

DOMENICO CALCATERRA, DANIELA DUCCI, ANTONIO SANTO

*Istituto di Geologia Applicata, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi "Federico II", Napoli*

## ASPETTI GEOMECCANICI ED IDROGEOLOGICI NEL SETTORE SUD-ORIENTALE DEL MONTE TERMINIO (APPENNINO MERIDIONALE)

Si discutono i primi risultati, relativi al settore di Monte Forcella-Monte Sassosano, di una ricerca avviata sul massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro (Monti Picentini), mirante alla verifica delle possibili relazioni esistenti tra assetto strutturale, stato di fratturazione degli ammassi rocciosi e circolazione idrica sotterranea.

PAROLE CHIAVE: *Idrogeologia carsica, analisi dei lineamenti morfostrutturali, geomeccanica, Monte Terminio, Appennino meridionale.*

KEY WORDS: *Karst hydrogeology, analysis of morphostructural lineaments, geomechanics, Mt. Terminio, southern Apennines.*

### Premessa

Il massiccio calcareo del Terminio-Tuoro è oggetto da alcuni decenni di numerosi studi a carattere idrogeologico (Civita, 1969; Ragone, 1973; Ortolani *et alii*, 1981; Celico *et alii*, 1982; Celico, 1983, 1988; Coppola *et alii*, 1989). Il motivo fondamentale per cui tale struttura ha una grandissima importanza dal punto di vista idrogeologico è la presenza di emergenze basali di entità rimarchevole: Cassano Irpino ad est ( $Q_{med} \approx 3 \text{ m}^3/\text{s}$ ), Sorbo Serpico a nord ( $Q_{med} \approx 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), gruppo Serino ad ovest ( $Q_{med} \approx 2 \text{ m}^3/\text{s}$ ), le cui rispettive aree di alimentazione non sono ancora del tutto individuate. Inoltre nel settore centro-settentrionale della struttura è ubicata la grande conca endoreica del Dragone, che riveste un ruolo determinante (Celico & Russo, 1981; Celico *et alii*, 1982), sia per quanto concerne le modalità infiltrative delle acque, sia per problemi di salvaguardia della risorsa idrica da eventuali fonti inquinanti.

In tale contesto, si è ritenuto di notevole interesse tecnico-scientifico condurre un'analisi di dettaglio su aree singolari del massiccio, con l'obiettivo di ricercare le correlazioni esistenti tra assetto strutturale, proprietà geomeccaniche e parametri idraulici del mezzo carsico. Si tratta infatti di un filone oggi molto attuale, ma che è stato non di rado all'attenzione della Comunità scientifica, soprattutto per i complessi aspetti connessi alla progettazione di interventi di impermeabilizzazione e consolidamento dei mezzi fessurati. In tal senso, il presente lavoro si configura come ulteriore sviluppo di una linea di ricerca alla quale docenti e ricercatori dell'Istituto di Geologia Applicata di Napoli da tempo forniscono contributi di carattere generale (idrogeologia) e di sperimentazione *in situ* (idraulica sotterranea, geomeccanica).

---

Lavoro eseguito con finanziamento MURST 60% (Resp. Prof. P. Nicotera).

### Inquadramento geologico

Il massiccio del Terminio-Tuoro costituisce il settore nord-occidentale dell'unità stratigrafico-strutturale dei Monti Picentini (Bonardi *et alii*, 1988), e risulta confinato a nord e ad est dai terreni delle Unità Irpine (Cocco *et alii*, 1972) e delle Argille Vari-colori *Auct.*, ad ovest dalla importante faglia della valle del Fiume Sabato, ed a sud dal contatto tettonico con le dolomie triassiche del Monte Accellica. Il Terminio-Tuoro è caratterizzato in prevalenza dalle tipiche successioni carbonatiche in facies di piattaforma; l'ossatura di questi rilievi è infatti costituita da calcari di retroscogliera di età giurassica e cretacea, in genere regolarmente stratificati, il cui assetto generale, a grande scala, individua una monoclinale mediamente immergente verso i quadranti settentrionali e potente più di 1500 m (Ortolani, 1975). Nell'ambito del massiccio, sui calcari cretacei poggiano in discordanza lembi di flysch delle Unità Irpine di età tortoniana, e quindi depositi quaternari, per lo più rappresentati da accumuli di breccie, prodotti piroclastici e depositi lacustri.

Questo settore dei Picentini ricadrebbe, secondo la letteratura più recente (Patacca & Scandone, 1989), nella zona di contatto tra l'Arco campano-lucano e quello molisano-sannitico; la linea di separazione tra i due domini sarebbe rappresentata da una direttrice tettonica congiungente all'incirca Volturara Irpina e Cassano (Brancaccio & Cinque, 1992). Sono stati inoltre riconosciuti (Coppola & Pescatore, 1988; 1989; Coppola *et alii*, 1989) tre sistemi principali di discontinuità, il cui orientamento preferenziale è il seguente:  $N 20^\circ \pm 20^\circ$  per il sistema di faglie normali connesso alla fase tettonica mesozoico-paleogenica *Auct.*;  $N 30^\circ \pm 20^\circ$  e  $N 90^\circ \pm 20^\circ$  rispettivamente per faglie trascorrenti destre e sinistre;  $N 130^\circ \pm 20^\circ$  per faglie inverse e retroscorrimenti legati alla fase mio-pliocenica *Auct.* A tali lineamenti più antichi si

sovrappongono i sistemi di faglie dirette neotettoniche con andamenti appenninici ( $N 110^\circ \pm 10^\circ$ ) ed anti-appenninici ( $N 30^\circ \pm 10^\circ$ ).

Per quanto concerne l'evoluzione geomorfologica dell'area, è possibile affermare che, data la presenza sul massiccio di terreni flysciodi di età tortoniana, questa parte dei Monti Picentini si è portata in definitiva continentalità non prima del Miocene sup. (Messiniano)-Pliocene inf. Vari Autori (Brancaccio, 1974; Aprile *et alii*, 1978; Brancaccio *et alii*, 1984; Brancaccio & Cinque, 1992), infatti, ritengono che in questo periodo ci sia stato un primo modesto sollevamento, al quale sarebbe seguita una lunga fase erosiva, responsabile del primo modellamento della Paleosuperficie *Auct.* Quest'ultima viene successivamente dislocata da una nuova importante fase surrettiva attribuibile ad un generico Pleistocene inf.-medio (Cinque, 1986; Capaldi *et alii*, 1988) che determina anche un sensibile ringiovanimento del paesaggio. Altre fasi tettoniche più recenti, ma di difficile collocazione cronologica, condizionano la morfologia di questo settore caratterizzato da rilievi sommitali spesso con creste dolci, spianate e carsificate, e da bacini tettono-carsici (Piana del Dragone, Piani di Verteglia, etc.) i cui fondi, riempiti da prodotti piroclastici, ricalcano probabilmente antichi paesaggi carsici. La formazione di tali depressioni strutturali è ancora molto discussa (Brancaccio & Cinque, 1992), ma probabilmente da mettere in relazione a movimenti di tettonica trascorrente.

I fattori geologici prima menzionati, quali i litotipi affioranti, l'elevata energia del rilievo, il notevole grado di tettonizzazione hanno permesso, così come per altri massicci carbonatici dell'Appennino meridionale, lo sviluppo di un carsismo sia superficiale che profondo. Le forme superficiali sono rappresentate innanzitutto dalle depressioni tettono-carsiche, spesso in comunicazione con inghiottitoi, e da dolci superfici sommitali e piccoli rilievi collinari, dove si riconoscono campi carreggiati e grandi doline da dissoluzione, tracce di un carsismo probabilmente antico legato al paesaggio delle Paleosuperfici *Auct.* A queste antiche forme superficiali si associano con molta probabilità forme ipogee, spesso di notevoli dimensioni e con morfologie senili, caratterizzate da uno sviluppo prevalentemente orizzontale (Bellucci *et alii*, 1983; Santangelo & Santo, 1991). Si tratta di vari condotti paralleli che ricalcano l'antica superficie piezometrica della falda basale, risultando sospesi rispetto all'attuale livello di base e dislocati di diverse centinaia di metri.

### Analisi dei lineamenti morfostrutturali

L'esame delle foto aeree (scala 1:33.000 ed 1:15.000) ha consentito di individuare per l'intero massiccio del Terminio-Tuoro oltre 500 lineamenti

morfostrutturali; questi presentano (Fig. 1) un massimo assoluto di frequenza, pari a circa il 27% dell'intera popolazione, coincidente con una direttrice appenninica ( $N 120^\circ-150^\circ$ ), unitamente a due massimi relativi orientati N-S (10,9%) ed E-W (7,8%). Il quadro complessivo, al di là di modeste variazioni percentuali, risulta pienamente confermato anche dall'elaborazione dei lineamenti "pesati" in funzione della lunghezza relativa (Ercoli & Nocilla, 1987; Calcaterra *et alii*, 1993).

