

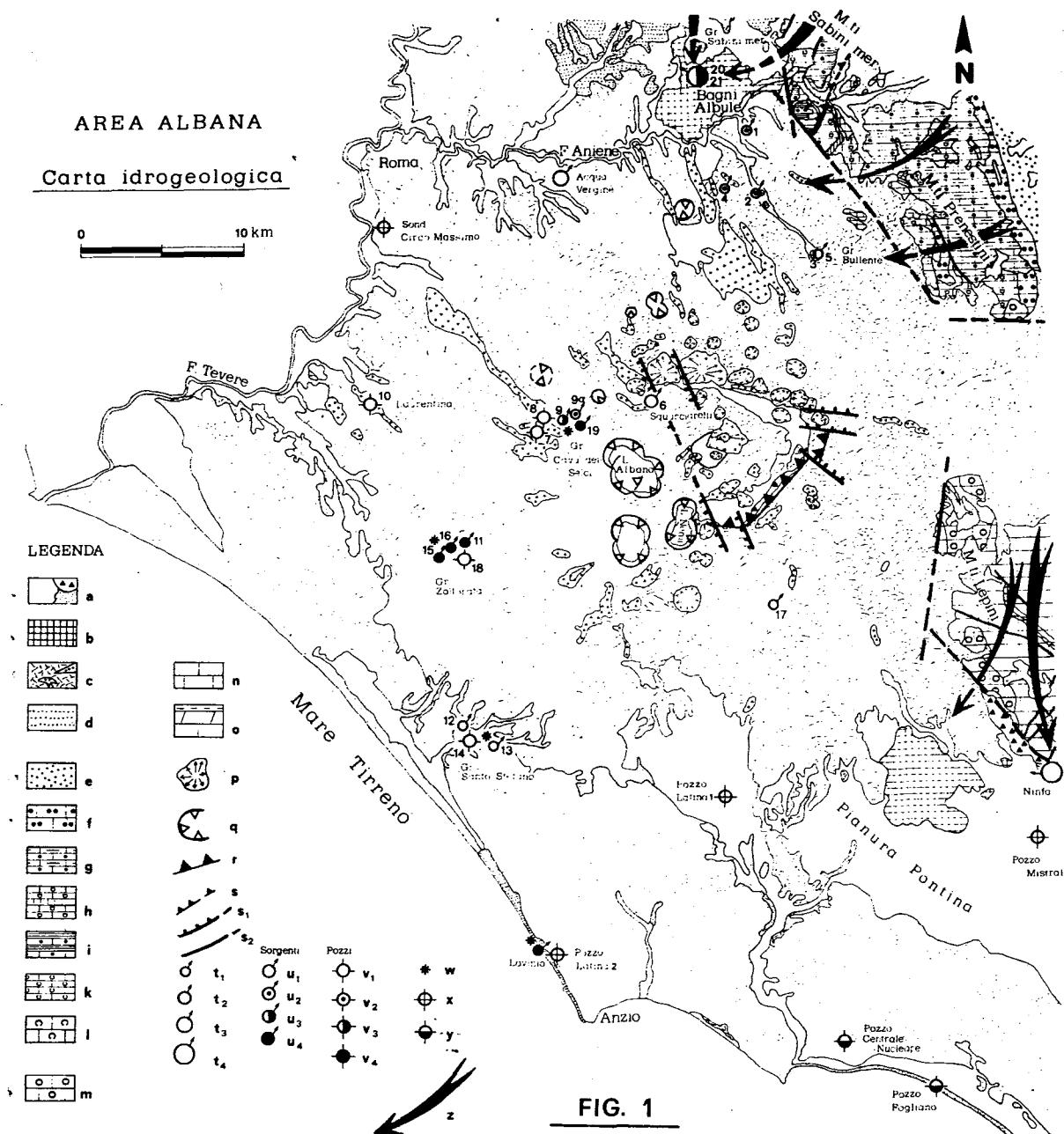
LINEAMENTI IDROGEOLOGICI, IDROLOGICI ED IDROCHIMICI DELLA  
REGIONE ALBANA: PRIMI RISULTATI DELLA CAMPAGNA 1977-1979.

C.F. Boni, P. Bono, G. Capelli, R. Funiciello, S. Lombardi, M. Parotto,  
F.M. Rossi, G. Ventura

Premessa: Nell'ambito del Progetto Finalizzato "Energetica", Sottoprogetto "Energia Geotermica", è in corso di svolgimento una indagine idrogeologica, idrologica ed idrochimica, iniziata nel 1977, condotta da ricercatori dell'Istituto di Geologia e Paleontologia dell'Università degli Studi di Roma, estesa alla regione vulcanica dei Colli Albani, coperta, come è noto, da ampi affioramenti di vulcaniti, che occupano gran parte dell'area in esame. Le vulcaniti albane rappresentano il prodotto di una intensa attività magmatica che si manifesta nell'area dall'intervallo Brûnes-Matuyama, come risultato di un generale fenomeno di distensione crostale, e che sembra esaurirsi circa 30.000 anni fa.

