

UNIVERSITA' DI ROMA
ISTITUTO DI GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA

CARLO F. BONI

**Lineamenti idrogeologici dell'Appennino Carbonatico Laziale - Abruzzese
(Primi risultati della campagna 1970-72)**

Estratto da:

ATTI DEL 2° CONVEGNO INTERNAZIONALE SULLE ACQUE SOTTERRANEE

Palermo, 28-29-30 Aprile 1-2 Maggio 1973

CARLO F. BONI *

LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DELL'APPENNINO CARBONATICO LAZIALE-ABRUZZESE (Primi risultati della campagna 1970-72)

RIASSUNTO

Vengono presentati i risultati delle ricerche idrogeologiche compiute nell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese nel 1970-72.

Lo scopo del lavoro è di definire i lineamenti idrogeologici fondamentali della regione.

Viene illustrata la metodologia di studio adottata, che si basa essenzialmente sull'analisi approfondita delle condizioni geologiche del territorio e sullo studio dei principali elementi di idrogeologia di superficie. Applicando il metodo di ricerca proposto, la regione risulta molto chiaramente suddivisa in strutture ed unità idrogeologiche differenti, ciascuna delle quali è caratterizzata da un'area di ricarica, da limiti di permeabilità che la circondano e da livelli di base dove riemergono le falde, attraverso numerose e grandi sorgenti alcune delle quali superano, in magra, la portata di 10-15 m³/sec.

A commento di una carta schematica, che sintetizza i risultati ottenuti, vengono descritti i lineamenti di ciascuna struttura idrogeologica.

Dallo studio si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Esiste una precisa corrispondenza fra strutture geologiche ed idrogeologiche; ciascuna risulta idraulicamente separata dalle altre; perde di significato la suddivisione del territorio in bacini idrografici.
- Tutte le strutture sono saturate alla base da falde che alimentano sorgenti a grande portata; le sorgenti principali sono allineate alla periferia dello shelf carbonatico; nell'ambito di ciascuna unità idrogeologica le sorgenti sono poste, di norma, alla periferia, nei punti a quota relativa più bassa del contatto fra rocce carbonatiche e flysch.

1. PREMESSA

Vengono presentati i primi risultati delle ricerche idrogeologiche compiute nell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese, nel periodo 1970-72. Questa prima fase di una ricerca programmata su molti anni, ha perseguito il solo scopo di definire i lineamenti idrogeologici fondamentali di questo settore dell'Appennino, per poter meglio impostare gli studi che seguiranno. Nella regione è parso infatti molto difficile, se non impossibile, studiare problemi di carattere locale, o tentare bilanci quantitativi, al di fuori di una visione più ampia e sintetica delle condizioni idrogeologiche generali.

Risulta d'altra parte chiaro, dalla scala della carta (Fig. 1), che sintetizza i risultati ottenuti, come la ricerca, condotta a livello regionale, non intenda per il momento risolvere problemi locali, ma solo fornire una valida ipotesi di lavoro che potrà servire come base per ricerche di maggiore dettaglio. Lo schema proposto va pertanto inteso come un primo tentativo di sintesi degli scarsi elementi idrogeologici oggi disponibili e pertanto come un modello necessariamente imperfetto che dovrà essere sempre

* Istituto di Geologia e Paleontologia - Università di Roma.

più migliorato, e probabilmente modificato, con l'acquisizione di nuovi dati.

E' già in corso una revisione dei risultati qui presentati, oggetto di un prossimo lavoro, che fornirà sull'argomento trattato un quadro certamente più completo e documentato.

CARATTERI GENERALI DELLA REGIONE

E' stata presa in considerazione una zona dell'Italia centrale che si estende ad Est di Roma, nel Lazio meridionale e nell'Abruzzo, dal Mar Tirreno al Mare Adriatico, su una superficie approssimativa di 15.000 km² (Fig. 1).

La morfologia aspra è caratterizzata da dorsali che raggiungono, di norma, quote di 1.500-2.000 metri, per culminare a circa 3.000 metri, in corrispondenza del Gran Sasso. Le dorsali, generalmente disposte in direzione NO-SE, hanno lunghezze variabili tra 100 e 150 km e larghezza di 20-30 km; sono fra loro separate da valli più o meno ampie, disposte parallelamente ai rilievi.

Sulla regione cadono in media poco meno di 1.000 mm di pioggia, a livello del mare, e poco più di 2.000 mm al centro delle catene. I corsi d'acqua perenni sono poco numerosi; la maggior parte è soggetta a fasi di magra estiva, prossime all'esaurimento.

Le sorgenti sono numerosissime: due hanno portate di magra superiori a 15 m³/sec, cinque superiori a 5 m³/sec, circa 40 hanno portate comprese tra 0,5 e 5 m³/sec.

Si può accennare (l'argomento verrà ripreso più avanti) che tutti i rilievi sono formati da sedimenti carbonatici, con tracce di carsismo epidermico molto diffuso arealmente, ma generalmente poco sviluppato in profondità (non mancano ovviamente le eccezioni); le depressioni sono colmate da sedimenti argilloso-arenacei, coperti localmente da depositi plio-pleistocenici di differente natura.

SITUAZIONE GEOLOGICA DEL TERRITORIO

Riassumo, in stretta sintesi, i caratteri geologici essenziali, stratigrafici e strutturali, mettendo in evidenza il loro significato idrogeologico.

Al centro della regione affiora una serie di shelf carbonatico subsidente, circondata da sedimenti di soglia che passano, verso l'esterno, ad una tipica serie calcareo-marnosa di transizione all'ambiente pelagico. Entrambe le serie carbonatiche sono di età mesozoica.

La crisi orogenica è riferibile al Mio-Pliocene; in questo periodo si sono depositi differenti tipi di flysch e sono state messe in posto le coltri alloctone, che occupano le depressioni fra strutture carbonatiche. Nella tarda fase orogenica, lungo la costa tirrenica, si registra una intensa attività vulcanica che ha interes-

sato solo marginalmente o localmente la regione considerata. Si è sviluppata contemporaneamente una intensa attività erosiva, i cui prodotti sono diffusi ai margini delle strutture e lungo le depressioni.