Al fine di verificare eventuali differenze o disomogeneità dei sistemi di lineamenti in ambiti areali più contenuti, si è proceduto ad una suddivisione del Terminio-Tuoro in unità fisiografiche d'ordine inferiore (Fig. 2), ben evidenti alla lettura delle basi topografiche, e comunque delimitate da dislocazioni tettoniche di rilevanza regionale (Civita, 1966; 1969; C.N.R., 1987; Coppola & Pescatore, 1988; 1989; Coppola *et alii*, 1989). Si è in tal modo accertato quanto segue:

- le direttrici appenniniche ( $N 120^\circ-150^\circ$ ) prevalgono, sia in termini di lunghezze relative che di frequenza, nei settori del Tuoro, Monte Sassosano-Monte Forcella e, subordinatamente, nelle sub-unità del Terminio e di Monte Serrapullo;
- nel settore orientale del massiccio (Monte La Foresta, Monte Serrapullo) assume rilevanza un sistema orientato N-S, che si rinviene, unicamente come massimo relativo di frequenza, anche nell'ambito del Monte Terminio;
- i lineamenti ad andamento anti-appenninico sono in genere poco diffusi e compaiono come massimi relativi solo nelle sub-unità di Monte La Foresta ( $N 50^\circ-70^\circ$ ) e Monte Tuoro ( $N 20^\circ-30^\circ$ );
- nel settore Monte Sassosano-Monte Forcella si evidenzia il sistema E-W ( $\pm 10^\circ$ ), che costituisce un piccolo significativo per lunghezza anche nell'ambito del Terminio.

In tale contesto, è sicuramente la struttura di Monte La Foresta a distinguersi nell'andamento dei *trend* morfostrutturali. Essa infatti nonostante sia "incastrata" tra le strutture del Monte Tuoro a NW e del Monte Serrapullo a sud (Fig. 1) conserva evidenze di direttrici ad andamento N-S e anti-appenninico, mentre non sembra interessata dalla fase tettonica con *trend* appenninici. Questa fase è probabilmente più recente delle altre, come mostrato dall'adiacente struttura di Monte Serrapullo dove il sistema NW-SE tronca quello N-S.

In conclusione si può affermare, sulla base dei dati disponibili ed in attesa di ulteriori riscontri, che:

- a) i lineamenti più antichi sembrano essere quelli orientati N-S, e sono prevalenti a Monte La Foresta;
- b) i lineamenti ad andamento appenninico hanno interessato un po' tutto il Terminio-Tuoro, fatta eccezione per la struttura di Monte La Foresta; quest'ultima, probabilmente, è stata portata nell'attuale posizione in seguito a movimenti di tipo trascorrente;

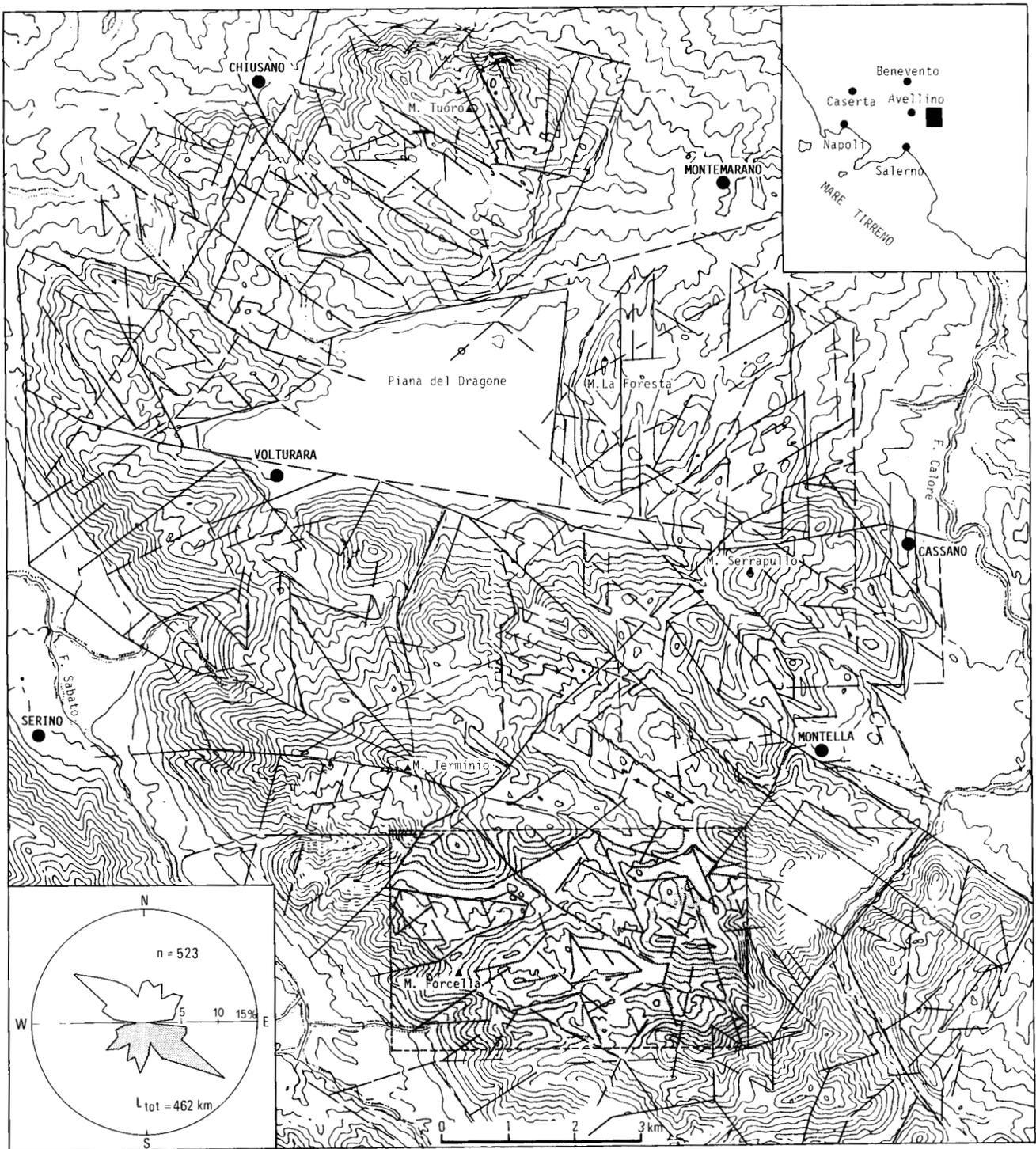


FIG. 1 — Schema dei lineamenti morfo-strutturali del massiccio del Termino-Tuoro. In evidenza l'area di studio. In basso a sinistra diagramma a rosa cumulativo.

— Map of morphostructural lineaments of Termino-Tuoro Massif. In the middle, location of study area; in the lower left side, cumulated rose-diagram of lineaments.

c) le direttrici tettoniche a direzione E-W ( $\pm 10^\circ$ ) dividono nettamente il settore di Monte Tuoro - Monte La Foresta dal resto del massiccio (direttrice Volturara-Cassano), individuando i principali bacini

intramontani e tagliando nettamente tutti i sistemi più antichi (N-S, appenninico ed anti-appenninico). Tali evidenze si riscontrano, ad esempio, nel settore Monte Forcella-Monte Sassosano, dove il *trend* succitato

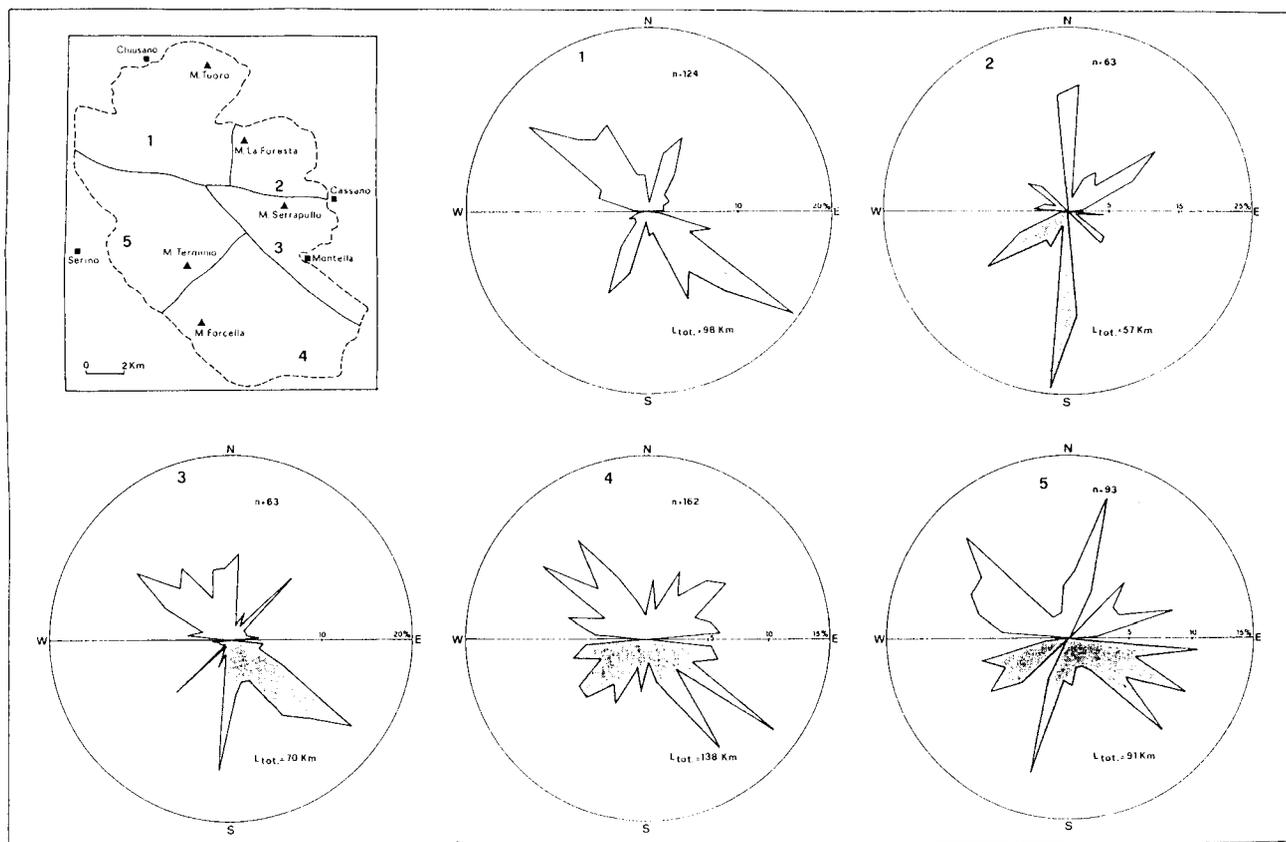


FIG. 2 — Diagrammi a rosa delle sub-unità morfo-strutturali del Termino-Tuoro. 1) Monte Tuoro; 2) Monte La Foresta; 3) Monte Serrapullo; 4) Monte Forcella-Monte Sassosano; 5) Monte Termino.

