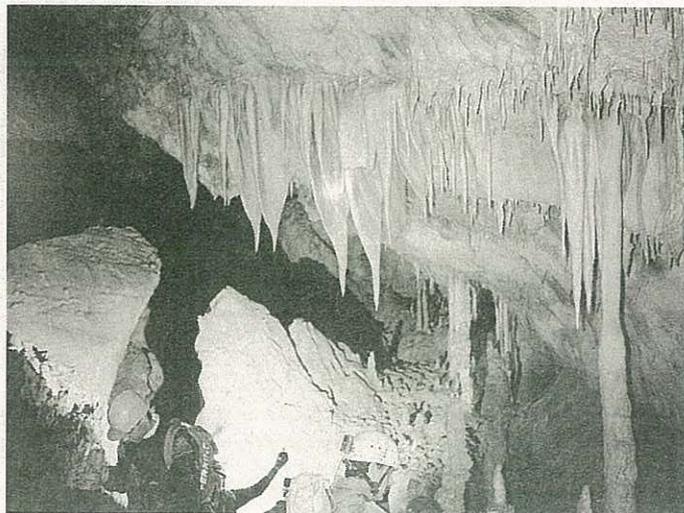
*perfettamente definibili. G = stadio di giovinezza; M = stadio di maturità; V = stadio di vecchiaia; F = fine del ciclo carsico, con demolizione del primitivo massiccio calcareo fin quasi al livello della falda freatica (sostenuta dallo strato impermeabile sottostante), la quale funge da livello di base locale (da Accordi B., Palmieri E.L., 1979)*



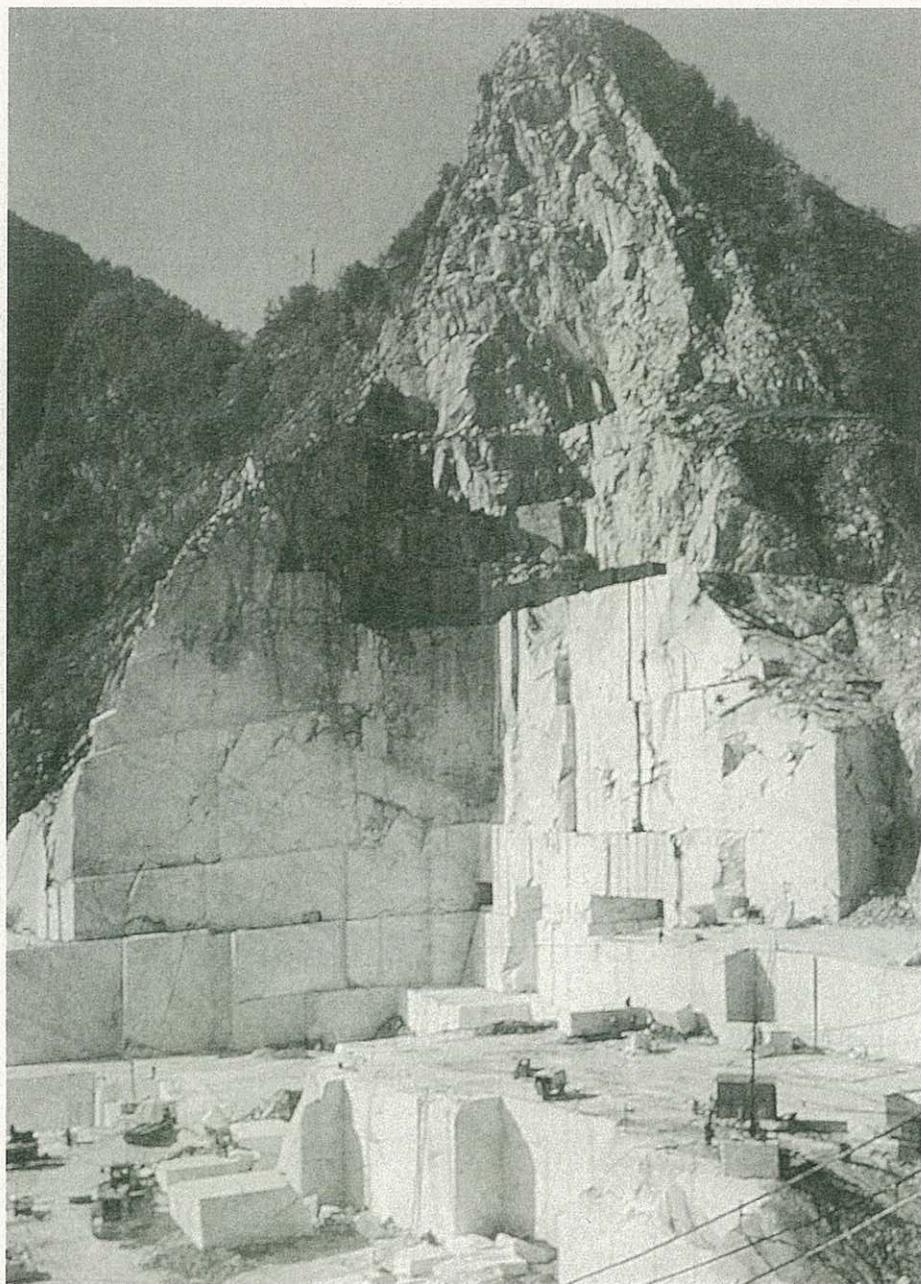
*Disegno schematico di alcuni tipi di doline (da G.B. Castiglioni, 1979)*