LITOSTRATIGRAFIA

A livello regionale è parso opportuno distinguere solo le diverse unità litostratigrafiche con caratteri idrogeologici più marcatamente differenti:

Serie di shelf carbonatico subsidente. Questa serie, depostasi durante il mesozoico, ha uno spessore medio di oltre 3.000 metri. Sebbene l'intero pacco di sedimenti abbia caratteri piuttosto omogenei, giocano un ruolo idrogeologico determinante le variazioni sedimentologiche e i processi diagenetici che hanno provocato marcate differenziazioni litologiche. Poiché è ormai ben noto che nell'Appennino centro-meridionale le facies dolomitiche presentano una permeabilità mediamente inferiore a quelle più schiettamente calcaree, è opportuno descrivere la serie in funzione della distribuzione delle dolomie.

Possiamo distinguere a livello dell'Infralias un potente spessore di dolomie, in gran parte primarie, delle quali non è nota la base. Queste affiorano solo in pochi punti, ma come vedremo in seguito, per la scarsa permeabilità che le caratterizza, la loro presenza assume, a livello idrogeologico, particolare importanza. I sedimenti del Giurassico e del Cretacico, che hanno una potenza complessiva di circa 2000 metri, sono formati da sequenze calcareo-dolomitiche: le dolomie e i calcari dolomitici dominano soprattutto alla base e tendono a ridursi verso l'alto fino a scomparire, in molte zone, a livello del Cretacico superiore, dove sono assai diffuse facies calcareo-organogene. Questo pacco di terreni calcareo-dolomitici, sufficientemente omogeneo, è caratterizzato da una notevole permeabilità secondaria, dovuta all'intensa fessurazione prodottasi come conseguenza dei grandiosi movimenti che hanno interessato le masse carbonatiche durante l'orogenesi appenninica.

Manca ancora una conoscenza della distribuzione delle facies dolomitiche sufficiente per distinguerne le precise aree di affioramento sull'intera regione considerata. Nella carta di Fig. 1 tutti i sedimenti di shelf sono stati pertanto cartografati con lo stesso simbolo; in alcuni settori, maggiormente studiati, sarà tuttavia possibile descrivere, nel testo, l'influenza che le dolomie dell'infralias esercitano sulla circolazione idrica profonda.

Serie mesozoica di transizione. I sedimenti di transizione circondano di norma lo shelf; localmente vi si insinuano o si appoggiano ai suoi margini con serie lacunose e notevolmente ridotte. Lo spessore medio della serie può essere valutato 1.500 metri, circa la metà rispetto alla serie di shelf. A livello dell'infralias si trova un potente pacco di dolomie con gessi, a permeabilità molto bassa. A livello del Giurassico e del Cretacico dominano calcari con selce, regolarmente stratificati, con frequenti e potenti intercalazioni marnose e argillose, distribuite a diversi li-

velli; mancano o sono molto scarsi i calcari dolomitizzati.

La presenza di intercalazioni marnose e argillose diminuisce sensibilmente la permeabilità media e l'infiltrazione efficace nei sedimenti di transizione, rispetto a quelli di shelf: in primo luogo perché le intercalazioni pelitiche tendono ovviamente ad ostacolare il movimento delle acque; in secondo luogo perché le marne e le argille intercalate conferiscono alla massa una plasticità d'insieme che ha limitato nettamente lo sviluppo della fratturazione efficace degli strati calcarei sottoposti a tensioni orogeniche.

Sedimenti sin-orogenici e tardo-orogenici di differente età e natura. Sono stati raggruppati in questa categoria i differenti tipi di flysch e le coltri alloctone che si sono depositi o sono state messe in posto durante l'orogenesi. Sono tutti sedimenti caratterizzati da elevata componente pelitica che li rende praticamente impermeabili rispetto alle masse carbonatiche, con le quali vengono a contatto. Questi depositi sin-orogenici colmano le depressioni che separano gli attuali rilievi, mentre pare ormai accertato che non si siano mai sedimentati sui settori più elevati delle strutture. Circondano i rilievi carbonatici, li isolano idraulicamente e costituiscono la soglia di quasi tutte le principali sorgenti.

Sedimenti post-orogenici indifferenziati. Sono stati raggruppati in questa categoria tutti i depositi post-orogenici, indipendentemente dalla loro permeabilità. Si tratta di depositi prevalentemente clastici a varia granulometria appoggiati ai margini delle strutture, nei bacini fluvio lacustri intertettonici e nelle valli. Notevole la copertura di prodotti piroclastici prodotta dal vulcanismo tirrenico. Hanno in genere modesto spessore e scarsa influenza sulla circolazione profonda delle strutture carbonatiche. Di particolare interesse idrogeologico sono i sedimenti prevalentemente argillosi che bordano a SO il rilievo del Monti Lepini e Ausoni perché, tamponando la falda contenuta nelle strutture carbonatiche, fanno da soglia alle sorgenti allineate al margine dei rilievi e da tetto alla falda imprigionata nella parte caudale della struttura ribassata da faglie a gradinata, sotto il livello del mare. Funzione di soglia, per alcune grandi sorgenti, hanno anche i potenti depositi lacustri argilloso-sabbiosi che colmano le più grandi depressioni, poste tra i rilievi.

LINEAMENTI STRUTTURALI

I lineamenti strutturali della regione sono quelli tipici della catena appenninica, ben noti ai geologi perché descritti da una ricchissima e recente letteratura. Mi limiterò a considerare quegli elementi tettonici oggettivamente riconosciuti da tutti, perché direttamente osservabili, al di fuori delle diverse interpretazioni proposte.