— Rose diagrams of the Termino-Tuoro morphostructural sub-units. 1) Mt. Tuoro; 2) Mt. La Foresta; 3) Mt. Serrapullo; 4) Mt. Forcella-Mt. Sassosano; 5) Mt. Termino.

tronca quello ad andamento N 120° (vedi Campolasperto, Piano delle Acque Nere - Fig. 3).

Si ritiene infine importante evidenziare che le 5 sub-unità, pur essendo state differenziate solo sulla base delle principali direttrici tettoniche e delle linee morfostrutturali, e quindi senza considerare alcun aspetto idrogeologico, possono essere messe in relazione con le sub-strutture idrogeologiche alimentanti le varie emergenze di base del Termino-Tuoro, individuate da vari Autori (Civita, 1969; Ortolani, 1975; Celico, 1978; Incoronato *et alii*, 1978; Ortolani *et alii*, 1981; Celico, 1983). Esistono, infatti, alcune coincidenze nell'individuazione delle sub-strutture di Monte Tuoro, Monte La Foresta, Monte Serrapullo con quanto riportato in Celico (1983), nonché nell'individuazione delle sub-unità di Monte Termino e Monte Forcella-Monte Sassosano, evidenziate in Civita (1969).

#### Il settore sud-orientale del Monte Termino

Il settore studiato è ubicato al margine meridionale del Termino-Tuoro, e risulta compreso (Fig. 3) tra

Monte Forcella ad E, Collerlungo e Monte Sassosano a N, Monte Cercetano ad E e Monte Felascosa a S. Qui affiorano esclusivamente calcari mesozoici, rappresentati in prevalenza da *mudstones* e *wackestones*, in genere ben stratificati ed intensamente fratturati; nelle conche endoreiche (Fig. 3) sono presenti depositi piroclastici e lacustri quaternari, che in alcuni punti (Piani D'Ischia) mostrano spessori di almeno 15 m.

#### Carsismo

Nel settore di studio sono evidenti forme carsiche sia epigee che ipogee (Bellucci *et alii*, 1982, 1989). In zone di cresta ad esempio si osservano tipici paesaggi carsici caratterizzati da numerose doline e piccoli pozzi da dissoluzione; evidenze ancora più macroscopiche sono alcune depressioni intramontane (Fig. 3) quali quelle dei Piani di Campolasperto, d'Ischia, di Verteglia, delle Acque Nere. Esse rappresentano dei bacini chiusi il cui fondo è impermeabilizzato da un manto piroclastico e da depositi lacustri, che in genere convogliano le acque in punti assorbenti. Tali evidenze sono ben visibili ai Piani d'Ischia o a quelli delle Acque Nere dove alcuni recenti sprofondamenti indi-

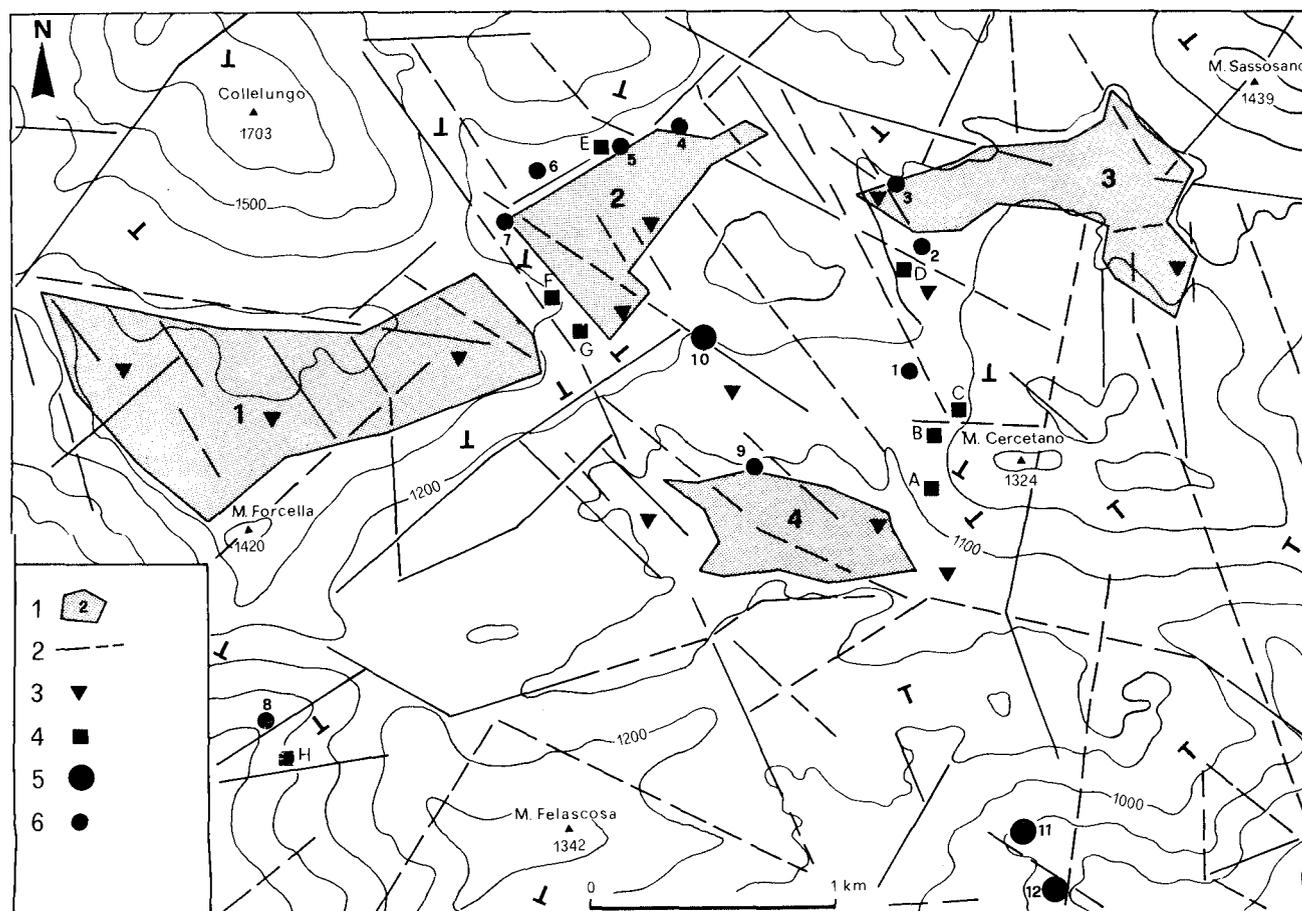


FIG. 3 — Schema morfotettonico del settore studiato. 1) Bacino tettono-carsico (1-Campolaspierto; 2-Piani d'Ischia; 3-Piani di Verteglia; 4-Piano delle Acque Nere); 2) faglia; 3) inghiottitoio; 4) stazione di misura geomeccanica; 5) sorgente captata; 6) sorgente misurata nel periodo apr. ÷ sett. 1992.

— Morphotectonic map of the study area. 1) Graben-like karstic basin; 2) fault; 3) ponor; 4) geomechanic survey; 5) tapped spring; 6) measured spring (apr. ÷ sept. 1992).

cano anche la presenza di sottostanti collettori carsici.

Proprio per quanto riguarda il carsismo ipogeo, nell'area di studio sono note due importanti fenomenologie carsiche (Bellucci *et alii*, 1989): la risorgenza dei Piani D'Ischia, esplorata per più di 200 m, e la Grotta di Candraloni (circa 800 m di sviluppo). La risorgenza di Piani d'Ischia (n° 6 in Fig. 3) presenta, nella parte terminale, una fitta ramificazione del reticolo carsico che diviene via via impraticabile a causa del restringimento di più condotti, che terminano in strette fessure. La grotta di Candraloni, invece, presenta una morfologia alquanto differente; si tratta infatti di un tipico collettore carsico di attraversamento con un imponente inghiottitoio ed una risorgenza (n° 9 in Fig. 3) comunicanti attraverso una larga galleria impostata su una linea di faglia. Questa cavità, che segue principalmente la tettonica appenninica, è bruscamente troncata e termina all'altezza della faglia che borda il limite settentrionale dei Piani delle Acque Nere (direzione prevalente N 120°). Anche le caratteristi-

che morfologiche interne (Bellucci *et alii*, 1989) mostrano che si tratta di un relitto di un sistema carsico ben sviluppato, tagliato dalla tettonica.