*A - doline di riempimento: 1) a piatto, 2) a ciotola, 3) a imbuto  
B - doline con depositi di riempimento: 4) a piatto, 5) a ciotola, 6) a imbuto  
Il tipo 4 deriva dal riempimento parziale di una forma a ciotola (2), il tipo 5 da una forma a imbuto (3), così pure il tipo 6.*

*Grotta di Frasassi. Concrezioni di vario genere pendono dalla volta: sulla destra, una serie di stalagmiti di cui una, saldata alla sovrastante stalattite. Questo meraviglioso mondo scavato nel sottosuolo col trascorrere del tempo si riempie sempre più di concrezioni per effetto del lento depositarsi del calcare dalle acque percolanti e di materiali depositati sul fondo. Oggi l'inquinamento sta raggiungendo le grotte causandone un rapido degrado*



Cava "a tecchione" per l'estrazione di marmo sulle Alpi Apuane. La secolare attività estrattiva ha profondamente modificato il paesaggio originario e ne ha creato uno nuovo, artificiale. Il marmo è un calcare che ha subito un processo di metamorfismo, che cioè per effetto dell'aumento di temperatura si è ricristallizzato, dando luogo a una roccia compatta, omogenea, dalle notevoli caratteristiche estetiche e di resistenza, ampiamente impiegata come pietra ornamentale e da costruzione (da Gisotti, 1990).



ciò ha luogo quando le cavità sono sufficientemente ampliate dall'azione chimica di dissoluzione. Negli ambienti carsici è possibile avere lo scorrimento sotterraneo di fiumi: l'esempio più importante e imponente è quello del Timavo, fiume che scorre sotterraneo per circa 40 chilometri tra Slovenia e Venezia-Giulia attraverso le grotte di San Canziano.

L'azione dell'acqua sui calcari può dar luogo non soltanto alla dissoluzione della roccia, ma anche a deposizione di carbonato di calcio dalle soluzioni acquose.

Le cavità sotterranee sono caratterizzate infatti da vari tipi di concrezioni calcaree che possono assumere forme, dimensioni e colorazioni grandiose e bellissime. Queste sono il prodotto del lento depositarsi del carbonato di calcio dalle acque che circolano all'interno delle grotte. Quando l'anidride carbonica contenuta nel bicarbonato di calcio sciolto nell'ac-

qua riesce a liberarsi, quest'ultimo torna a trasformarsi in carbonato insolubile e viene abbandonato dall'acqua. Tale reazione chimica è favorita dall'improvviso aumento della superficie evaporante, in particolare quando l'acqua esce dalle fessure e si espande in veli sulle pareti delle grotte.

Le forme più caratteristiche dovute a questa deposizione sono le *stalattiti*, concrezioni di alabastro che pendono dalla volta delle cavità, e le *stalagmiti*, che, specularmente, si innalzano dal fondo. Altre forme tipiche degli ambienti carsici ipogei sono i *festoni*, i *pilastrini* che talvolta simulano gruppi statuari, le *fontane zampillanti* e le *cortine* alabastrine.

#### *Gli altopiani delle Murge e la piattaforma salentina*

I paesaggi pugliesi sono caratterizzati prevalentemente dalla presenza di ampie

linee orizzontali appena ondulate interrotte verso est da brevi gradini più o meno verticali, paralleli alla costa sotto i quali riprendono le forme pianeggianti in lento declivio verso l'Adriatico.