L'obiettivo della ricerca si propone di chiarire i rapporti che esistono tra l'assetto strutturale della regione, la storia recente del sistema vulcanico e la circolazione dei fluidi nel sottosuolo, con lo scopo di valutare le condizioni di rialimentazione di una possibile area geotermica e, in definitiva, fornire elementi per la messa a fuoco delle potenziali risorse a bassa e/o alta entalpia, esistenti nella regione.

Nell'area albana mancano sondaggi profondi che interessino il sub-strato meso-cenozoico, quindi non si dispone di alcuna informazione "diretta" sulla successione litostratigrafica della serie sepolta e tanto meno sulle caratteristiche idrogeologiche dei potenziali acquiferi, come pure le caratteristiche fisiche e chimico-fisiche dei fluidi presenti nel sottosuolo. I dati delle perforazioni, esistenti alla periferia dell'area albana, rivestono tuttavia un grande interesse ai fini stratigrafici, consentendo di conoscere la natura e gli spessori medi dei potenziali terreni di copertura, capaci di chiudere a tetto e/o lateralmente eventuali rocce serbatoio sepolte, esistenti nell'area d'indagine.



- a. Terreni di copertura recente (argille, sabbie, limi, detrito di falda), nel complesso poco permeabili per interstizi;
- b. Travertini, molto permeabili per fessurazione e carsismo; - c. Vulcaniti (piroclastiti e lave), nel complesso poco permeabili per interstizi e/o fessurazione; QUATERNARIO. - d. Sedimenti argilloso sabbiosi marini, nel complesso poco permeabili per interstizi; PLIOCENE MEDIO-SUP.. - e. "Flysch" argilloso-arenaceo; formazione nel complesso impermeabile; MIOCENE SUP..
- f. Calcari bioclastici; formazione molto permeabile per fessurazione e carsismo; MIOCENE MEDIO. "FACIES SABINA": - g. Marne e calcari detritici; formazione nel complesso da mediamente a poco permeabile per fessurazione e carsismo; EOCENE-MIOCENE INF..
- h. Calcari e calcari marnosi prevalenti; formazione nel complesso da mediamente a molto permeabile per fessurazione; CRETACICO SUP.-GIURASSICO SUP.. - i. Marne, marne-argillose con intercalazioni detritiche; formazione nel complesso da mediamente a poco permeabile per fessurazione; GIURASSICO MEDIO. - k. Calcari micritici; formazione molto permeabile per fessurazione; GIURASSICO MEDIO INF.. - l. Calcari bioclastici; formazione molto porosa e permeabile per fessurazione e carsismo; GIURASSICO INF. "FACIES LAZIALE-ABRUZZESE": - m. Calcari organogeni; formazione molto porosa e permeabile per fessurazione e carsismo; CRETACICO SUP.. - n. Calcari micritici; formazione molto permeabile per fessurazione e carsismo; CRETACICO SUP.. - o. Calcari e dolomie; formazione mediamente permeabile per fessurazione e carsismo; CRETACICO INF.. - p. Coni di scorie più o meno saldate e lave. - q. Crateri di esplosione freatomagmatica e freatica. - r. Orlo di caldera. - s. Sovrascorrimenti. - s<sub>1</sub>. Faglie distensive nell'apparato centrale. - s<sub>2</sub>. Faglie distensive marginali dei rilievi carbonatici. PORTATA SORGENTI ( m<sup>3</sup>/sec. ): - t<sub>1</sub>. 0-0,1; - t<sub>2</sub>. 0,1-0,5; - t<sub>3</sub>. 0,5-1; - t<sub>4</sub>. >1. CHIMISMO ACQUE: - u<sub>1</sub>..v<sub>1</sub>. Acque con bicarbonati alcalino terrosi e/o bi carbonati alcalini; - u<sub>2</sub>..v<sub>2</sub>. Acque a solfati alcalino terrosi; - u<sub>3</sub>..v<sub>3</sub>. Acque a bicarbonati e solfati alcalino terrosi; - u<sub>4</sub>..v<sub>4</sub>. Acque acide a solfati. - w. Manifestazioni prevalentemente gassose. - x. Perforazione di interesse stratigrafico. - y. Perforazione di interesse geotermico. - z. Direzione di scorrimento delle acque sotterranee.