Fatta eccezione per il solo inghiottitoio della grotta di Candraloni, tutti gli altri numerosi punti assorbenti di quest'area non sembrano in comunicazione con sorgenti vicine. Infatti prove di colorazione effettuate tra inghiottitoi e risorgenze molto vicine non hanno mai verificato l'esistenza di un collegamento. Anche nel corso di questo studio è stata effettuata una prova di colorazione con fluoresceina: il tracciante è stato immesso nell'inghiottitoio nel quale si riversano le acque della sorgente Acqua della Giumenta e del laghetto omonimo (sorg. n. 2 - Fig. 3); i fluorocaptori sono stati posizionati ad una sorgente (sorg. n° 1) posta a soli 600 m di distanza, 30 m più a valle. Dopo 4 ore non è stato riscontrato il passaggio del colorante, nè esso è stato registrato dai fluorocaptori ritirati dopo 7 e 15 giorni.

In sintesi si può al momento affermare che in questo settore esistono:

- a) condotti (ad es. la grotta di Candraloni) legati ad una antica fase carsica impostatasi in un contesto geomorfologico diverso da quello attuale;  
 b) condotti più recenti (ad es. risorgenza dei Piani d'Ischia), con morfologia giovanile, legati ad un contesto morfo-strutturale non dissimile dall'attuale;  
 c) molti inghiottitoi che alimentano condotti al momento inesplorati e drenano le acque probabilmente attraverso percorsi a prevalente sviluppo verticale.

### Idrogeologia

Per la sub-unità di Monte Forcella-Monte Sassano è stato studiato in dettaglio il regime delle sorgenti che effluiscono, con quote comprese tra i 740 e i 1250 m s.l.m., nel settore riportato in Fig. 3. Tale regime è stato confrontato anche con quello delle sorgenti del Gruppo Accellica (Accellica o Raio I, Raio II, Raio III, Raio IV-V e Madonna della Neve I e II), che effluiscono qualche km più a SE e fanno parte della contigua struttura dell'Accellica, a litologia prevalentemente dolomitica (Civita, 1969).

I principali fronti sorgivi raggiungono portate medie dell'ordine dei 50 e più l/s e sono captati dall'Acquedotto Alto Calore (n° 10, 11 e 12 in Fig. 3 e Tab. 1); effluiscono inoltre in questo settore altre 9 sorgenti (nn. 1 ÷ 9 in Tab. 3 e Fig. 2), con portate più modeste. Di queste 9 sono state effettuate, dall'aprile al settembre 1992, misure di portata quindicinali, mentre per tutte le sorgenti captate si dispone di misure mensili per 9 o 10 anni idrologici (ottobre 1982 ÷ settembre 1992). Sulla base di tali dati è stato possibile calcolare la portata media, minima e massima, l'indice di variabilità medio, la legge di svuotamento ( $\alpha$  e  $W$  relativi al 1992 o al 1991), ed infine il "tempo di dimezzamento" (valore medio per gli anni considerati); quest'ultimo è, secondo Civita (1988), il tempo, in giorni, che intercorre tra il verificarsi della portata massima an-

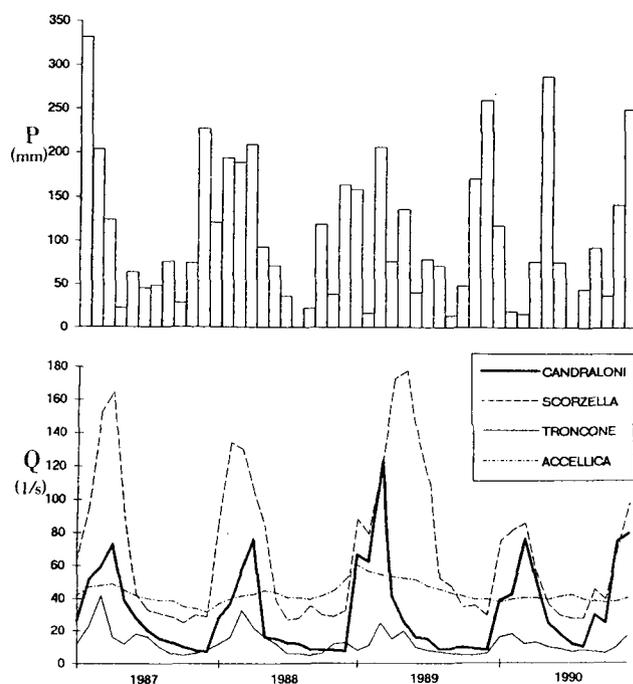


Fig. 4 — Precipitazioni medie mensili (stazione di Montella) ed efflussi sorgivi per il periodo 1987 ÷ 1990.

— Mean monthly rainfall (Montella gauge station) and discharges during 1987 ÷ 1990.

nale ed il verificarsi di una portata pari alla metà di questa. Tale parametro è correlabile con lo svuotamento dei meati più ampi dell'acquifero, ed infatti in Civita (1988) è stata stabilita, sulla base di dati relativi a prove con traccianti e di emungimento, una correlazione con dei *ranges* di velocità di deflusso.

Per le sorgenti 1 ÷ 9 sono riportati in Tab. 2 i dati principali, relativi al periodo di misura (aprile-settembre 1992) e cioè la portata massima e minima registrata, i dati relativi alla legge di svuotamento

SORGENTE	quota m s.l.m.	Qmed l/s	Qmax l/s	Qmin l/s	lv	$\alpha$ giorni <sup>-1</sup>	W milioni di mc	half-time giorni	velocità di deflusso m / s
Candraloni (10)	1190	53,0	196,0	6,0	258	0,0134	0,4385	43	$10^{-3} + 10^{-4}$
Scorzella (11)	825	72,8	210,0	10,0	167	0,0105	0,3872	56	$10^{-4} + 10^{-5}$
Troncone (12)	771	17,3	62,0	4,0	195	0,0070	0,1382	56	$10^{-4} + 10^{-5}$
Tronconcello *	868	4,1	13,0	0,0	241	0,0166	0,0545	74	$10^{-4} + 10^{-5}$
Raio I o Accellica	744	44,7	68,0	15,0	47	0,0096	0,4159	> 200	$10^{-4} + 10^{-5}$
Raio II *	767	5,4	11,0	2,5	78	0,0045	0,2105	> 200	$10^{-4} + 10^{-5}$
Raio III *	805	4,1	7,8	0,3	95	0,0048	0,1362	> 200	$10^{-4} + 10^{-5}$
Raio IV-V *	769	26,0	75,0	0,0	306	0,0056	0,1501	81	$10^{-4} + 10^{-5}$
Madonna Neve I *	873	3,2	9,3	0,3	123	0,0082	0,0945	124	$10^{-4} + 10^{-5}$
Madonna Neve II *	873	5,2	9,7	2,0	87	0,0051	0,1450	> 200	$10^{-4} + 10^{-5}$

TAB. 1 — Quadro riassuntivo delle sorgenti captate. I dati sono relativi agli anni idrologici 1982 ÷ 1992 (1982 ÷ 1991 per le sorgenti contrassegnate da asterisco);  $\alpha$  e  $W$  si riferiscono al 1992 (al 1991 per le sorgenti con asterisco); half-time e velocità di deflusso secondo Civita (1988).

— Features of tapped springs. Data refer to hydrological period 1982 ÷ 1992 (1982 ÷ 1991 for springs marked with asterisk);  $\alpha$  and  $W$  refer to 1992 (to 1991 for springs with asterisk); half-time and flow rate according to Civita (1988).

n°	quota m s.l.m.	Qmax l/s	Qmin l/s	$\alpha$ giorni -1	Vf milioni di mc	$\beta$ giorni -1	Vc milioni di mc	W milioni di mc	half-time giorni	velocità di deflusso m / s
1	1140	138,8	0,5	0,0350	0,3430			0,3430	13	$10^{-2} + 10^{-3}$
2	1170	74,0	0,1	0,0492	0,1300			0,1300	24	$10^{-3} + 10^{-4}$
3	1187	5,5	0,0			0,1707	0,0028	0,0028	13	$10^{-2} + 10^{-3}$
4	1223	3,0	0,0			0,1119	0,0023	0,0023	9	$10^{-2} + 10^{-3}$
5	1240	38,0	0,0	0,0520	0,0215	0,0830	0,0259	0,0474	12	$10^{-2} + 10^{-3}$
6	1250	71,1	0,0			0,1427	0,0430	0,0430	8	$10^{-2} + 10^{-3}$
7	1230	4,5	0,0			0,1046	0,0037	0,0037	12	$10^{-2} + 10^{-3}$
8	813	36,0	0,6	0,0230	0,0638	0,0974	0,0169	0,0807	14	$10^{-3} + 10^{-4}$
9	1080	60,7	0,5	0,0126	0,0165	0,0414	0,2507	0,2672	30	$10^{-3} + 10^{-4}$

TAB. 2 — Quadro riassuntivo delle sorgenti misurate (Fig. 3). I dati sono relativi al periodo apr. ÷ sett. 1992; half-time e velocità di deflusso secondo Civita (1988).

— Features of measured springs (see Fig. 3). Data refer to period apr. ÷ sept. 1992; half-time and flow rate according to Civita (1988).

(calcolo di  $\alpha$ , Vf,  $\beta$ , Vc, W), il tempo di dimezzamento ed i corrispondenti intervalli di velocità di deflusso.