La morfologia è fortemente condizionata dalla geologia: la roccia di gran lunga prevalente è il calcare (in particolare si tratta di calcari compatti del cretaceo) nell'insieme assai uniforme e ben stratificato, in strati dalla giacitura orizzontale e di spessore modesto. L'uniformità geologica corrisponde a una uniformità morfologica generale, il paesaggio è definito infatti da ampi ripiani nei quali manca un vero e proprio sviluppo di valli. Al contrario che nelle aree calcaree triestine, qui le forme carsiche superficiali non sono molto evidenti soprattutto a causa della scarsa piovosità generale della regione.

Nella parte orientale dell'area, verso il mare, i calcari

cretacici sono ricoperti da sabbioni calcarei facili da cavare e usati come materiali da costruzione. Le *tufare*, cave a fossa non molto profonde, sono infatti un elemento tipico di questa zona. Questi terreni inoltre consentono la formazione di modeste falde acquifere locali che tuttavia non risolvono il grosso problema di approvvigionamento idrico della Puglia. Per ovviare alla carenza d'acqua si è realizzata un'opera imponente, l'Acquedotto Pugliese, che porta l'acqua dalle sorgenti del Sele (versante tirrenico dell'Appennino), in cui l'acquifero è costituito da rocce carbonatiche.

Se non sono molto evidenti le forme del carsismo epigeo come conche o doline, sono invece molto sviluppate le grotte: la più spettacolare di tutte è la grandiosa grotta di Castellana presso Bari.

Forme di erosione evidenti si osservano in prossimità del mare, dove la piat-

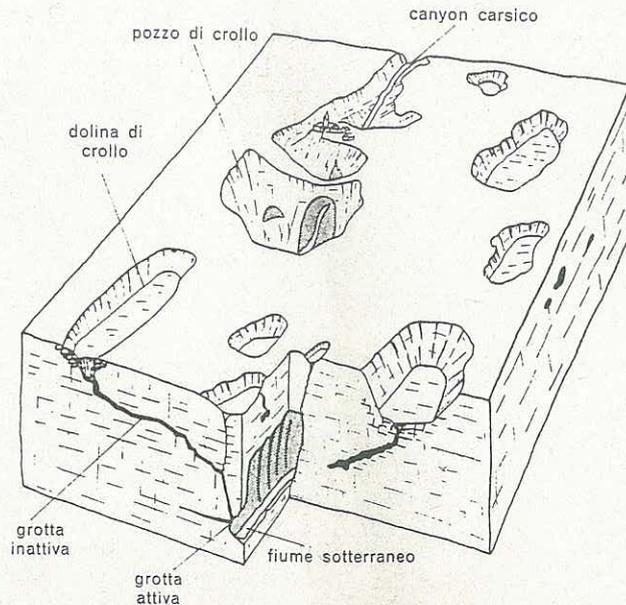
monte Baldo, nelle Prealpi bresciane, nelle Orobie meridionali, nei ripiani del Saluzzese e del Cuneese, nelle Alpi Liguri, nei Sibillini, nel Gran Sasso, nei Simbruini, Lepini, Ausoni e Aurunci, in Basilicata, nelle Madonie e in Sardegna nella zona di Dorgali.

Tuttavia il paesaggio tipicamente "carsico" si ritrova nel Carso (Prealpi Giulie oggi solo in minima parte appartenenti al Friuli Venezia Giulia) tra Monfalcone, Trieste e Postumia, dove queste forme presentano uno sviluppo completo e imponente e sono state studiate per la prima volta. Nelle sue forme più evolute, il paesaggio carsico è caratterizzato da valloni asciutti o percorsi da acque solo a tratti, da conche con o senza laghi, spesso solo temporanei, e tappezzate dai residui insolubili dei calcari stessi (le cosiddette *terre rosse*, di composizione argillosa), da inghiottitoi, pozzi, abissi, caverne e grotte, da ponti naturali, superfici rocciose incise da buchi e solchi più o meno regolari, estesi affioramenti di rocce bianche, nude e con rada vegetazione.

L'elemento caratterizzante il paesaggio carsico è l'assenza quasi assoluta di un'idrografia di superficie: i fiumi ci sono, ma scorrono in profondità modellando un complicato dedalo di solchi sotterranei.

Le acque riescono infatti dapprima molto lentamente e progressivamente, poi sempre più rapidamente ad aprirsi un varco attraverso le numerose fratture che interessano la massa calcarea per proseguire all'interno la loro azione; tale modellamento con il tempo può assumere dimensioni grandiose e dar luogo a cavità sotterranee: del gigantesco lavoro interno nulla o ben poco si rivela alla superficie, se non quando sopraggiunge uno sprofondamento.