1. Generalità sulla regione albana - Le vulcaniti del sistema albano occupano un'area di circa  $1500 \text{ km}^2$  (Fig. 1). Si estendono verso sud-est a ridosso delle propaggini settentrionali dei M. ti Lepini, lambiscono il settore nord-occidentale della Valle Latina e, verso occidente, i rilievi più meridionali dei M. ti Prenestini e Tiburtini. Verso nord, il limite delle vulcaniti albane non è ben definito ed il contatto avviene con i prodotti dell'attività eruttiva attribuibile al sistema dei Vulcani Sabatini, e riconoscibili nell'area di Roma. Verso occidente, il limite segue il contatto con i depositi plio-pleistocenici che affiorano con continuità lungo la fascia costiera tirrenica, mentre verso sud, esso si estende al settore settentrionale della Pianura Pontina.
- Le caratteristiche geologiche, strutturali e morfologiche della regione albana, sono state descritte da numerosi Autori /4/2/10/5/11/7/6/3/. Come è noto, la regione albana costituisce il punto di convergenza di importanti linee tettoniche che mettono a contatto domini paleogeografici e sedimentologici molto diversi tra loro. Recentemente /6/, sulla base dell'analisi sistematica dei frammenti del substrato sedimentario, eiettati in superficie a seguito dell'attività esplosiva "freatica" del Vulcano Laziale, è stato proposto un tentativo di ricostruzione dell'assetto strutturale della regione, in accordo con l'andamento del campo gravimetrico e con i dati delle perforazioni profonde delle aree circostanti. Il basamento sedimentario dell'area albana, secondo gli Autori " è costituito da unità delle successioni pelagiche mesozoiche con testimonianze di una transizione esterna nelle parti più meridionali.
2. Lineamenti tettonici e strutturali della regione - Come già accennato, la regione albana rappresenta il punto di convergenza di importanti linee tettoniche di differenti età e significato geodinamico. Le linee tettoniche compressive, di età medio-miocenica, segnano la crisi orogonica che ha investito questo settore nella regione appenninica provocandone il corrugamento ed un generale raccorciamento; esse seguono sostanzialmente due Trend ben definiti; appenninico e circa meridiano, e mettono a contatto domini sedimentologici e paleo-geografici molto differenti tra loro. Le linee tettoniche distensive, di età plio-quadernaria,

si succedono nel tempo interessando aree sempre più orientali della fascia pre-appenninica ed appenninica, via via che si individua sempre più nettamente il bacino tirrenico, secondo un processo di Rifting. Tale meccanismo, determinato da un generale fenomeno di distensione crostale, disarticola e bascula le strutture pre-plioceniche corrugate in una successione di Horst e Graben, favorendo l'instaurarsi di una intensa attività magmatica riconoscibile soprattutto nella fascia peritirrenica, di cui il Vulcano Laziale costituisce una vistosa testimonianza. I rilevamenti geofisici eseguiti nella regione, noti in letteratura, sono solamente di tipo gravimetrico /9/. Recentemente, dati relativi alle anomalie di BOUGUER sono stati rielaborati da TORO (1976), che propone uno schema strutturale basato sulle anomalie gravimetriche di ordine n-1 (Fig. 2). Tale schema mette in evidenza come nella regione in esame si rilevi una successione di culminazioni gravimetriche positive e negative a cui dovrebbero corrispondere rispettivamente alti e bassi strutturali del basamento cristallino, su cui poggiano le serie sedimentarie meso-cenozoiche disarticolate, che affiorano ai margini settentrionali e sud-orientali dell'area albana. In corrispondenza dei rilievi dei M. ti Lepini, a sud-est e dei M. ti Prenestini e Cornicolani, a nord, le anomalie gravimetriche residuali raggiungono i massimi valori relativi riscontrati nell'area, con circa +20 mGAL. Tuttavia nel settore della regione in cui si estende la copertura sedimentaria neogenica e la coltre vulcanica albana, si riscontrano numerose anomalie gravimetriche positive anche dell'ordine di 10 mGAL, separate da anomalie negative, alcune molto vistose, come quelle che seguono l'allineamento Valle Palombara-Pianura Pontina (-10 mGAL). Tale allineamento segna una importante depressione tettonica che sembra separare con continuità gli alti strutturali dei M. ti Lepini e dei M. ti Prenestini, a nord-est, da quelli relativi ai M. ti Cornicolani, Ciampino, Pratica di Mare, Lavinio, e, più a sud-ovest, fuori dello schema, Fogliano. A nord-ovest dell'area albana, si rileva un'altra anomalia gravimetrica positiva, quella di Spinaceto, probabile continuazione, verso sud-est, dell'alto strutturale di Tragliata.