La sorgente Candraloni (n° 10 in Fig. 3) ha una portata media di 53,0 l/s. Parte delle acque effluenti si reinfiltrano, circa 200 m più a valle, nella grotta di Candraloni (Bellucci *et alii*, 1989), per poi riaffiorare, come detto in precedenza, in prossimità del Piano delle Acque Nere (n° 9 in Fig. 3). L'indice di variabilità medio (Iv) è molto elevato ed infatti l'idrogramma (Fig. 4) è caratterizzato da picchi repentini, seguiti da decrementi che dopo la prima "caduta" (circa 30 ÷ 40 giorni), dovuta allo svuotamento dei canali carsici, procedono più lentamente. Per il 1992 sono stati calcolati  $\alpha$  e W (0,0134 e 0,4385) dalla curva di esaurimento (Fig. 5); non è stato possibile individuare dall'idrogramma di magra la "curva di decremento", rappresentativa prevalentemente dello svuotamento dei meati più ampi (Droque, 1967), perchè in questo anno non si è individuato un "picco" di portata, probabilmente perchè, disponendo solo di dati mensili, era compreso tra due misure. Sono invece riportati in Fig. 6 i valori di  $\alpha$ , Vf,  $\beta$ , Vc e W, calcolati per gli anni 1987 ÷ 1990, e le curve di decremento ed esaurimento relative all'anno 1989. Le sorgenti Scorzella I e II (n° 11 in Fig. 3) presentano anch'esse un idrogramma con picchi notevoli, anche se questi ultimi sono un pò più "larghi" (Fig. 4) e quindi probabilmente la circolazione idrica è più lenta, come dimostrato da un Iv più basso (167), da un tempo di dimezzamento più elevato e dalla curva di esaurimento (Fig. 5). Le sorgenti Troncone (n° 12 in Fig. 3) e Tronconcello hanno portate più modeste (Qmed  $\approx$  17,3 l/s e 4,1 l/s). Per la prima si osservano in Fig. 4 picchi meno evidenziati rispetto alle sorgenti precedenti, ma il notevole contributo dovuto ai canali carsici viene sottolineato da un Iv alto (195 per la Troncone e 241 per la Tronconcello).

Le sorgenti del Gruppo Accellica - Raio I o Accellica, Raio II, III, IV-V, Madonna della Neve I e II - presentano generalmente dei valori di indice di varia-

bilità molto più contenuti. Inoltre la sorgente Accellica ha un idrogramma con un andamento molto differente dai precedenti (assenza di picchi in Fig. 4) e dei valori di  $\alpha$  più modesti, il che conferma per questo gruppo l'appartenenza ad un altro contesto idrogeologico, ove l'influenza dei canali carsici è minore.

Le 9 sorgenti misurate nella zona di Piani d'Ischia-Campolasperto (Tab. 2) presentano dei tempi di dimezzamento molto bassi (> 30 giorni) e quindi velocità di deflusso elevate. Le nn. 3, 4, 5, 6 e 7 si sono esaurite durante i mesi estivi. Per tutte è stata studiata la legge di svuotamento. Le sorgenti 3, 4, 6, 7 hanno un apporto prevalente da canali carsici e, ad esclusione della 6, le riserve sono modeste, mentre le sorgenti 1 e 2 hanno riserve cospicue e probabilmente una buona alimentazione dalla rete di fratture (Fig. 5). Per le

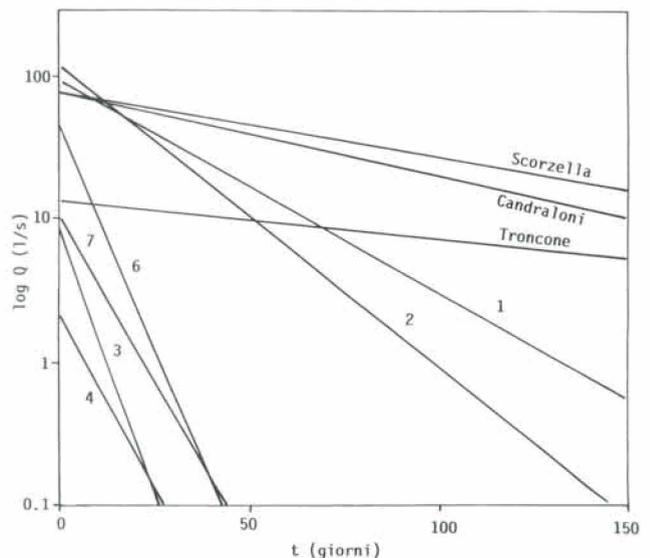


FIG. 5 — Curve d'esaurimento per l'anno 1992. I numeri si riferiscono alle sorgenti di Fig. 3.

— 1992 recession curves. Numbers refer to springs in Fig. 3.

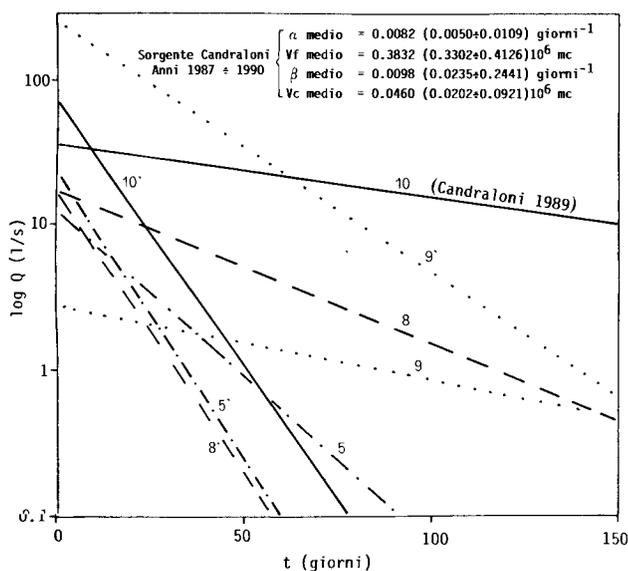


FIG. 6 — Curve di decremento (5', 8', 9', 10') ed esaurimento (5, 8, 9, 10) relative, ove non specificato, al 1992. I numeri si riferiscono alle sorgenti di Fig. 3.

— Decrease (5', 8', 9', 10') and recession (5, 8, 9, 10) curves; 10/10' refer to 1989, all others to 1992. Numbers refer to springs in Fig. 3.

sorgenti 5, 8 e 9 è stato possibile scomporre l'idrogramma (Fig. 6) individuando l'apporto dovuto prevalentemente ai canali da quello attribuibile alle fratture. La sorgente 5 viene alimentata in misura pres-

socché equivalente da canali e da fessure, la 8 ha apporti ingenti da fessure e modesti da canali, mentre la 9 infine riceve la quasi totalità dei suoi contributi dai canali; ciò del resto era prevedibile in quanto quest'ultima è la risorgenza della grotta Candaloni ed ai suoi efflussi contribuiscono in parte l'omonima sorgente ed in parte apporti da rami laterali del condotto carsico.

### Caratterizzazione geomeccanica

**Descrizione degli ammassi.** L'indagine geomeccanica di dettaglio è stata condotta su 8 stazioni di misura, coincidenti con versanti naturali o tagli stradali, ed individuate in funzione della loro contiguità con le emergenze sorgentizie d'interesse (Fig. 3); nell'ambito dei fronti investigati, sono stati effettuati 19 stendimenti (L tot. = 85 m; n° discont. = 360), adottando una metodologia già ampiamente sperimentata in contesti geologici differenti (Budetta *et alii*, 1991; Calcaterra *et alii*, 1993). L'attribuzione delle discontinuità rilevate alle varie famiglie (Fig. 7 - Tab. 3) è stata effettuata sia mediante metodologie classiche, sia mediante *cluster analysis*; ciò ha consentito di riconoscere, in aggiunta alla stratificazione, la presenza di due (stazione A) o tre sistemi di fratture (stazioni B ÷ H). I giunti di strato presentano un azimuth d'immersione compreso tra N 324° e N 86°, con valori di inclinazione rispetto all'orizzontale variabili da 4° a

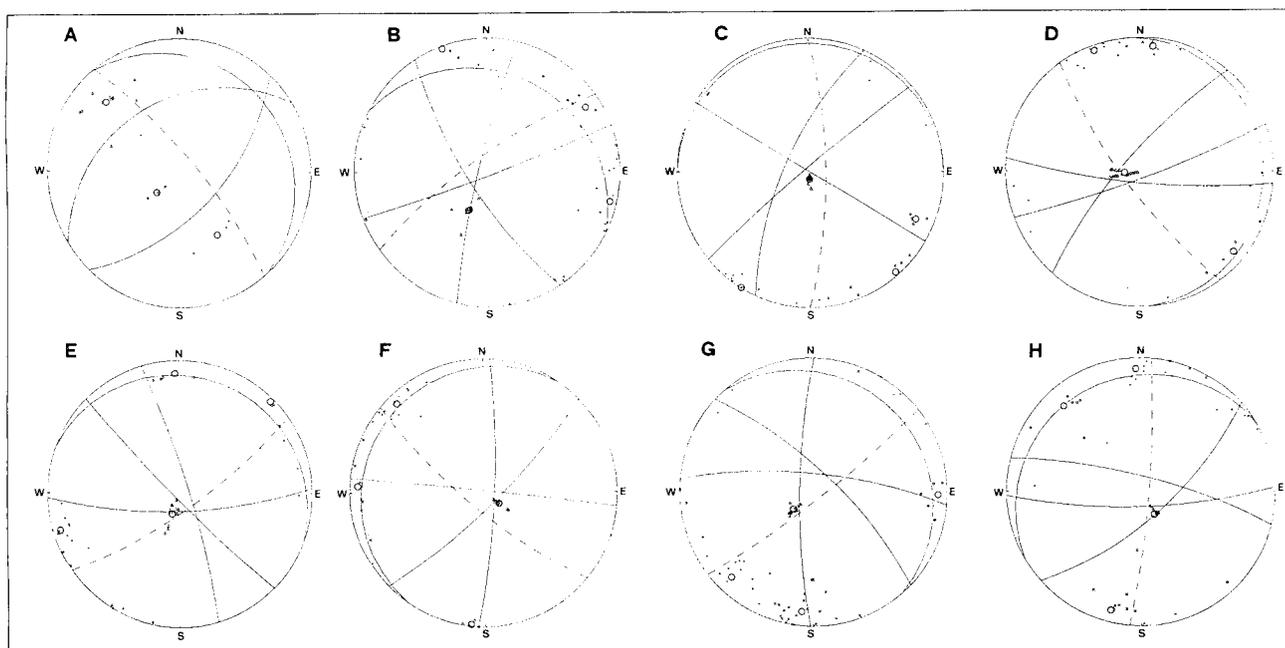


FIG. 7 — Proiezioni ciclografiche del piano medio rappresentativo delle famiglie di discontinuità indicate in Tab. 3. Proiezione equiareale di Schmidt, emisfero inferiore (in tratteggio i fronti di misura).