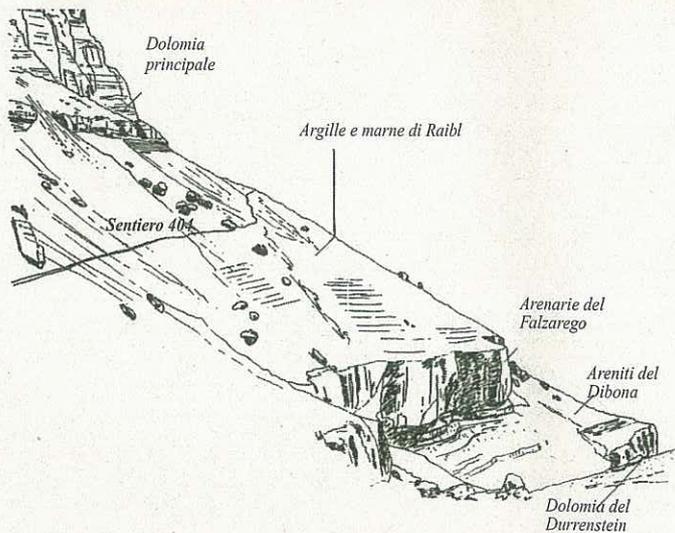
Le forme superficiali (o epigee) più tipiche del paesaggio carsico sono le *doline* (il termine è di origine slava e deriva da *dol*=valle, con il significato quindi di piccola valle): depressioni a imbuto, a calice o a scodella, con un *inghiottitoio* che raccoglie le acque meteoriche e le convoglia verso le cavità sotterranee sottostanti. Le doline possono avere dimen-



*Stereogramma della zona di S. Canziano, ove il fiume Timavo superiore (Reka) diventa sotterraneo (da E.W. Bauer, Mondo senza sole, Ed. Rizzoli, Milano 1971). Il fiume Timavo nasce dal monte Catalano, poco a sud del monte Nevoso, e percorre circa 47 km all'aperto, con debole pendenza, circondato da vegetazione, su*

*rocce e terreni arenacei impermeabili; a S. Canziano, dove la roccia arenacea lascia il posto al calcare si inabissa e comincia il suo corso sotterraneo, che si può seguire per tutta una serie di grandiose caverne. Giunto al lago Morto, il fiume scompare in una caverna per riemergere a S. Giovanni di Duino a*

*due chilometri di distanza dal mare. Il Timavo percorre circa 40 km in caverna con 3 rami principali e numerosi secondari. Una parte delle acque del Timavo, poco prima dello sbocco all'aperto fuoriescono in sorgente presso Aurisina dove vengono captate per l'alimentazione idrica di Trieste.*



*Classico profilo a cenge tipico dei paesaggi dolomitici. Base della Tofana di Rozes, Dolomiti di Ampezzo (da Amici et alii, 1989)*

sioni molto variabili: il loro diametro può essere compreso tra qualche metro e alcune centinaia di metri, la loro profondità può variare da poche decine di centimetri a decine di metri; se le pareti sono verticali, si parla di *pozzi carsici*. L'unione di due o più doline vicine dà luogo a forme definite *uvale*. Una forma caratteristica delle zone carsiche è quella dei piani o campi carsici che presentano forme allungate e dimensioni grandiose, con fondo pressoché piatto e fianchi piuttosto ripidi: questi vengono detti *polje* (termine slavo).

Nell'Appennino calcareo spesso il carsismo si imposta su grandi forme preesistenti, le *conche* o *depressioni* tettoniche, dovute a sprofondamento di grandi blocchi, per cui si parla in questo caso di *conche tettono-carsiche*, come l'altopiano delle Cinquemiglia, Campo Imperatore, Campo Felice.

Altre forme superficiali minori che si possono osservare frequentemente nelle regioni calcaree sono costituite da "solchi" paralleli, profondi da qualche centimetro a qualche metro separati da creste piatte, aguzze o addirittura taglienti. Essi si formano sulla superficie della roccia a opera dello scorrimento e della dissoluzione delle acque piovane e sono conosciuti col termine francese di *lapiés* e con quello tedesco di *karren*. In italiano vengono detti *campi solcati* o *carreggiati*.