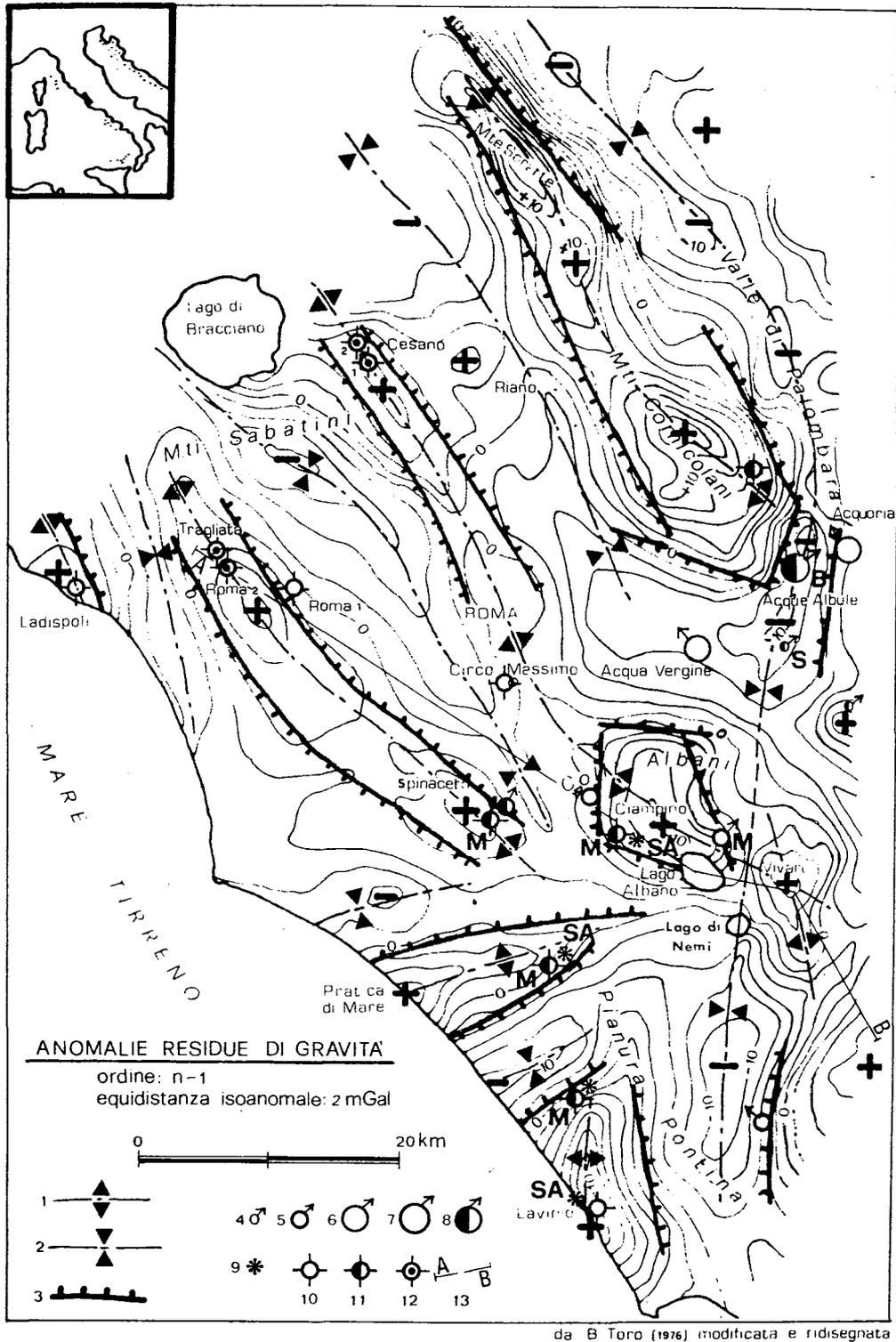


FIG. 2

- 1. Assi strutturali positivi. - 2. Assi strutturali negativi. - 3. Sistemi di faglie principali.

#### SORGENTI O GRUPPI DI SORGENTI

- 4. - 5. - 6. - 7. Acque di circolazione superficiale. - 8. Acque di circolazione profonda. Portate ( $m^3/s$ ): ♂ < 0,1; ♂ 0,1-0,5; ♂ 0,5-1; ♂ > 1.  
- 9. Emanazioni prevalentemente gassose. - 10.; 11.; 12. Sondaggi di interesse: stratigrafico, geotermico e stratigrafico-geotermico. - 13. Traccia del profilo.

In sostanza il sistema vulcanico albano appare evoluto secondo tre distinte fasi di attività:

- una prima interessa l'intera area, produce lave e piroclastiti. E' indipendente dall'individuazione di un edificio centrale e si sviluppa da 0.7 a 0.4 milioni di anni ;
- una seconda crea l'apparato centrale (caldera Tuscolano-Artemisia e cratere del Maschio delle Faete etc.): le piroclastiti fini sono sede di diffusi processi di laterizzazione; intervallo 0.35 - 0.150 milioni di anni ;
- una terza riguarda la parte occidentale dove, in corrispondenza delle zone maggiormente tettonizzate e di alto strutturale sepolto, si individuano, da 0.15 a 0.03 milioni di anni, imponenti esplosioni freatiche. La tettonica più recente, *rilevabile* nel margine più occidentale dell'apparato centrale, permette l'individuazione di una fascia di separazione tra due aree a circolazione differente, corrispondente alla zona sede di una modesta ma continua sismicità superficiale.