Le principali strutture sono disposte secondo assi orientati NO-SE, che tendono ad assumere andamento meridiano nel settore più orientale; si distinguono così differenti unità strutturali, ad asse appenninico e fra loro grossolanamente parallele, che si succedono da SO verso NE con caratteri analoghi. Ciascuna unità è costituita da una dorsale carbonatica che si pre-

senta come una monoclinale ad asse appenninico ed immersione a NE. La monoclinale evolve, sul marginale orientale, in piega-faglia o savrascorrimento con rovesciamento sul flysch che ricopre il settore caudale della struttura successiva. Le dorsali sono, di norma, bruscamente troncate a SO da un sistema di vistose faglie dirette appenniniche, che ribassano il settore caudale della struttura.

Un fattore determinante, che ha condizionato il quadro idrogeologico regionale, va ricercato nell'evoluzione dell'assetto strutturale che le differenti unità tettoniche hanno subito durante le diverse fasi orogeniche. Mi riferisco particolarmente ai rapporti di giacitura che le masse carbonatiche permeabili hanno gradualmente assunto nei confronti dei sedimenti terrigeni sin-orogenici impermeabili. I flysch e le coltri alloctone, plastiche e impermeabili, non si sono praticamente deposte sulle dorsali, ma sono andate a colmare le depressioni ed i solchi che si formavano o preesistevano, all'interno dello shelf e alla sua periferia; in tale posizione sono rimasti implicati durante le fasi tettoniche successive alla loro deposizione. Troviamo oggi, di conseguenza, lo shelf carbonatico smembrato in grandi settori; ciascuno costituisce una dorsale circondata, quasi ovunque con perfetta continuità, da solchi più o meno marcati colmi di sedimenti impermeabili. In tali condizioni ogni unità strutturale si comporta come una struttura idrogeologica idraulicamente isolata.

Il margine occidentale dello shelf viene bruscamente a contatto con la serie di transizione attraverso una linea tettonica di importanza regionale. Si tratta della nota linea Ancona-Anzio o linea delle facies dei vecchi Autori, di significato geologico non ancora perfettamente chiarito e attualmente oggetto di nuovi e più approfonditi studi. Lungo questa linea, non a caso, cade la più grande sorgente dell'Italia centrale.

METODOLOGIA DI RICERCA

Lo schema di ricerca è analogo a quello già adottato nello studio idrogeologico dell'Alto Bacino del Fiume Liri (+). E' stato necessario suddividere il territorio in strutture e in unità idrogeologiche, ciascuna delle quali è caratterizzata da tre elementi che considero fondamentali, particolarmente in ambiente carsico:

— *area di ricarica:* corrisponde al bacino idrogeologico di ciascuna unità; si estende a tutti gli affioramenti di rocce permeabili in cui si infiltrano le acque che alimentano la falda che satura, alla base, quella unità.

— *limiti di permeabilità:* sono quelle superfici di contatto tra i terreni permeabili, che costituiscono l'area di ricarica, e quelli impermeabili, che circondano e delimitano le falde di base; sono in sostanza i limiti del bacino idrogeologico di quella unità.

— *livelli di base:* sono i punti in cui riemergono le acque della falda di base; corrispondono ovvia-

(*) ACCORDI ed altri (1969) - Idrogeologia dell'Alto Bacino del Liri - *Geologica Romana*, Vol. VIII, pp. 177-559, fgg. 170; tabb. 76; 6 carte.

mente alle principali sorgenti poste, di norma, lungo i limiti di permeabilità; ciascuna unità idrogeologica può avere uno o più livelli di base distribuiti alla sua periferia.

Disponendo, su quasi tutta la regione considerata, di un quadro geologico piuttosto preciso, grazie ai rilevamenti della nuova Carta Geologica d'Italia e ai validissimi lavori di sintesi e di dettaglio pubblicati di recente, è stato agevole comprendere come le differenti unità idrogeologiche coincidano, quasi ovunque, con le principali unità strutturali. Ciascuna struttura può essere suddivisa, da elementi litostratigrafici, tettonici e morfologici che rompono la sua omogeneità, in unità idrogeologiche minori.

Le aree di ricarica sono, ovviamente, le dorsali carbonatiche; i limiti di permeabilità sono le superfici di contatto tra carbonati e flysch; i livelli di base sono, come già detto, le principali sorgenti.

Questo quadro schematico è bene applicabile su scala regionale, con il preciso scopo di definire i limiti e le caratteristiche delle maggiori unità idrogeologiche. L'indagine risulta agevole dove affiorano sedimenti di shelf carbonatico di età giurassico-cretacea con spiccati caratteri di permeabilità, più complessa in corrispondenza di affioramenti dolomitici infraliasici e sui terreni di transizione che circondano lo shelf. In queste zone la litologia è meno omogenea, la tettonica più intensa e la permeabilità discontinua: se si intende conoscere la situazione in dettaglio, occorre ovviamente uno studio approfondito a scala adeguata.

Dopo aver elaborato i dati geologici disponibili, integrati da verifiche dirette di terreno, è stato necessario individuare dove fossero e soprattutto quali caratteristiche avessero le principali sorgenti legate a ciascuna unità. Va riconosciuto che la letteratura idrogeologica che descrive le sorgenti italiane, sebbene per molti aspetti preziosa, risulta piuttosto imprecisa e lacunosa; le portate delle sorgenti reperibili in letteratura devono essere sempre controllate, perché sono risultati spesso errati anche gli ordini di grandezza. Anche le verifiche dirette risultano difficoltose particolarmente dove le sorgenti sono captate e prive di apparati di misura e controllo. Per questi motivi le portate delle sorgenti sulla carta di Fig. 1 sono indicate, per il momento, in modo molto approssimato: è in corso un lavoro di revisione e accertamento che dovrebbe portare ad una più precisa valutazione.