Le forme carsiche sotterranee (o ipogee) tipiche sono le grotte che possono essere più o meno ampie e allungate con tratti a prevalente sviluppo verticale, i *pozzi*, e da tratti sviluppati prevalentemente in senso orizzontale, le *gallerie*. In Italia gli abissi più profondi si trovano oltre che nel Carso triestino (Abisso di Trebiciano - 329 metri) anche in formazioni calcaree in Toscana e in Umbria (Grotta di Monte Cucco - 923 metri), mentre numerosi sistemi di grotte superano i 10 chilometri di sviluppo.

Sotto terra l'acqua non può aprirsi la strada solo attraverso l'azione chimica, ma lo fa in combinazione con l'azione meccanica. Ciò avviene quando l'acqua acquista velocità, e

taforma calcarea a ridosso della costa si spezza bruscamente con una ripida parete (*falesia*) a picco sul mare, interessata da grotte marine o carsico-marine, di cui alcune non più penetrate dalle acque del mare a dimostrazione dell'evoluzione della costa e dell'abbassamento del livello marino a seguito degli ultimi eventi glaciali.

(r.a., p.m.)

## Danni al paesaggio, criteri di prevenzione e di risanamento

### Una importante risorsa a rischio: l'acqua

Le rocce carbonatiche, come detto in precedenza, quando sono sottoposte a intensi stress tettonici, tendono a spaccarsi e frantumarsi. La presenza di fessurazioni e spaccature favorisce l'infiltrazione in profondità delle acque meteoriche, dando origine a uno scarso sviluppo del reticolo idrografico di superficie. Le acque, inoltre, allargano le discontinuità per dissoluzione e creano all'interno della massa calcarea varchi sempre più grandi fino a formare cunicoli sotterranei e grandi cavità carsiche.

In queste formazioni geologiche la quasi totalità degli afflussi meteorici, costituiti in buona parte anche da quelli di origine nevosa, può infiltrarsi in profondità all'interno delle rocce, circolando nel reticolo delle fratture e dei circuiti di grotte, cunicoli e gallerie. In questo modo l'acqua può scorrere molto velocemente fino a punti di emergenza ben localizzati (sorgenti) anche notevolmente

distanti dal luogo di alimentazione. La presenza di picchi di portata, nelle sorgenti, in relazione a eventi meteorici, testimonia l'esistenza di un circuito veloce per fratture e condotti carsici.

Accanto alla permeabilità per fessurazione e carsismo, nelle litofacies carbonatiche di piattaforma (ad esempio nel Calcare Massiccio) esiste una significativa permeabilità per porosità primaria sin-deposizionale, intergranulare e strutturale, che svolge una funzione molto importante favorendo lo sviluppo di un sistema di canali capillari che possono permeare tutta la roccia e quindi favorire l'immagazzinamento di grandi quantità d'acqua (portate superiori a 10 lt/sec) e la sua lenta percolazione in profondità. Anche in questi complessi, dominati da una circolazione profonda, è presente tuttavia un circuito veloce legato alle rapide infiltrazioni delle acque superficiali.

La dorsale carbonatica appenninica è sede di acquiferi che rappresentano risorse importantissime sia in termini quantitativi che qualitativi. La ricarica media di tali acquiferi è molto elevata (intorno ai 500-700 mm/anno), garantendo la formazione di grosse riserve idropotabili. Queste, in parte, sono captate e vengono portate all'utenza in zone anche lontane mediante opere acquedottistiche, mantenendo i loro standard di qualità pure attraversando e servendo aree a elevatissimo tasso di inquinamento.