3. Generalità sulle caratteristiche idrologiche, chimico-fisiche delle acque di falda della regione - La mancanza di dati "diretti" sulle caratteristiche chimico-fisiche dei fluidi, liquidi e/o gassosi, presenti nei potenziali serbatoi sepolti, ha indirizzato la ricerca verso un'indagine "indiretta" estesa a tutte quelle manifestazioni superficiali presenti nella regione che, per le loro caratteristiche chimico-fisiche, potessero fornirci informazioni utili sulla natura dei possibili acquiferi esistenti nel sottosuolo e, in definitiva, sull'origine e sulle modalità di circolazione delle acque sotterranee nell'area albana. Si è proceduto ad un censimento di dettaglio delle numerose manifestazioni sorgentizie allineate ai margini dei rilievi carbonatici che delimitano il settore orientale della regione in esame, definendone periodicamente le caratteristiche idrologiche e geochimiche. Tale rilevamento è stato esteso all'area albana ed un gran numero di punti d'acqua (sorgenti e pozzi) sono stati individuati e campionati. Sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque censite, sono state selezionate e tenute sotto controllo nel tempo, quelle manifesta

zioni che presentavano particolari anomalie ritenute di maggior interesse ai fini geotermici.

4. Lineamenti idrogeologici ed idrologici regionali - La regione albanica, come è noto, è delimitata a sud-est e a nord-ovest da imponenti rilievi carbonatici e carbonatico-marnoso-silicici che, per le loro favorevoli caratteristiche di permeabilità secondaria, costituiscono nel complesso delle eccellenti aree idrovore e sono sede di un'attiva circolazione sotterranea. I M. ti Lepini rappresentano il settore settentrionale dell'imponente dorsale carbonatica dei Volsci, prevalentemente mesozoica, riferibile alla facies Laziale-Abruzzese e costituiscono una eccellente area di ricarica della superficie di circa  $500 \text{ km}^2$ . Il rilievo, costituito da una sequenza monotona e potente di rocce calcareo-dolomiti che, intensamente fessurate e carsificate, è saturato alla base da una imponente falda libera, che presenta direzioni di drenaggio regionale verso la Pianura Pontina, dove si rileva un vistoso allineamento di manifestazioni sorgentizie la cui portata globale media annua risulta di circa  $14 \text{ m}^3/\text{s}$ , pari a circa 400 milioni di  $\text{m}^3/\text{anno}$ . A S-W del rilievo, al di sotto della copertura neogenica, poco permeabile, che colma la depressione Pontina, la falda dell'unità Lepina alimenta lateralmente e satura il substrato carbonatico ribassato a gradinata verso il Tirreno. In tali condizioni strutturali il serbatoio carbonatico ospita una cospicua falda in pressione, intercettata da numerosi sondaggi, recentemente realizzati nella pianura per ricerche d'acqua. I M. ti Sabini meridionali (M. ti Tiburtini, Carseolani, Cornicolani), come è noto, sono costituiti da una successione carbonatica silico-marnosa in facies Sabina, meso-cenozoica, nel complesso mediamente permeabile per fessurazione e/o carsismo. L'unità idrogeologica presenta un'area di ricarica di notevoli proporzioni ed è saturata alla base da una falda carsica, con drenaggio regionale verso meridione, che alimenta le vistose manifestazioni delle Acque Albule ed, in subalveo, il F. Aniene, con una portata globale di circa  $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , pari a circa 170 milioni di  $\text{m}^3/\text{anno}$ . I M. ti Prenestini, costituiti da ampi affioramenti calcareo-marnosi riferibili al Paleogene, in facies Sabina, sono saturati alla ba-

se da una falda che presenta il drenaggio regionale, in parte, verso il F. Aniene, alimentato lateralmente ed in subalveo, e verso il settore occidentale dell'unità, dove alimenta alcuni corsi d'acqua che incidono la coltre vulcanica albana.

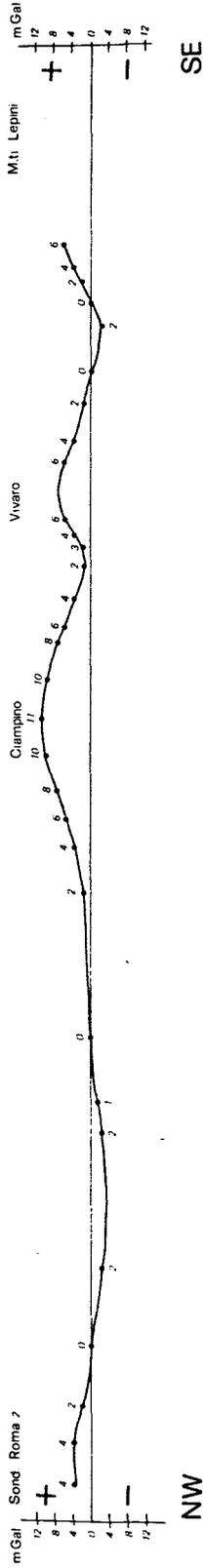
Come già accennato, nell'area albana mancano sondaggi profondi che raggiungano il substrato mesozoico, tuttavia sono disponibili dati di alcune perforazioni, di interesse stratigrafico e geotermico, ubicate ai margini dell'area in esame a cui si rimanda in letteratura, per un'analisi più approfondita (sondaggi Roma 2, Circo Massimo, Cesano 1 e 2, Latina 1 e 2, Fogliano, Mistral etc.).