Come esempio della scarsa documentazione esistente e, nello stesso tempo, dell'efficacia della metodologia di ricerca impiegata, si può citare il caso delle grandi sorgenti allineate lungo il corso del basso Peccia, affluente di sinistra del Garigliano. Sebbene abbiano una portata fra le più notevoli dell'Italia centrale, non risultano adeguatamente segnalate nella letteratura consultata. Sono state recentemente individuate perché nel punto in cui si trovano, in base allo schema di ricerca adottato, doveva necessariamente emergere, quanto meno, la falda contenuta nelle monoclinali carbonatiche poste sulla sinistra del Garigliano e, con ogni probabilità, anche parte delle acque provenienti dal settore meridionale della dorsale Simbruino-Ernica. La loro portata complessiva, accuratamente misurata alla fine di marzo del 1975, è risultata di 6,70

m³/sec; si è inoltre potuto valutare la portata di magra a circa 4,5 m³/sec.

PRINCIPALI UNITA' IDROGEOLOGICHE

La situazione idrogeologica della regione è schematicamente illustrata nella Fig. 1. Dalla carta è possibile ricavare l'estensione di ciascuna unità idrogeologica, i suoi limiti, le principali direzioni di flusso della falda di base e la posizione delle maggiori sorgenti.

E' in corso uno studio, per quanto possibile approfondito, sul bilancio idrogeologico di ciascuna struttura, problema questo che riveste particolare interesse scientifico e applicativo: sull'argomento verranno fatte più avanti alcune anticipazioni, a carattere indicativo.

A commento della carta segue una breve descrizione delle strutture idrogeologiche riconosciute.

Struttura dei Volsci. Questa struttura è costituita dalla dorsale carbonatica dei Monti Lepini, Ausoni e Aurunci occidentali, circondata con continuità da sedimenti impermeabili; solo ai margini sud-occidentali si immerge, in alcuni punti, direttamente nel Tirreno.

Tutta la catena carbonatica, interessata da carsismo epidermico e profondo, è un'ottima area di infiltrazione e quindi di ricarica della falda di base che satura il rilievo.

Lungo il margine nord orientale, dove i carbonati si accavallano al flysch miocenico della Valle Latina, si segue un netto limite di permeabilità posto a quota relativamente elevata. La chiusura prosegue con continuità nella valle dell'Ausente, lungo la linea tettonica del Fammera; segue verso Ovest fino a Gaeta. A NO la struttura è tamponata dal vulcano laziale; a SO dai sedimenti argilloso-sabbiosi plio-pleistocenici che colmano la Pianura Pontina e la depressione di Fondi. Il rilievo carbonatico immerge direttamente in mare all'altezza di Terracina e ad Ovest di Gaeta. L'unità idrogeologica risulta in tal modo perfettamente isolata: nessuno scambio sembra possibile, in tali condizioni strutturali, con le falde della dorsale Simbruino-Ernica.

Il livello di base è posto al margine sud occidentale. Il flysch che tampona il settore dei Lepini-Ausoni si trova infatti, lungo la Valle Latina, ad una quota superiore a 150 m; mentre lungo il margine pontino i depositi impermeabili si deprimono gradualmente fino al livello del mare.

Il drenaggio, in questo settore del rilievo, è rivolto esclusivamente verso SO dove alimenta una serie di notevoli sorgenti allineate al margine della pianura; non vi è invece alcuna sorgente significativa lungo la Valle Latina.

La struttura carbonatica, ribassata nel settore caudale da vistose faglie dirette, si deprime a gradinata sotto la Pianura Pontina. In questo settore i carbonati chiusi al tetto da sedimenti impermeabili e alimentati lateralmente dall'acquifero dei Lepini, contengono una ricca falda imprigionata.

All'interno della struttura la falda emerge nella marcata depressione dell'Amaseno, dove alimenta sorgenti relativamente modeste.

A differenza dei Lepini, bordati da un allineamento di sorgenti poste pochi metri sopra il livello

del mare, gli Ausoni drenano le loro acque quasi per intero direttamente nel Tirreno. Lungo la costa è nota la presenza di numerose sorgenti sottomarine, ma mancano ancora studi sufficienti per valutarne la portata.

Gli aurunci occidentali, chiusi ad Est dalla linea del Fammera, lungo la valle dell'Ausente, si trovano in condizioni strutturali differenti dalla restante parte del rilievo: a NE di Gaeta il contatto tra carbonati e flysch si eleva infatti a quote superiori a 200 m, mentre al margine della Valle Latina si deprime a circa 100 m. Troviamo quindi due direzioni di flusso, una diretta a Sud verso Capodacqua, presso Spigno Saturnia, e l'altra a Nord, verso la Valle dei Liri.

Gli Aurunci orientali, perfettamente circondati da depositi impermeabili, costituiscono una piccola unità idrogeologica isolata. Hanno due direzioni dominanti di drenaggio: verso la Valle del Liri (sorgenti di S. Giorgio) e verso le Gole del Garigliano, dove si trova un vistoso allineamento di sorgenti, fra le quali Salomone è la principale.

Struttura dei Simbruini-Ernici-Monte Cairo-Monoclinali del Garigliano. Questa grande struttura carbonatica, lunga oltre 100 km, ha la forma di un triangolo acuto con base a NO, larga circa 30 km, e vertice a SE, appoggiato all'apparato vulcanico di Roccamonfina. La base del triangolo è troncata dalla grande linea tettonica (la Ancona-Anzio degli Autori, oggi meglio definita in quel settore come Antrodoco-Olevano) che pone in brusco contatto il bordo dello shelf con la serie di transizione. I due lati maggiori coincidono con altrettante depressioni tettoniche che si vanno ad incrociare in corrispondenza del centro vulcanico.

Il rilievo risulta pertanto strutturalmente ben delimitato a NO dalla linea Antrodoco-Olevano, a SO dalla Valle Latina (percorsa dal Fiume Sacco, Basso Liri e Garigliano) a NE dalla Valle Roveto (incisa dall'Alto Liri) che si prosegue più a Sud, attraverso la stretta di Atina, finoltre Cassino.

Di particolare interesse idrogeologico è l'assetto strutturale della Valle Latina, purtroppo ancora poco noto. La depressione posta fra due grandi dorsali carbonatiche è limitata a SO dal sovrascorrimento che accavalla la struttura dei Lepini-Ausoni-Aurunci sul flysch di fondo valle; a NE da un'allineamento di grandi faglie dirette che ribassano il settore caudale della struttura simbruino-ernica.