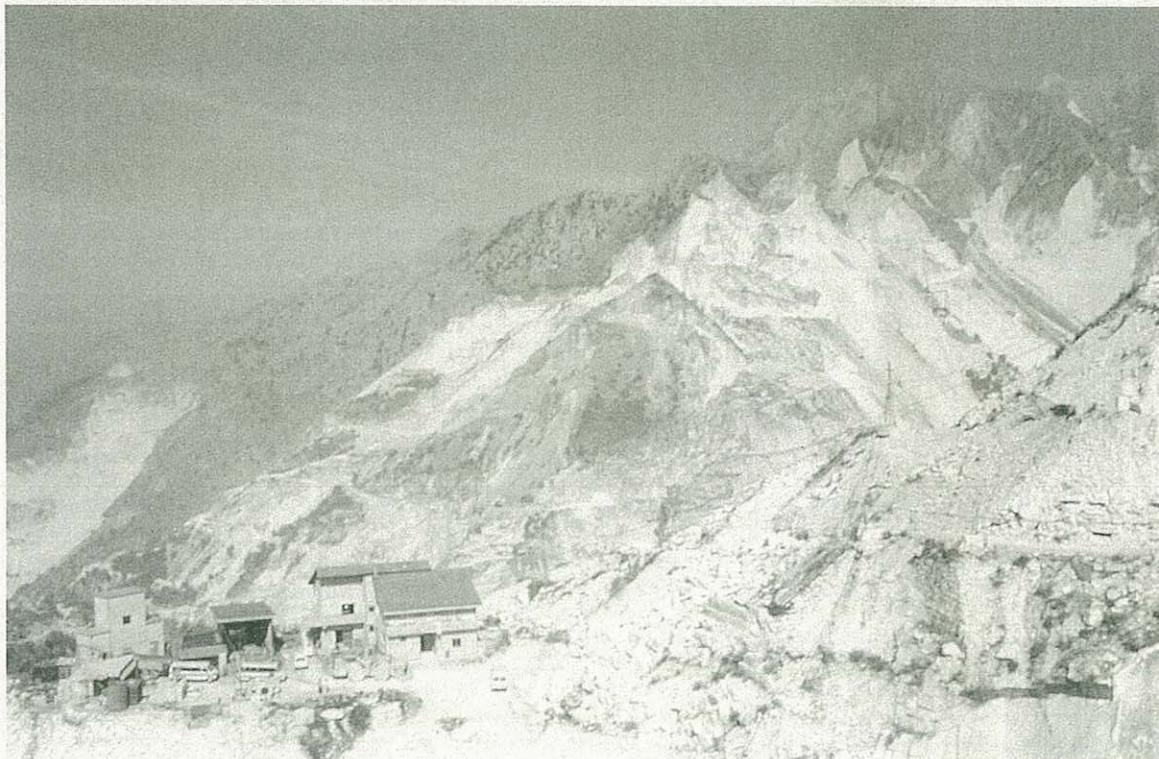
Nell'area laziale, il sistema acquedottistico delle sorgenti del Peschiera (con una portata di 16.000-18.000 mc/sec, che ha il suo bacino di alimentazione nei monti Reatini) e della sorgente Capore (con una portata di 5.000 lt/sec, che ha il suo bacino di alimentazione nei monti

Sabini), insieme alle acque addotte da altri acquedotti minori, alimenta la città di Roma.

I cittadini romani hanno così una dotazione pro-capite di oltre 500 litri al giorno. Questo valore pone la città all'avanguardia in Europa e nel mondo, come è nelle tradizioni sin dall'antichità, con un prezzo medio di circa 500 lire al metro cubo.

I terreni che costituiscono l'acquifero carbonatico, se da un lato grazie alla grande permeabilità sono ideali per la formazione di grosse riserve idriche, dall'altro possono essere considerati tra i più vulnerabili all'inquinamento. La vulnerabilità all'inquinamento delle falde può essere definita come la possibilità di penetrazione degli inquinanti nel corpo idrico sotterraneo che si propagano prima per percolazione dalla superficie freatica (zona insatura), poi per diffusione all'interno dell'acquifero (zona satura), seguendo il moto idrico. In riferimento alla classifica adottata in Italia per la redazione di specifiche mappe, il grado di vulnerabilità degli acquiferi viene definito: *estremamente elevato*, nel caso di falde in complessi carbonatici a carsismo completo o molto sviluppato; *alto*, nel caso di falde in massicci carbonatici con carsismo basso o nullo, di falde in complessi carbonatici dolomitici poco carsificati.

Nei complessi idrogeologici carbonatici, quindi, le sostanze inquinanti possono raggiungere molto rapidamente le acque della falda profonda. In queste aree risulta pertanto estremamente pericolosa la presenza di discariche, di pozzi e scarichi perdenti che molto spesso vengono con assoluta incuria posti nelle vicinanze di inghiottitoi e di doline. Singolare è quan-



Cave di marmo delle Alpi Apuane: cava con "ravaneto", ossia discarica degli scarti lungo il pendio



Una delle più recenti e interessanti forme di recupero di cave in calcare è la loro trasformazione in spazi culturali. L'artista crea, dipinge, scolpisce "trasformando" un ambiente degradato in una galleria d'arte (foto da Qui Touring n. 9, 1994)

to accaduto nella grotta del Dragone di Acquafredda di Maratea (una delle più estese cavità della Basilicata), le cui concrezioni calcitiche hanno assunto una colorazione verde, nera e gialla a testimonianza di una forma di inquinamento delle acque che in essa giungono dalla superficie. Da una accurata ricognizione fatta sul territorio sembra che l'unica fonte di inquinamento possibile sia una discarica per lo smaltimento dei rifiuti solidi urbani a uso dei comuni di Trecchina e Maratea.