— Great circles showing mean attitude of discontinuities' sets (see Tab. 3). Schmidt equi-area projection, lower hemisphere (dashed lines refer to slope face).

Stazione	S	J1	J2	J3	Jv	Kt
	Imm./Incl.	Imm./Incl.	Imm./Incl.	Imm./Incl.	(disc./mc)	(m/sec)
A	048/18	133/65	328/45		2,2	0,08
B	027/26	284/84	160/88	237/78	6,7	6,28
C	001/4	031/90	320/87	294/75	8,6	11,30
D	086/9	160/86	185/83	311/80	6,5	2,75
E	021/13	073/84	225/87	178/79	5,7	10,10
F	305/11	136/82	093/84	006/88	4,2	8,13
G	049/16	044/77	006/78	271/82	6,9	1,78
H	324/14	178/81	014/80	138/74	6,7	0,21

TAB. 3 — Giacitura dei piani medi delle famiglie di discontinuità (S = stratificazione; Jn = joints), indice volumetrico (Jv) e “permeabilità teorica” (Kt).

— Mean attitude of discontinuities' sets (S = bedding; Jn = joints), volumetric joint count (Jv) and “theoretical permeability” (Kt).

26°; le 23 famiglie di joints individuate mostrano un azimuth d’immersione alquanto variabile, anche per fronti ravvicinati, ed un’inclinazione compresa tra 45° e 90°, con una netta prevalenza di sistemi ad alto angolo (> 70°).

Degli altri parametri rilevati sui fronti, quelli più significativi sono stati evidenziati in istogrammi (Fig. 8), da cui si deriva che:

- sia i giunti di stratificazione che i joints presentano una distribuzione polimodale dei valori di apertura; in entrambi i casi prevalgono le discontinuità semi-aperte (0,5-10 mm) anche se, per la presenza di alcune discontinuità con connotati “estremi” (apertura > 50 mm), l’apertura media delle fratture (10,6 mm) è leggermente superiore a quella degli strati (8,4 mm);
- la rugosità, valutata mediante raffronto sistematico con i profili-tipo di Barton & Choubey (1977), risulta per i joints per lo più compresa tra 4 e 8, mentre il valore modale relativo agli strati coincide con l’intervallo 8-12;
- in termini di compattezza, gli strati offrono valori di JCS in media superiori a quelli delle fratture (71,5 contro 60,3 MPa); a questo dato è da associare comunque un grado di alterazione (rapporto  $\sigma_c/JCS$  - Barton & Choubey, 1977) in entrambi i casi medio, e pari rispettivamente ad 1,94 per gli strati e 2,16 per i joints.

Le discontinuità esaminate sono in larga prevalenza riempite da un limo sabbioso di natura piroclastica. Inoltre, i banchi presentano di norma dimensioni ben superiori al metro ed una continuità laterale eccedente i limiti dello stendimento; di contro, le fratture rientrano per lo più nelle classi a persistenza medio-bassa, con terminazioni in genere interrotte da altre discontinuità. In virtù dei valori medi di spaziatura dei singoli sistemi di discontinuità, agli ammassi rocciosi esaminati competono valori di Jv (indice volumetrico di discontinuità - I.S.R.M., 1978; Ercoli, 1981) compreso tra 2,2 (staz. A) e 8,6 (staz. C), a cui corrispondono volumi rocciosi unitari di dimensioni da grandi a medie.

È stata infine effettuata una prima stima della permeabilità degli ammassi investigati, adottando la relazione proposta da vari Autori (es.: Kiraly, 1969a; 1969b; Louis, 1974), che utilizza i valori di apertura

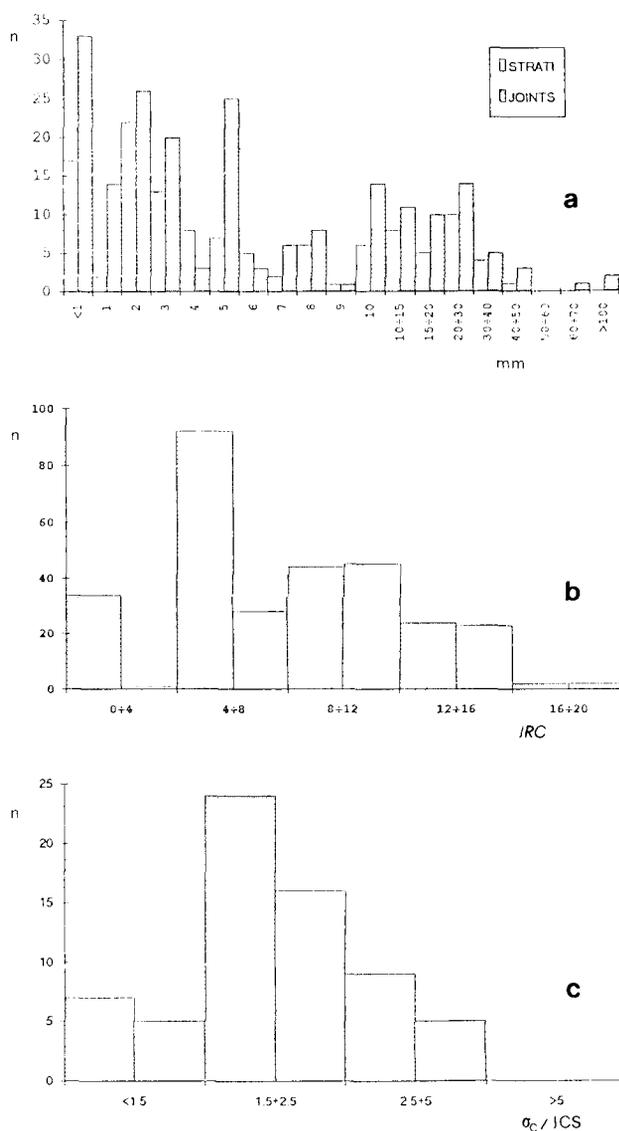


FIG. 8 — Distribuzioni di frequenza dei principali parametri descrittivi delle discontinuità individuate. a) Apertura; b) Rugosità; c) Weathering.

— Frequency distribution of discontinuities' main parameters. a) Aperture; b) Roughness; c) Alteration.

e frequenza medi per ogni famiglia di discontinuità individuata; la suddetta relazione è valida per discontinuità aperte e prive di riempimento. Ne consegue che i valori di permeabilità ottenuti (Kt - Tab. 3) sono da ritenersi puramente teorici e quindi significativi solo in termini di una graduazione relativa tra i diversi fronti rocciosi. Ciò premesso, è tuttavia interessante notare come, confrontando i singoli fronti con le sorgenti ad essi più vicine, i valori di Kt siano ben correlabili (Fig. 9) con il tempo di dimezzamento, e quindi con la velocità di deflusso. Unica eccezione è costituita dalla coppia di valori relativi alla sorgente n° 8 ed al fronte H; a tal riguardo, si ritiene che il motivo più verosimile di tale anomalia risieda nell’esistenza di un

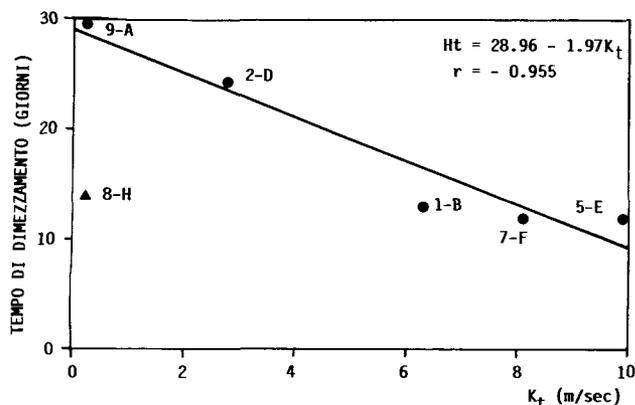


FIG. 9 — Relazione sperimentale tra “permeabilità teorica” ( $K_t$ ) e tempo di dimezzamento delle massime portate sorgive. Le lettere indicano le stazioni di misura geomeccanica, i numeri le sorgenti misurate.

— “Theoretical permeability” ( $K_t$ ) vs. maximum discharge half-time. Letters refer to geomechanical surveys, numbers to measured springs.

importante dislocazione tettonica (Fig. 3) tra i due punti di misura, che può aver causato una sensibile variazione, non necessariamente uniforme, del quadro fessurativo dei blocchi rocciosi a contatto.