In questa situazione strutturale, lungo tutto il basso versante sinistro della valle, dove i carbonati ribassati a gradinata e sepolti dal flysch possono essere bene alimentati lateralmente dalla falda che satura il vicino rilievo, è presumibile l'esistenza di considerevoli falde imprigionate. Lo stile tettonico chiaramente distensivo e con marcati caratteri di collasso, ha sicuramente prodotto fasce ad elevata permeabilità secondaria, allineate in direzione appenninica, che costituiscono altrettante linee di drenaggio preferenziale nei confronti della falda contenuta nella struttura.

La presenza di questa falda imprigionata è stata recentemente messa in evidenza nella depressione che si estende a sud di Cassino, fra le sorgenti del Gari e del Peccia. La struttura carbonatica di Monte Cairo si deprime infatti a SE, ribassata da faglie a

gradinata, sotto una coltre di sedimenti impermeabili, fino al margine settentrionale dell'apparato di Roccamonfina, dove riemerge nelle monoclinali di Monte Lungo e Monte Camino, per alimentare le sorgenti del Peccia.

La situazione strutturale del settore Nord-orientale della valle non differisce sostanzialmente da quella vista in corrispondenza della Pianura Pontina, nella parte più prossima al rilievo dei Volsci.

Lungo l'asse della Valle Latina e lungo il margine sud-occidentale, anche nelle ristrette località in cui affiorano dalla coltre di flysch i carbonati del basamento, le condizioni strutturali e idrogeologiche appaiono nettamente diverse. In questo settore della valle l'esistenza di falde profonde ben alimentate sembra meno probabile per la notevole distanza dall'unica possibile area di ricarica e soprattutto per la probabile scarsa permeabilità secondaria dei carbonati: si può ritenere infatti che limitato sia stato lo sviluppo della permeabilità secondaria nel regime tettonico compressivo imposto dai contraccolpi del vicino fronte di sovrascorrimento. Il continuo e potente diaframma di flysch che borda il versante destro della valle sembra, d'altra parte, escludere decisamente che le falde contenute nei calcari del fondo valle possano essere alimentate lateralmente dalla più vicina dorsale dei Lepini-Ausoni. Un apporto da SO appare invece possibile solo nell'estremo settore meridionale della Valle Latina per il particolare assetto strutturale degli Ausoni, descritto nel paragrafo precedente.

In base a queste considerazioni, le più promettenti aree per la ricerca e lo sfruttamento delle falde profonde, in questa zona in pieno sviluppo industriale, sembrano limitate al margine nord-orientale della valle, che fa strutturalmente parte della dorsale simbruino-ernica e all'estremo settore meridionale, legato alla struttura degli Aurunci.

Tutta la dorsale carbonatica costituisce una favorevole ed estesa area di ricarica per la falda di base, sebbene il carsismo appaia meno sviluppato rispetto a quello dei Volsci. Le precipitazioni raggiungono valori medi, calcolati sui dati disponibili, di 1.400-1.500 mm/anno; in realtà sono forse più elevate.

La struttura risulta perfettamente tamponata alla periferia: a SO dal flysch della Valle Latina, a SE dal vulcano di Roccamonfina, che nella carta non figura, a NE dai flysch che seguono l'allineamento Valle Roveto-Stretta di Atina-San Vittore, a NO dai flysch che seguono la linea tettonica Antrodoco-Olevano.

I principali punti di drenaggio sono concentrati all'estrema periferia del rilievo, al suo vertice Sud-orientale (sorgenti del Gari, del Peccia e di Capodacqua, presso Cassino) e al margine nord-occidentale (gruppo delle sorgenti di Agosta). La falda affiora ancora a Tufano, in corrispondenza di una locale depressione del limite di permeabilità che corre lungo il margine sud-occidentale del rilievo.

Non a caso, nel settore meridionale dei Simbruini si osserva l'inversione delle direzioni di flusso della falda di base (orientate verso Agosta nel settore settentrionale e verso Cassino in quello meridionale) e la singolare presenza di alcune sorgenti all'interno della struttura e ai suoi margini nord-orientali.

In questa zona, in corrispondenza del noto alto strutturale, affiora infatti il basamento dolomitico infraliassico, a bassa permeabilità, che assume la funzione di spartiacque sotterraneo dividendo la struttura in due settori idraulicamente separati, e sostiene locali falde sospese. L'esistenza delle falde sospese è da ricondursi alle condizioni strutturali. Sulla serie dolomitica infraliassica affiorante poggiano infatti, in continuità o in trasgressione, e localmente si accavallano per tettonica, lembi e coltri di sedimenti carbonatici più permeabili; questi, risultando idraulicamente chiusi alla base dalle dolomie e rotti lateralmente da motivi tettonici trasversali, possono alimentare alcune sorgenti con portate considerevoli (Mola, Portuso, Capofiume, Liri, Schioppo e altre minori). Drenaggio verso sud si ha invece al margine sud-occidentale dove il basamento dolomitico è ribassato da vistosi motivi di collasso.

La continuità strutturale fra gli Ernici e Monte Cairo, già riconosciuta dallo scrivente (ACCORDI ed altri 1969, opera citata) all'altezza della Piana di Sora, viene oggi definitivamente confermata; come già in precedenza accennato, continuità idraulica è stata riconosciuta anche tra Monte Cairo e le monoclinali di Monte Lungo e Monte Camino, che si appoggiano al centro di Roccamonfina. A conferma di questa tesi si può tentare un grossolano bilancio idrogeologico della struttura.