Molto grave è inoltre la presenza di cisterne di carburanti e di sostanze chimiche varie come solventi, vernici e composti tossici, il cui sversamento accidentale può dar luogo a danni immediati molto gravi ma soprattutto alla contaminazione delle acque per lungo tempo. In questi casi risulta estremamente difficoltoso intervenire per disinquinare il sottosuolo. Le tecniche che infatti oggi vengono correttamente impiegate si basano sulla risposta estremamente lenta che i torrenti di pianura hanno nei confronti dell'infiltrazione degli inquinanti. Questo ritardo consente di potere operare asportando spessori di terreno saturo inquinato, rimuovendo completamente le sostan-

ze indesiderate. Nel caso dei calcari carsificati si assiste a una rapidissima penetrazione verso l'interno del corpo roccioso con perdita immediata della possibilità di asportare la sostanza indesiderata che raggiunge così la risorsa idrica inquinando anche l'ammasso roccioso.

Da recenti studi condotti su alcune sorgenti nel territorio abruzzese risulta che alcune di queste scaturigini hanno subito negli ultimi anni drastiche riduzioni di portata, a causa di situazioni di sovrassfruttamento per interventi antropici esterni che ne hanno modificato il regime. Emblematico il caso del fiume Tirino che, affluente del fiume Aterno, ha un regime di portata quasi costante senza significative variazioni tra eventi massimi e minimi, perché alimentato da alcune sorgenti del serbatoio idrogeologico del Gran Sasso d'Italia. In concomitanza temporale con la realizzazione del traforo autostradale del Gran Sasso e col parallelo aumento di altre captazioni nell'area, si è osservata una diminuzione rapida delle sue portate, causata da una drastica variazione del drenaggio profondo nel massiccio carbonatico alimentatore. Infatti da una portata massima di 12,70 mc/sec, misurata nel 1937, si è passati

nel 1975 a valori inferiori a 9,18 mc/sec, così come le portate minime sono variate da 10,5 misurate nel 1937 a 5,54 misurate nel 1986.

Questa drastica riduzione del flusso di base estivo nel corso d'acqua, alimentato da sorgenti, potrebbe avere conseguenze imprevedibili sugli equilibri biologici e sulle condizioni ambientali.

Le situazioni di dissesto ambientale sopra descritte possono essere evitate impostando una politica di tutela e uso razionale delle risorse idriche e sotterranee. Per raggiungere tale scopo risulta di fondamentale importanza la conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche del territorio, mediante una continua opera di monitoraggio con criteri uniformati e con metodologie standardizzate, nonché misurando le variazioni dei parametri idrogeologici (portate, temperatura e caratteri chimico-fisici) delle principali sorgenti. Queste conoscenze scientifiche risultano indispensabili ai "gestori" delle risorse ambientali (amministratori e tecnici delle Regioni e degli enti locali) nell'ottica di un utilizzo ragionato delle risorse e della ottimizzazione degli interventi.

Un piano di azione nelle aree di difesa delle risorse idropotabili deve prevedere di instaurare un sistema di vincoli giuridici e fisici, dando vita a strutture operative idonee a garantirne il rispetto. Tra gli interventi "attivi" indispensabili si devono contemplare: vincoli di rispetto assoluto per le aree di vulnerabilità primaria; vincoli di protezione per le aree di vulnerabilità secondaria.

(e.d.l.)

## BIBLIOGRAFIA

Accordi B., Palmieri E.L., 1979 - *Il globo terrestre e la sua evoluzione*. Zanichelli, Bologna

Almagià R., 1959 - *L'Italia*. Utet, Torino

Amici R., Mauri M.P., 1989 - *Aspetti geologici e geomorfologici del paesaggio delle dolomiti ampezzane*. In: *Guide Naturalistiche delle Dolomiti Venete*. Edizioni Dolomiti, Cortina d'Ampezzo

Biondi E., Allegrezza M., Guitian J., 1988 - *Mantelli di Vegetazione nel piano collinare dell'Appennino centrale*. *Doc. Phytosoc.*, XI, pp. 479-490

Blasi C., 1993 - *Carta del fitoclima del Lazio (regionalizzazione)*. Regione Lazio, Ass. Agric. Foreste; Università "La Sapienza" Roma, Dpt Biol. Veg.