Classifica degli ammassi. In base ai parametri rilevati *in situ* ed a successive determinazioni in laboratorio, si è proceduto a classificare gli ammassi d’interesse, adottando la *Geomechanics Classification* di Bieniawski (1973; 1974; 1976; 1979). In merito ai singoli parametri, valgono le seguenti osservazioni:

**Resistenza a compressione uniassiale:** sono state eseguite 12 prove di *point load strength* utilizzando il test diametrale su provini cilindrici con il loro contenuto naturale d’acqua. Il valore medio di resistenza a compressione uniassiale, calcolato secondo la notazione proposta da Broch & Franklin (1972) è pari a circa 120 MPa, corrispondente, nella classifica di Bieniawski, ad un coefficiente pari a 12.

**Indice RQD:** stimato per confronto tra procedure di calcolo diverse, come già in Budetta *et alii* (1991), ha offerto valori compresi tra 84 e 97%, a cui sono da riferire parametri-indice variabili da 17 a 20.

**Spaziatura delle discontinuità:** è stato considerato generalmente il valore modale; è stato invece considerato il valore medio nel caso in cui la distribuzione fosse plurimodale o la moda fosse determinata da un set di discontinuità ravvicinate e pertanto non rappresentativa (I.S.R.M., 1978).

**Condizioni delle discontinuità:** in base a quanto suggerito da Clerici *et alii* (1986), sono state valutate considerando cinque parametri elementari:

**rugosità:** i valori medi di JRC variano, per le singole stazioni, da 4-8 ad 8-12, con prevalenza del primo intervallo (superfici “ondulate lisce”);

**apertura:** è stato considerato il valore modale per ogni stazione;

**alterazione:** tale parametro è stato ottenuto, come già detto, dal rapporto tra  $c$  e JCS, calcolati il primo mediante *point load test* (119 MPa per tutte le stazioni), il secondo con sclerometro sulle superfici alterate (valore medio per ogni stazione);

**riempimento:** per tutte le stazioni è stato attribuito un indice pari a 2, poiché il riempimento di gran lunga prevalente è di tipo incoerente;

**persistenza:** valutata, come suggerito da Clerici *et alii* (1986), in base alla “continuità laterale”, è risultata in prevalenza compresa tra il 45 ed il 90%.

L’indice-somma, relativo alle condizioni delle discontinuità ed attribuito in funzione dei 5 parametri elementari citati, risulta compreso tra 8 e 12.

**Condizioni idrauliche:** solo nella stazione D i giunti si sono rivelati prevalentemente umidi (indice RMR = 10).

**Orientazione delle discontinuità:** per la stazione B si è apportata una correzione pari a -5, tenuto conto dell’esistenza di potenziali fenomeni d’instabilità, riconducibili per lo più a meccanismi del tipo ribaltamento.

Sulla base dei valori degli indici parziali assegnati ai vari parametri è stato quindi calcolato l’RMR per gli ammassi delle 8 stazioni esaminate (Tab. 4); agli ammassi d’interesse risulta quindi attribuita nella quasi totalità dei casi, una II classe (qualità dell’ammasso: buona), fatta eccezione per il fronte B, a cui compete una III classe (qualità: discreta).

## Conclusioni

L’esame delle foto aeree ha consentito di individuare per l’intero massiccio del Terminio-Tuoro oltre 500 lineamenti morfostrutturali che presentano un massimo assoluto di frequenza coincidente con una direttrice appenninica e due massimi relativi orientati N-S ed E-W. Tali lineamenti, unitamente alle principali direttrici tettoniche, hanno consentito di differenziare 5 sub-unità morfo-strutturali che presentano significative analogie con alcune sub-strutture idrogeologiche, alimentanti le varie emergenze di base del Terminio-Tuoro, individuate in letteratura.

Per quanto riguarda i dati sui fronti sorgivi, disponibili e rilevati, le relative elaborazioni effettuate hanno permesso di evidenziare che le sorgenti del gruppo Accellica hanno un regime che si differenzia nettamente da quelle effluenti ad uguale quota nel settore sud-orientale del massiccio del Terminio-Tuoro, a testimonianza di un diverso tipo di circolazione idrica. Infatti, nel settore esaminato, condotti carsici superficiali alimentano sorgenti non perenni di portata modesta, oppure costituiscono il contributo del non saturo per sorgenti di rilievo ( $Q > 50$  l/s), come le sorgenti Candraloni e Scorzella. Inoltre, si è verificato che la sorgente Scorzella e la meno produttiva sorgente Troncone presentano un regime non dissimile dalla sorgente Candraloni e dalle altre della zona di Piani d’Ischia-Campolaspierto, anche se non direttamente collegate dal punto di vista idraulico, effluendo a

Parametri	STAZIONI DI MISURA							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Resistenza roccia intatta	12	12	12	12	12	12	12	12
Indice RQD	20	17	17	20	17	20	17	20
Spaziatura	15	8	8	10	8	10	8	8
rugosità	2	2	4	2	2	2	2	2
apertura	0	0	0	0	0	0	0	2
alterazione	4	6	6	8	6	6	6	6
riempimento	2	2	2	2	2	2	2	2
fattore correzione persistenza	0	0	0	0	0	0	0	0
Condizioni delle discontinuità	8	10	12	12	10	10	10	12
Condizioni idrauliche	15	15	15	10	15	15	15	15
RMR di base	70	62	64	64	62	67	62	67
Correzione orient. discount.	0	-5	0	0	0	0	0	0
RMR	70	57	64	64	62	67	62	67
Classe di qualità	II	III	II	II	II	II	II	II

TAB. 4 — Parametri geomeccanici dei fronti esaminati e classi di qualità secondo Bieniawski.

— Geomechanic parameters and quality classes according to RMR criterion.

quote molto più basse. Ulteriori prove con traccianti potranno in futuro chiarire i rapporti tra le varie emergenze.

L'indagine geomeccanica, condotta su 8 fronti nell'ambito dell'area in esame, ha verificato l'esistenza di ammassi rocciosi di buona qualità a cui corrisponde una II classe prevalente, attribuita secondo la *Geomechanics Classification*.

È stata infine effettuata, sulla base dei valori di apertura e frequenza medi per ogni famiglia di discontinuità, una stima della permeabilità degli ammassi investigati. I valori ottenuti, pur essendo del tutto teorici, sono ben correlabili con le velocità di deflusso idrico sotterraneo desunte dall'andamento delle portata sorgive.

In definitiva, numerosi sono gli aspetti di rilevante interesse scientifico meritevoli di approfondimento. Si ritiene infatti opportuno, nell'ambito del settore Piani d'Ischia-Campolasperto:

- estendere la caratterizzazione geomeccanica ad un numero maggiore di fronti, integrando l'indagine *in situ* con prove di laboratorio, finalizzate alla definizione delle proprietà idrauliche dei "riempimenti" delle discontinuità;
- effettuare prove di portata, da cui ricavare dati di permeabilità, per una "taratura" della metodologia sperimentale utilizzata;
- proseguire nel tempo le misure di portata dei fronti sorgivi;
- eseguire ulteriori prove con traccianti.

Quanto sopra al fine di individuare le vie preferenziali di deflusso idrico sotterraneo e di pervenire ad una più attendibile valutazione della permeabilità degli ammassi mediante caratterizzazione geomeccanica.

*Ringraziamenti.* Gli Autori sono particolarmente grati al Dr. S. Aquino del Consorzio Alto Calore per la cospicua documentazione fornita.

## SUMMARY

Authors discuss first results of a geomechanical and hydrogeological study carried out in the SE part of Terminio-Tuoro carbonate massif (Southern Apennines, Italy). More than 500 morphostructural lineaments have been recognised by photo-aerial interpretation. Structural elements trending NW-SE (N 120°-150°) seem to prevail, followed by minor systems showing N-S and E-W strike. Afterwards, the whole massif has been divided into 5 units of lower order, taking account of the main tectonic lineaments, drawn from literature. While the other sub-units reflect the overall Apennine trend (N 120°-150°), Mt. La Foresta sub-unit seems to differ, since N-S system is by far the most important. In the Mt. Forcella-Mt. Sassosano sub-unit, 9 springs have been measured for

6 months (apr.-sept. 1992), emerging from fissured and karstified rock masses. A comparison with other major springs revealed significant analogies in groundwater regimen. In the same area, a detailed geomechanic survey has been performed, showing a widespread existence of rock masses of good to fair quality (II/III class according to RMR criterion). Finally, distribution of permeability in such rock masses has been analysed; even if undoubtedly theoretical, results so far obtained seem to correlate with groundwater flow discharge, computed for each spring of the study area.