Le sorgenti del Gari e del Peccia, alimentate dalla stessa falda, erogano complessivamente una portata non inferiore a 700 milioni di m³/anno; ne risulta che la loro area di ricarica, in accordo con le condizioni strutturali, si deve necessariamente estendere a NO di Monte Cairo, fino a coprire una superficie sufficiente a garantire la necessaria alimentazione. Se consideriamo una infiltrazione efficace media di 800 mm/anno su una precipitazione di 1.400-1.500 mm, l'area di ricarica deve avere un'estensione di circa 900 km²; il limite settentrionale dell'acquifero verrebbe in tal modo a cadere a cavallo tra Simbruini ed Ernici dove è riconoscibile lo spartiacque sotterraneo sopra descritto.

Si può concludere che questa grande struttura carbonatica è saturata alla base da due falde principali, separate all'altezza dei Simbruini meridionali, dove un alto strutturale solleva il basamento dolomitico infraliassico.

La falda settentrionale, più ridotta, alimenta il gruppo di sorgenti di Agosta; quella meridionale, estesa con continuità dai Simbruini a Roccamonfina, alimenta principalmente le sorgenti del Gari e del Peccia. Lungo il fianco sinistro della Valle Latina la falda emerge in corrispondenza di Tufano e Capodacqua e si estende in un acquifero imprigionato sotto la fascia pedemontana che separa le falde del rilievo dal fondo valle.

All'interno della struttura, nella ristretta zona che divide i Simbruini dagli Ernici, la situazione idrogeologica è resa più complessa dalle particolari condizioni litostratigrafiche e strutturali.

Struttura del Velino-Marsica-Meta. E' possibile isolare la grande struttura idrogeologica che da Monte Nuria-Monte Giano (presso le sorgenti del Peschiera) si estende a SE al gruppo del Velino e prosegue, oltre

il Fucino, nel settore della Marsica a SO del Fiume Sangro, per chiudersi a sud, ai Monti della Meta, con le sorgenti di Capovolturmo.

Se si segue l'andamento degli affioramenti di flysch (e se ne considera la possibile continuità sotto le coperture recenti e gli accavallamenti tettonici) l'unità prima definita risulta circondata da una fascia impermeabile, probabilmente continua, che la isola dalle strutture vicine. Se ne può seguire l'andamento a partire da sud, lungo la Valle Roveto, fino alle propaggini settentrionali dei Monti Carseolani; più a nord lungo la linea Antrodoco-Olevano; ad est lungo l'Alta Valle dell'Aterno fino alla conca dell'Aquila; da qui verso sud, sotto il ricoprimento che corre dall'Aquila al Fucino lungo l'Altopiano delle Rocche, tra il Velino e il Sirente; oltre il Fucino, lungo la valle del Sangro e quindi più a sud, fino a Capovolturmo.

La struttura idrogeologica, così definita, risulta suddivisa in tre settori da due importanti motivi strutturali e paleogeografici posti all'altezza del Fucino e dei Monti della Meta.

La grande depressione del Fucino, di cui sfugge ancora il preciso significato geologico, è circondata, al suo interno, da sedimenti di transizione; a livello idrogeologico si può ritenere che quest'area interna dello shelf, dove sedimenti terrigeni si sono intercalati a depositi calcarei, segni almeno una discontinuità litologica che ha la funzione di spartiacque fra il gruppo del Velino e quello della Marsica occidentale; a quest'ultima si lega la dorsale dei Carseolani, che non subisce l'influenza del Fucino.

Il settore settentrionale (gruppo del Velino) chiuso a sud dal Fucino alimenta le grandi sorgenti del Peschiera e di Canetra; il settore meridionale drena, in direzione opposta, verso le sorgenti del Fibreno.

In corrispondenza dei Monti della Meta un alto strutturale solleva il basamento dolomitico, che viene così a chiudere verso sud il bacino del Fibreno. Sulle dolomie giura-liassiche del rilievo poggiano in trasgressione lacunose serie di transizione: il settore della Meta risulta pertanto idraulicamente isolato dalla Marsica occidentale e drena a sud verso le sorgenti di Capovolturmo.

Struttura dei Monti di Venafrò. Situazione strutturale analoga a quella dei Monti della Meta si osserva poco più a sud, nei Monti di Venafrò, dove la lacunosa sedimentazione sul basamento dolomitico giura-liassico, mostra tipici caratteri di transizione. Questo rilievo, a forma triangolare, è delimitato ad est dai sedimenti terrigeni che colmano la Valle del Volturmo, a SO dal vistoso disturbo tettonico che passa lungo la Stretta di Atina e mette a contatto le dolomie liassiche con il flysch miocenico e a nord dal sovrascorrimento di San Biagio Saracinisco. In accordo con la giacitura del basamento dolomitico il drenaggio del rilievo è rivolto a SE, verso le sorgenti che alimentano il Rio di San Bartolomeo e Capodacqua poste nella valle del Volturmo. Le dolomie alimentano direttamente un gruppo di piccole sorgenti distribuite lungo la Valle del Rapido. Si ripete qui una situazione analoga a quella vista nei Simbruini meridionali.

Strutture abruzzesi nord orientali. Una precisa suddivisione dei rilievi abruzzesi nord orientali in strutture minori diviene sempre più difficile proceden-

do verso NE. Questo settore dell'Appennino mostra infatti marcate irregolarità stratigrafiche, dovute ad eteropie di facies poste a differenti livelli della serie. Siamo ai margini dello shelf carbonatico dove, in spazi limitati, si passa ad ambienti di soglia e di transizione esterna, con decise variazioni litologiche: si perde di conseguenza anche l'omogeneità di comportamento idrogeologico.

Le suddivisioni parse possibili sono evidenziate dall'andamento delle direzioni di flusso che figurano sulla carta.

Allo stato attuale delle conoscenze (in questo settore, in realtà, ancora poco approfondite) il fattore che sembra dominare è la morfologia. Le grandi depressioni della Piana dell'Aquila e soprattutto di Sulmona-Valle del Tirino, ricchissime di grandi sorgenti, determinando forti dislivelli nei confronti dei rilievi che le circondano, sembrano agire da elementi centripeti e richiamare il drenaggio delle grandi e complesse strutture del Gran Sasso, Sirente, Medio Aterno e Morrone.