Per quanto attiene alle caratteristiche idrogeologiche delle successioni litostratigrafiche attraversate dai sondaggi citati, si può affermare che in generale i terreni riferibili al Complesso delle Argille Scagliose ed al ciclo neogenico basale, mostrano permeabilità per interstizi e/o fessurazione decisamente bassi e, ove presenti, nelle condizioni strutturali favorevoli, possono costituire un efficace "aquiclude" ai serbatoi carbonatici sepolti, permeabili per fessurazione e carsismo. Le successioni terrigene riferibili al ciclo neogenico superiore, prevalentemente sabbiose, presentano una permeabilità per interstizi nel complesso mediocre, tuttavia sono sede di una circolazione ipogea localmente anche molto attiva. La coltre vulcanica, di spessore, via via, decrescente verso la periferia dell'area albana, presenta caratteristiche di permeabilità, per interstizi e/o fessurazione, in massa generalmente mediocri; la marcata eterogeneità laterale e verticale dei tipi litologici che la costituiscono, può consentire localmente l'esistenza di falde sospese di limitata estensione e potenza, a quote anche molto elevate nell'area albana.

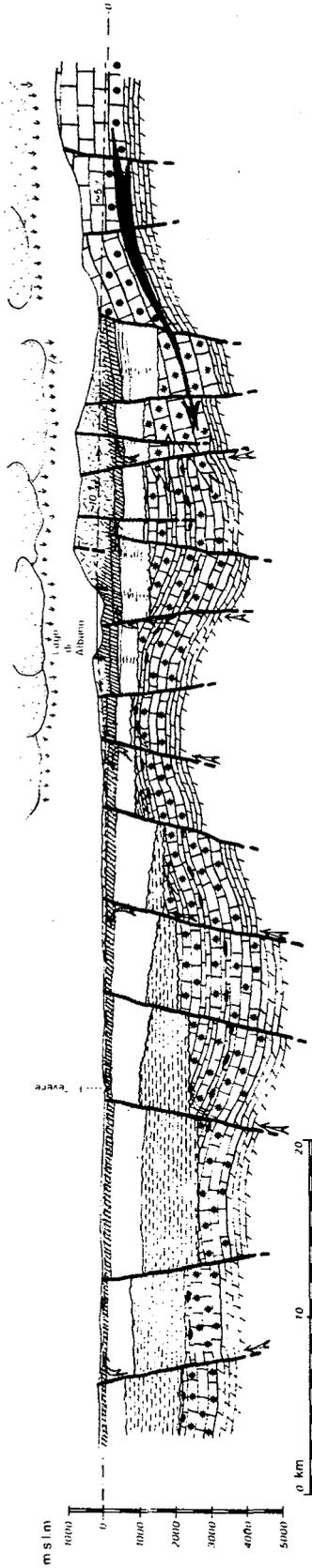
5. Schema idrogeologico della circolazione sotterranea- I dati sulle caratteristiche geologiche, strutturali, idrogeologiche ed idrochimiche finora acquisite, hanno consentito di formulare uno schema della circolazione sotterranea, che verosimilmente interessa la regione in esame (Fig. 3).

Sebbene largamente incompleti, i dati acquisiti lasciano presumere al di sotto della copertura vulcanica e terrigena, a bassa permeabilità, la

**PROFILO GRAVIMETRICO  
anomale di ordine : n-1**



**SCHEMA DELLA CIRCOLAZIONE SOTTERRANEA**



**Legenda**

- Vulcaniti  
Sabbie Siciliane**
- \* Aquicludi \***  
- sedimenti argilloso marnosi  
- pila quaternari.
- Falda libera e/o in pressione nelle sabbie  
Siciliane e localmente nelle vulcaniti al-  
bane (Acque miscelate - R.F. \$ 1 g/l  
T °C \$ 20)**
- Serbatoio carbonatico meso-cenozoico in facies  
«Laziale-Abruzzese» e in facies «Sabina»**
- Substrato triassico**
- Falda di base, libera, nei terreni carbonatici  
prevalentemente mesozoici, dei Mt. Lepini.  
(Acque carbonatiche alcalino  
-terrose; R.F. < 1 g/l T °C < 20)**
- Faglia**
- Piezometrica**
- Area di alimentazione**
- Circuito carico**
- Circuito idrotermale**
- Falda in pressione nei terreni calcareo-dolomiti  
(facies «Laziale Abruzzese») e calcareo silico-  
marnosi (facies «Sabina») meso-cenozoici.  
(Acque con R.F. > 1 g/l; generalmente ricche in  
solfati e bicarbonati alcalino-terrosi)**