Bosellini A., 1989 - *La storia geologica delle Dolomiti*. Edizioni Dolomiti, Cortina d'Ampezzo

Castiglioni G.B., 1979 - *Geomorfologia*. Utet, Torino

Comune di Roma - Assessorato alla Cultura - Iwsa - Acea, 1986 - *Il trionfo dell'acqua. Acque e acquedotti a Roma*. Paleni Editrice, Roma

Dauchaufour P., 1977, (trad. inglese), *Pedology*, George Allen & Unwin Ltd.

Gisotti G., 1993 - *Rapporti tra formazioni geologiche e paesaggio. Il paesaggio geologico*. *Boll. Serv. Geol. It.*, Vol. CIX, Roma

Gisotti G., 1983 - *Geologia e pedologia nell'assetto del territorio*. Edagricole, Bologna

Leonardi P., 1968 - *Le Dolomiti, geologia dei monti tra Isarco e Piave*. Manfrini Ed., Rovereto

Pignatti S., 1982 - *Flora d'Italia*. 3 vol. Edagricole Bologna

Poli G., Scarelli M., Gisotti G., 1994 - *I paesaggi geologici italiani*. Verde Ambiente, n.2, Roma

Qui Touring, 1994 - n. 9

Sevink J., Rimmelzwaal A. & Spaargaren O.C., 1984, *The soils of southern Lazio and adjacent Campania*, Enea/Rt/Pas/84/10

Società Geologica Italiana, 1994 - *Guide geologiche regionali* - Vol. VII, Appennino Umbro-Marchigiano

Touring Club Italiano, 1963 - *Il Paesaggio Conosci l'Italia*, volume VII

Touring Club Italiano, 1963 - *L'Italia fisica Conosci l'Italia*, volume VII

Touring Club Italiano, 1977 - *I paesaggi umani*

Ubaldi D., Zanotti A.L., Puppi G., Speranza M., Corbetta F., 1987 - *Sintassonomia dei boschi caducifogli mesofili dell'Italia peninsulare*. *Not. fitosoc.*, 23, pp. 31-62

### *Un elemento di degrado paesaggistico: le cave*

Il calcare e in genere tutte le rocce carbonatiche, presentano buone caratteristiche meccaniche, che le rendono impiegabili come materiali inerti da costruzione, inoltre queste rocce vengono utilizzate per la produzione di cemento.

Il calcare viene estratto in cava da secoli, tuttavia con l'avvento recente delle attrezzature meccaniche l'estrazione ha raggiunto dimensioni fino a poco tempo

fa impensabili.

Le cave di calcare sono tra quelle che maggiormente deturpano il paesaggio. I metodi estrattivi finora utilizzati conducono spesso alla formazione di pareti con scarpate quasi verticali alte decine di metri. In questi casi risulta estremamente difficile operare un recupero ambientale. Nonostante siano state recentemente studiate e messe a punto tecniche molto sofisticate di intervento anche su pareti verticali, i risultati sono ancora troppo scarsi per poter parlare di soluzione definitiva del problema. I costi piuttosto elevati e i risultati poco soddisfacenti nell'immediato, rendono ancora questi interventi sperimentali e scarsamente applicabili.

Il recupero delle cave dismesse si presenta come uno dei maggiori problemi da risolvere per procedere a un recupero paesaggistico completo di alcuni ampi settori del nostro paese. In particolare le cave più vecchie, coltivate in assenza di progetto di ripristino, pongono grossi problemi tecnici per il riutilizzo, programmato in funzione di una destinazione verso usi diversi (sportivo-turistici, agricoli, paesaggistici, ecc.).

Le principali zone di affioramento delle rocce calcaree in Italia



L'unica strada oggi percorribile per la riduzione dell'altissimo impatto ambientale delle cave di calcare (ma anche di marmo e travertino), è quello di redarre progetti di escavazione che siano funzione del progetto di ripristino finale, programmando tutte le fasi della coltivazione in modo da ottenere senza ulteriori interventi, una superficie morfologicamente "pronta" per essere reinserita nel paesaggio circostante.

(r.a., p.m.)

**Coordinamento a cura di:  
Giuseppe Gisotti, Eugenio Di Loreto**

### Errata corrige

Sul numero 6/94 i Materiali "I rilievi vulcanici" erano fra gli altri a firma Antonio Corazza, il cui nome corretto è invece Angelo Corazza. Ce ne scusiamo con i lettori e con l'autore.