Nettamente isolato da una continua fascia di flysch risulta invece il gruppo della Montagna Grande che drena alle sorgenti di Cauto.

Ancor più chiaramente chiusa a scambi con le strutture vicine è la Maiella che alimenta alcune sorgenti poste alla sua periferia, lungo il contatto con il flysch.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal quadro idrogeologico fin qui tracciato si possono trarre alcune significative considerazioni conclusive, di questa prima fase del lavoro; verranno inoltre anticipati alcuni dati quantitativi, con valore ancora indicativo, desunti da indagini collaterali, di maggiore dettaglio, in corso di svolgimento.

— Viene confermata, in primo luogo, una precisa corrispondenza tra strutture tettoniche e idrogeologiche. In questo settore dell'Appennino lo shelf carbonatico permeabile risulta infatti frammentato in grandi e piccole dorsali circondate da sedimenti sin-orogenici impermeabili. Questi diaframmi isolano le zolle carbonatiche tanto da impedire apprezzabili scambi idraulici tra strutture vicine.

In questo quadro strutturale, nello studio delle acque sotterranee, perde di significato la suddivisione del territorio in bacini idrografici: risulta indubbiamente più agevole operare sulle singole strutture o unità idrogeologiche, qui delineate. Il nuovo schema di suddivisione del territorio, proposto in figura, consente una migliore impostazione

di dettagliati programmi di ricerca a più grande scala.

— Tutte le strutture carbonatiche sono saturate alla base da grandi falde idriche che alimentano importanti sorgenti. Viene così evidenziata, in tutto il settore dell'Appennino considerato, l'esistenza di grandi acquiferi che, razionalmente utilizzati, possono soddisfare ampiamente il fabbisogno idrico della regione, in pieno sviluppo.

— Le principali sorgenti (Peschiera, gruppo di Agosta, gruppo dei Lepini-Ausoni, Gari, Peccia, Fibreno, Capovolturmo) si trovano allineate ai margini dello shelf carbonatico. Si può pertanto riconoscere una generale direzione di flusso, ad andamento centrifugo, diretta dal centro alla periferia dello shelf.

— Anche nell'ambito di ciascuna struttura idrogeologica le principali sorgenti si trovano, di norma, allineate alla periferia nei punti posti alla quota relativa più bassa del contatto tra terreni carbonatici e terrigeni. Fanno eccezione solo alcune sorgenti minori.

— Un primo tentativo di calcolo dell'infiltrazione efficace, ricavata dal confronto tra l'estensione dell'area di ricarica e la portata delle sorgenti di ciascuna unità idrogeologica, fornisce: su affioramenti di shelf carbonatico un valore variabile fra 600 e 900 mm/anno su 1.100-1.600 mm di afflussi; su affioramenti « di transizione » valori inferiori a 500 mm. Anche questi risultati, del tutto preliminari, sono oggetto di una verifica più approfondita.

— Ovunque è stato possibile ricavare elementi sul valore del gradiente idraulico medio delle grandi falde libere che saturano lo shelf carbonatico (particolarmente nella struttura simbruino-ernica) si è ricavata una cadente piezometrica non lontana dal valore indicativo di 5 m per chilometro.

Queste prime considerazioni sui lineamenti idrogeologici del Lazio meridionale e dell'Abruzzo sono frutto di uno studio basato essenzialmente sull'analisi delle condizioni geologiche del territorio, degli scarsi dati idrologici disponibili e degli elementi desunti da osservazioni di superficie. Nella regione sono in corso studi più approfonditi che, si spera, possano presto portare all'acquisizione di dati più precisi e significativi, soprattutto sulla definizione dei bilanci idrogeologici delle singole strutture. Gli elementi oggi disponibili, sebbene ancora scarsi ed imprecisi, sono parsi sufficienti a tracciare un quadro idrogeologico regionale che, va ribadito, si limita ad indicare le linee essenziali della circolazione carsica.