*Manoscritto consegnato il 28 ottobre 1992.*

## BIBLIOGRAFIA

- APRILE F., BRANCACCIO L., CARANNANTE G., CRAVERO E., CINQUE A., DI NÓCERA S., GUIDA M., IACCARINO G., ORTOLANI F., PESCATORE T., SGROSSO I. & TORRE M. (1978) - Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 172 (Caserta), 185 (Salerno), 196 (Sorrento) e 197 (Amalfi). In: Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. *C.N.R. Prog. Fin. Geodinamica*, pubbl. 155: 85-112, Roma.
- BARTON N. & CHOUBEY V. (1977) - The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mechanics*, 10: 1-54, Springer-Verlag, Wien.
- BELLUCCI F., CAPASSO G., CELICO P., DELL'AVERSANA L., GIULIVO I., SANTO A. & TESCIONE M. (1982) - Il significato della grotta del Sambuco nella idrogeologia del Monte Terminio (Avellino). *Notiziario C.A.I.*, 36, Napoli.
- BELLUCCI F., BRANCACCIO L., CELICO P., CINQUE A., GIULIVO I. & SANTO A. (1983) - Evoluzione geomorfologica, carsismo ed idrogeologia della Grotta del Caliendo (Campania). *Le Grotte d'Italia*, 4 (11): 371-385, Bologna.
- BELLUCCI F., CRESCENZI E., GALLUCCIO F., GIULIVO I., PELELLA L., SANTANGELO N. & SANTO A. (1989) - Evoluzione geomorfologica e carsismo della "Grotta di Candraloni" Monte Terminio (Mt. Picentini - Campania). *Atti 15° Congr. Naz. Speleologia*: 121-143, Castellana Grotte.
- BIENIAWSKI Z. T. (1973) - Engineering Classification of jointed rock masses. *Trans. S. Afric. Inst. of Civil Eng.*, 15: 335-344.
- BIENIAWSKI Z. T. (1974) - Geomechanics Classification of rock masses and its application in tunneling. *Proc. 3rd Int. Cong. on Rock Mechanics*, 2A: 27-32, Denver.
- BIENIAWSKI Z. T. (1976) - Rock mass classification in rock engineering. *Proc. Symp. on Explor. for Rock Eng., Johannesburg*, 1: 97-106, Balkema, Rotterdam.
- BIENIAWSKI Z. T. (1979) - The Geomechanics Classification in Rock Engineering applications. *Proc. 4th Int. Cong. on Rock Mechanics*, 2: 51-58, Balkema, Rotterdam.
- BONARDI G., D'ARGENIO B. & PERRONE V. (1988) - Carta geologica dell'Appennino meridionale in scala 1:250.000. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, Roma.
- BRANCACCIO L. (1974) - Aspetti e problemi del carsismo epigeo in alcuni massicci calcarei dell'Italia meridionale. *Ann. Speleol. C.A.I.*, 1972/73: 3-6, Napoli.
- BRANCACCIO L. & CINQUE A. (1992) - Guida all'escursione nell'Appennino campano-lucano. *Convegno-escursione "Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria dell'Appennino centro-meridionale"*, 6-10 Luglio 1992: 52 pp., Napoli.
- BRANCACCIO L., PESCATORE T., SGROSSO I. & SCARPA R. (1984) - Geologia Regionale. In: *Lineamenti di geologia regionale e tecnica*. FORMEZ, RS 37: 3-47, Napoli.
- BROCH E. & FRANKLIN J. A. (1972) - The Point-Load Strength Test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 9: 669-697, Pergamon Press, Oxford.
- BUDETTA P., CALCATERRA D. & DUCCI D. (1991) - Caratterizzazione geomeccanica di ammassi rocciosi carbonatici tra Castellammare di Stabia e Vico Equense (Penisola Sorrentina, Campania). *Geologia Tecnica*, 3/91: 13-22, Roma.
- CALCATERRA D., IETTO A. & DATTOLA L. (1993) - Aspetti geomeccanici ed idrogeologici di ammassi granitoidi nelle Serre calabresi. *Boll. Soc. Geol. It.*, 112: 395-422, Roma.
- CAPALDI G., CINQUE A. & ROMANO P. (1988) - Ricostruzione di sequenze morfoevolutive nei Picentini meridionali (Campania, Appennino meridionale). *Geogr. Fis. Din. Quater.*, Suppl. 1: 207-222, Torino.
- CELICO P. (1978) - Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale. *Mem. e Note Ist. Geol. Appl.*, 14: 97 pp., Napoli.
- CELICO P. (1983) - Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle pianure quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio Meridionali, Abruzzo, Molise e Campania). *Quaderni Casmez*, 4 (2): 225 pp., Roma.
- CELICO P. (1988) - Falde in rete sospese nel massiccio carbonatico del Monte Terminio (Campania) ed implicazioni idrogeologiche. *L'Appennino meridionale, Annuario C.A.I.*, 2: 99-112, Napoli.
- CELICO P., MANGANO F. & MONACO L. (1982) - Prove di colorazione nel massiccio carsico del Terminio-Tuoro (Avellino). *Notiziario C.A.I.*, 36: 73-79, Napoli.
- CELICO P. & RUSSO D. (1981) - Studi idrogeologici sulla Piana del Dragone (Avellino). *Boll. Soc. Natur. in Napoli*, 90: 37-50, Napoli.
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (1987) - Neotectonic map of Italy. *Quad. Ricerca*, 114 (4), Roma.
- CINQUE A. (1986) - Guida alle escursioni geomorfologiche (Penisola Sorrentina, Capri, Piana del Sele e Monti Picentini). *Riunione annuale Gr. Naz. Geogr. Fis. e Geomorf.*, Amalfi 1986: 119 pp., Napoli.
- CIVITA M. (1966) - Alcune osservazioni preliminari sulla tettonica del Massiccio del Terminio-Tuoro (Irpinia). *Boll. Soc. Natur. in Napoli*, 75: 9-23, Napoli.
- CIVITA M. (1969) - Idrogeologia del Massiccio del Terminio-Tuoro (Campania). *Mem. e Note Ist. Geol. Appl.*, 11: 102 pp., Napoli.
- CIVITA M. (1988) - Una metodologia per la definizione e il dimensionamento delle aree di salvaguardia delle opere di presa delle sorgenti normali. *Boll. Ass. Min. Subalpina*, 25 (4): 423-440, Torino.
- CLERICI A., GRIFFINI L. & POZZI R. (1986) - Note sull'impiego della Geomechanics Classification di Z. T. Bieniawski. *Atti Congr. Intern. S.I.G. "Grandi Opere Sotterranee"*, 2: 530-537, Firenze.
- COCCO E., CRAVERO E., ORTOLANI F., PESCATORE T., RUSSO M., SGROSSO I. & TORRE M. (1972) - Les facies sedimentaires miocenes du Bassin Irpinois (Italie Meridionale). *Atti Acc. Pontaniana*, n.s., 21: 1-13, Napoli.
- COPPOLA L., COTECCHIA V., LATTANZIO M., SALVEMINI A., TADOLINI T. & VENTRELLA N. A. (1989) - Il gruppo di sorgenti di Cassano Irpino (Avellino - Italia meridionale): regime idrologico ed analisi strutturale del bacino di alimentazione. *Geol. Appl. e Idrogeologia*, 24: 227-260, Bari.
- COPPOLA L. & PESCATORE T. (1988) - Analisi della deformazione fragile e evoluzione tettonica dell'Appennino Campano-Lucano (Monte Marzano, Cervialto Terminio, Tuoro). *Atti 74° Congr. Soc. Geol. It.*, Sorrento prestampate, A: 208-211.
- COPPOLA L. & PESCATORE T. (1989) - Lineamenti di neotettonica dei Monti Terminio-Tuoro, Cervialto, e Marzano (Appennino meridionale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 108: 105-119, Roma.
- DROGUE C. L. (1967) - Essai de détermination des composantes de l'écoulement des sources karstiques. Evaluation de la capacité de rétention par chenaux et fissures. *Chron. d'Hydrogéologie*, 10: 43-47, Paris.
- ERCOLI L. (1981) - Metodo normalizzato per la descrizione delle discontinuità negli ammassi rocciosi. *Riv. It. Geotecnica*, 15 (3): 209-214, Napoli.
- ERCOLI L. & NOCILLA N. (1987) - Zonazione di un ammasso roccioso ai fini dello studio di stabilità dei versanti. *Mem. Soc. Geol. It.*, 37: 83-94, Roma.
- INCORONATO A., NARDI G. & ORTOLANI F. (1978) - Assetto strutturale del margine nord-orientale dei monti Picentini (Campania) e implicazioni idrogeologiche. *Atti Sem. Intern. Proc. Paleoc. e Neoc. e loro impl. econ. nell'Italia merid.*, Napoli.
- I.S.R.M. (1978) - Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 15: 319-368, Pergamon Press, Oxford.
- KIRALY L. (1969a) - Anisotropie et hétérogénéité de la perméabilité dans les calcaires fissurés. *Eclogae Geol. Helv.*, 62: 613-619, Basel.

- KIRALY L. (1969b) - Statistical analysis of fractures (orientation and density). *Geol. Rundschau*, **59** (1): 125-151, Stuttgart.
- LOUIS C. (1974) - Introduction à l'hydraulique des roches. *Bull. B.R.G.M.*, sect. III, **4**: 283-356, Paris.
- ORTOLANI F. (1975) - Assetto strutturale dei M. Picentini, Valle del Sele e del Gruppo di M. Marzano-M. Ognà (Appennino meridionale). Implicazioni idrogeologiche. *Boll. Soc. Geol. It.*, **94**: 209-230, Roma.
- ORTOLANI F., DE GENNARO M., FERRERI M., GHIARA M. R., STANZIONE D. & ZENONE F. (1981) - Prospettive geotermiche dell'Irpinia centrale (Appennino meridionale). Studio geologico-strutturale e geochimico. *Boll. Soc. Geol. It.*, **100**: 139-159, Roma.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (1989) - Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab. In: The lithosphere in Italy. Advances in Earth Science Research (Boriani A. *et alii*, eds.). *Atti Conv. Lincei*, **80**: 157-176, Roma.
- RAGONE A. (1973) - Bilancio idrico del massiccio del Terminio. *Atti 2° Conv. Internaz. Acque sotterranee*: 193-200, Palermo.
- SANTANGELO N. & SANTO A. (1991) - Endokarstic evolution of carbonatic massifs in Campania (Southern Italy): geological and geomorphological implications. Proc. Intern. Conf. on Environmental Changes in Karst Areas, I.G.U.-U.I.S., *Quad. Dip. Geografia*, **13**: 83-93, Padova.