**FIG. 3**

## Diagramma di PIPER

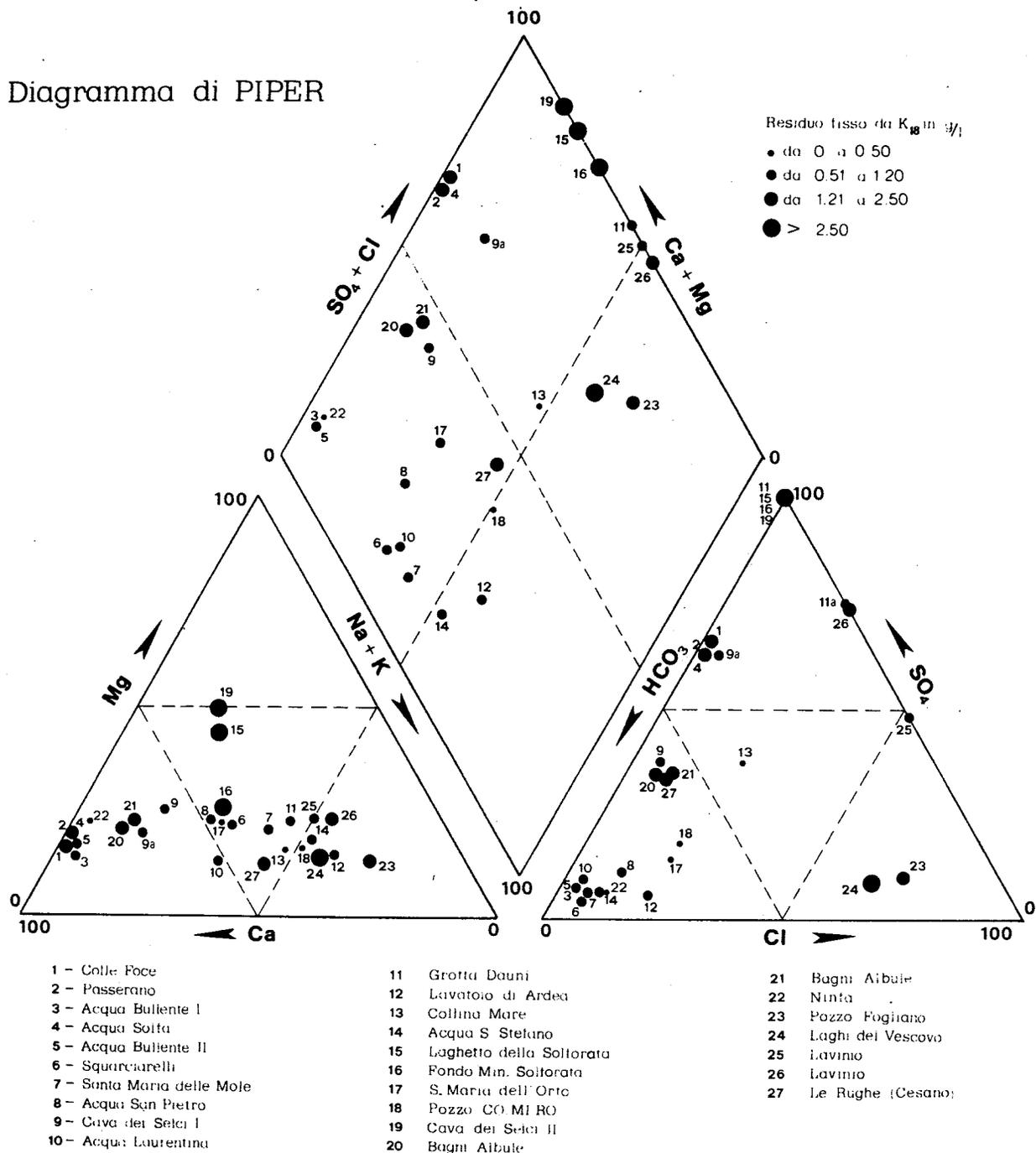


FIG. 4

esistenza di uno o più serbatoi, a differenti profondità, carbonatico-silico-marnosi, in facies Sabina, e lateralmente ad essi, verso S E, più schiettamente calcarei, in facies Laziale-Abruzzese, in sicura connessione idraulica con le unità idrogeologiche lepina e prenestina affioranti, sede di un'attiva circolazione carsica ipogea. Il chimismo delle acque presenti nella regione albana sembra confermare tale ipotesi, già avanzata in un precedente lavoro /8/. Nel grafi-

co di fig.4 sono riportate, schematicamente, le caratteristiche chimiche delle principali manifestazioni studiate e, per confronto, quelle delle acque erogate dal pozzo Fogliano e da alcune sorgenti basali della unità idrogeologica dei M. ti Lepini. Le variazioni estreme, riconoscibili nel grafico di Piper, sembrano ben rispecchiare le complesse modalità di circolazione, l'assetto strutturale e le caratteristiche litologiche dell'area in esame. Le falde "epidermiche", infatti, nelle vulcaniti e nei sedimenti del ciclo neogenico superiore, sono caratterizzate da acque a bicarbonati alcalino-terrosi e alcalini, scarsamente mineralizzate e con temperature strettamente condizionate dalle variazioni termiche stagionali.

Alcune di esse, tuttavia, presentano acque con deboli anomalie chimiche dovute alla interazione di queste con fluidi profondi, generalmente gassosi. Un fenomeno abbastanza diffuso nella regione albana è costituito, infatti, dalla mineralizzazione di tali acque da parte di anidride carbonica, prodottasi per leggero metamorfismo dei calcari e/o per attacco degli stessi da parte di fluidi acidi; ciò le rende leggermente acidule e aggressive nei confronti delle rocce incassanti.