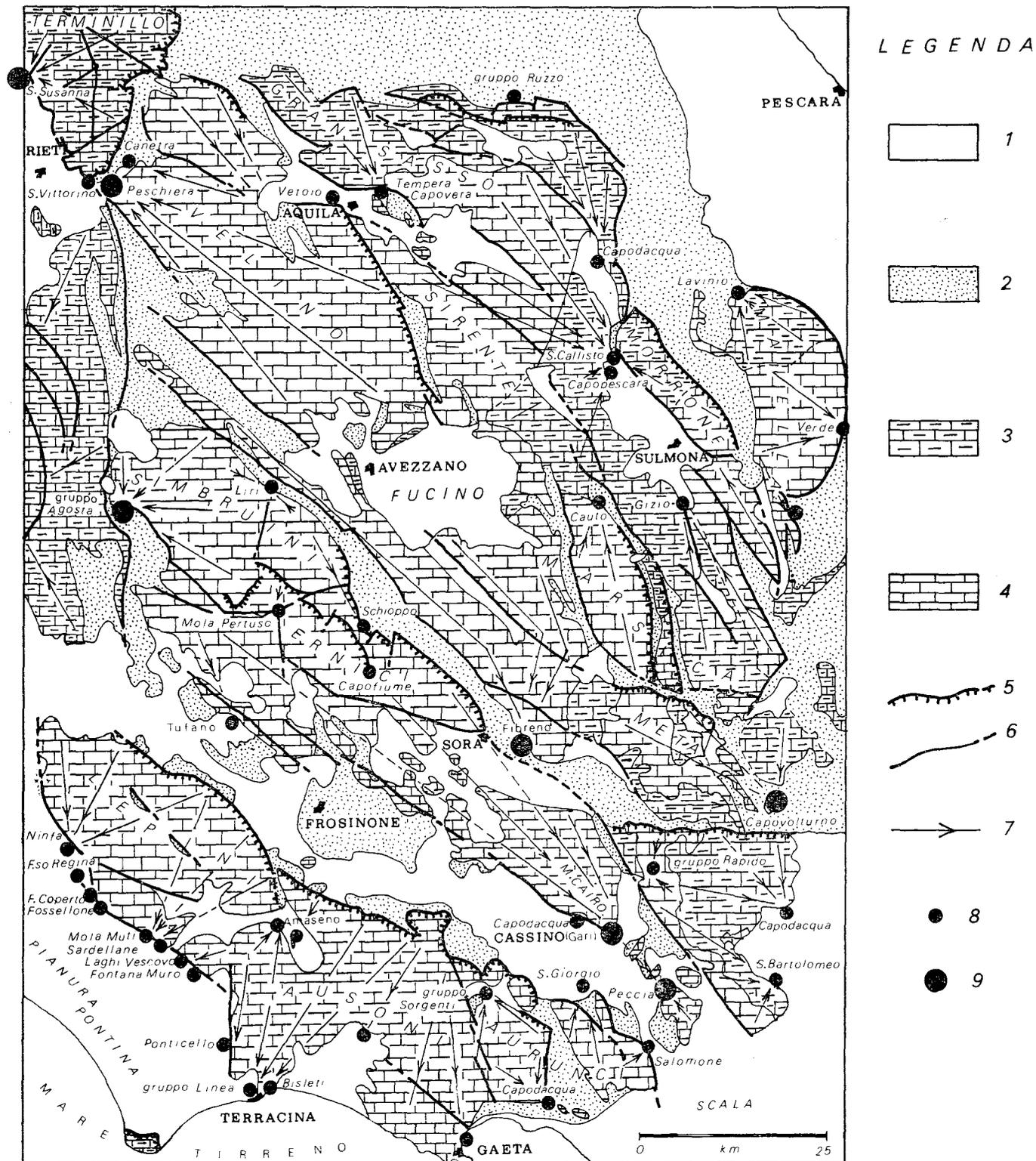


Fig. 1

LEGENDA

1) *Sedimenti post-orogenici indifferenziati.*

Detriti di falda, conoidi, alluvioni fluvio-lacustri, travertini, lave e tufi vulcanici, argille e sabbie marine (OLOCENE, PLEISTOCENE, PLIOCENE).

Terreni a permeabilità molto variabile in fun-

zione della litologia, della granulometria e cementazione; hanno in generale spessori relativamente modesti e non influenzano sostanzialmente la circolazione profonda delle acque nelle strutture carbonatiche. Fanno eccezione i potenti depositi marini al margine sud-occidentale dei Monti Lepini e Ausoni e i grandi spessori di sedimenti fluvio-lacustri a bassa permeabilità (deposti nelle principali depressioni intertettoni-

che di Rieti, Aquila, Sulmona e Cassino) che hanno la funzione di soglia per gli acquiferi carbonatici.

2) *Sedimenti sin-orogenici e tardo-orogenici di differente età e natura.*

Flysch diversi e coltri alloctone depositi o messe in posto nel MIOCENE.

Tutti contengono un'elevata componente pelitica che li rende praticamente impermeabili in massa rispetto ai carbonati.

Accumulati nelle depressioni che separano i principali rilievi, questi sedimenti circondano le strutture carbonatiche isolandone gli acquiferi; costituiscono le soglie dalle quali hanno avuto origine numerose grandi sorgenti.

3) *Serie carbonatica di transizione.*

Sedimenti depositi lungo la fascia che divideva lo shelf carbonatico dall'ambiente pelagico; la posizione e l'ampiezza di questa zona hanno subito notevoli variazioni nel tempo. Localmente i sedimenti di transizione poggiano trasgressivi sullo shelf carbonatico che ha visto periodi di emersione.

Facies caratterizzata dall'alternanza di litoformazioni prevalentemente calcaree, localmente dolomitizzate, con altre ad elevata componente detritico-pelitica, poste a differenti livelli della serie che, in genere, evolve a partire da una potente formazione basale dolomitico-evaporitica. I sedimenti di transizione circondano lo shelf ad O, N, E e sono noti a SO in perforazioni profonde e al Circeo (MIOCENE inferiore - LIAS; spessore massimo indicativo 1.500 m). Elevata permeabilità nelle formazioni calcaree fessurate; permeabilità molto ridotta negli orizzonti terrigeni intecalati. I sedimenti di transizione hanno, in massa, una permeabilità mediamente inferiore a quella dei depositi di shelf e una minore capacità di infiltrazione delle acque meteoriche.

I terreni della facies di transizione sono dei buoni

acquiferi che alimentano sorgenti a grande portata.

4) *Serie di shelf carbonatico subsidente.*

Formazioni carbonatiche indifferenziate: calcari e calcari dolomitizzati prevalenti, con ridotti affioramenti delle potenti dolomie poste alla base della serie (MIOCENE inferiore - LIAS; spessore massimo indicativo 3.000 m).

Permeabilità media molto elevata nei calcari fratturati, interessati da carsismo epidermico e ipodermico; permeabilità più ridotta nei calcari dolomitizzati; bassa permeabilità nelle dolomie saccaroidi secondarie.

Indipendentemente dalla natura litologica la permeabilità cresce in funzione del grado e del tipo di fratturazione. Lo sviluppo della fratturazione efficace è più marcato dove una fase tettonica distensiva o di collasso si è sovrapposta o ha fatto seguito alla fase orogenica principale, prevalentemente traslativa e quindi compressiva.

I terreni dello shelf carbonatico sono degli ottimi acquiferi che alimentano sorgenti con portate di magra anche superiori a 10 m³/sec.

5) *Sovrascorrimenti principali.*

6) *Faglie principali.*

7) *Probabile direzione di scorrimento delle falde profonde contenute nelle strutture carbonatiche; l'andamento delle frecce, che ha significato orientativo, è stato ricavato da indagini geologiche, litologiche, idrologiche e morfologiche fatte in superficie; non è stato verificato con esperienze dirette.*

8) *Sorgenti con portate di magra comprese fra 0,5 e 5 m³/sec.*

9) *Sorgenti con portate di magra comprese fra 5 e 15 m³/sec.*