Indizi evidenti, invece, di una circolazione più profonda nelle rocce carbonatiche, possono essere riscontrate nelle acque a media o forte salinità, presenti nelle depressioni a est e a ovest dei Colli Albani. Tuttavia, le anomalie geochemiche, la notevole presenza di gas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , talvolta  $\text{NH}_4$ ) e, infine, la leggera termalità, riscontrata in alcune di esse, denunciano una modalità di circolazione di tali acque decisamente più complessa e schematizzata nel profilo riportato.

Riassumendo brevemente i dati ottenuti, ad ovest dei Colli Albani, in corrispondenza di aree fortemente fratturate, come risulta da una indagine inedita sulla densità delle "lineazioni" condotta nella regione, esistono manifestazioni a basso grado di termalità ( $18-20^\circ\text{C}$ ) e a forte (la loro prevalente) componente gassosa (6-16, 18, 19, 25, 26). Le acque di tali manifestazioni cadono generalmente nel campo delle acque a bicarbonati alcalino-terrosi e alcalini, fatta eccezione per le acque di Lavinio, Cava dei Selci, Solforata, le quali presentano valori di pH inferiori.

ri a 3 e possono essere classificate come acque a solfati alcalino-terrosi. Queste, inoltre, sono ricche in silice amorfa, alluminio, ferro, elementi alcalini e, infine, in litio e stronzio. Le manifestazioni studiate sono generalmente ubicate alla periferia di anomalie gravimetriche positive, quali Ciampino, Spinaceto, Pratica di Mare, Lavinio. La loro genesi sembra legata principalmente alla natura degli apporti gassosi e al rapporto con cui questi interagiscono con le acque presenti nelle formazioni vulcaniche e nei terreni neogenici.

Ad est dei Colli Albani, invece, le manifestazioni sono caratterizzate da un valore maggiore del rapporto acqua/gas. Tra le principali va ricordata in particolare quella costituita dalle sorgenti delle Acque Albulle, vicino Tivoli. Tali sorgenti hanno una portata istantanea di circa  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  ed erogano acque a bicarbonati e solfati alcalino-terrosi, caratterizzate da una temperatura di circa  $24^\circ \text{C}$ , costante nell'arco dello anno.

Il tentativo di risalire alle temperature delle ultime reazioni di scambio acqua-roccia, utilizzando i termometri geotermici basati sui tenori in silice, sodio, potassio e calcio, si è rivelato di scarsa utilità per le caratteristiche stesse delle manifestazioni nell'area albana (presenza di vulcaniti in superficie, fenomeni di miscelamento, acque incrostanti etc.). Un primo esame di tali dati, che vanno tuttavia criticamente rivisti, sembra indicare temperature crescenti procedendo dalle zone a NE del sistema albano (Tivoli, Passerano etc.) verso il Tirreno (Cava dei Selci, Collina Mare, Lavinio etc.). In particolare il tenore in silice sembra indicare temperature vicino ai  $60^\circ \text{C}$  per le sorgenti ad est dei Colli Albani, valori compresi tra  $100$  e  $130^\circ \text{C}$  per le acque maggiormente indiziate ad Ovest degli Albani (Cava dei Selci, Acqua S. Pietro, Acqua S. Stefano etc.). In quest'ultimo caso, tuttavia, è bene precisare che utilizzando, più correttamente, la curva di solubilità della silice amorfa per le acque a maggior contenuto in silice, si ottengono valori decisamente più bassi, compresi tra  $50$  e  $80^\circ \text{C}$ . Probabilmente, date le caratteristiche delle manifestazioni studiate, informazioni più attendibili potranno essere ottenute da uno studio sulla composizione delle

componenti gassose delle manifestazioni stesse.

E' intenzione degli AA, infatti, indizzare la ricerca sulle numerose emanazioni gassose presenti nell'area Albana, e sulle interazioni di queste con le acque superficiali. In particolare <sup>si intende</sup> approfondire gli studi sull'origine delle manifestazioni acide che, allo stato attuale delle conoscenze, possono essere interpretate o come mofete in via di esaurimento, o come manifestazioni di fuga da parte di serbatoi profondi sepolti da una potente coltre di depositi terrigeni a bassa permeabilità.

6. Conclusioni e proposte - Allo stato attuale le ricerche condotte nella regione albana, hanno consentito di definire i lineamenti idrogeologici, idrologici, ed idrochimici fondamentali del territorio. Tale fase conoscitiva di base, indispensabile alle finalità che la ricerca si propone può ritenersi in via di conclusione. La mancanza di qualsiasi informazione diretta sul substrato meso-cenozoico sepolto dell'area albana e la complessa situazione geologica e strutturale della regione, suggeriscono la prosecuzione della ricerca verso una seconda fase nella quale si svolgono ulteriori indagini specifiche "indirette" di tipo geofisico (rilevamenti geoelettrici profondi e sismici), geochimico (analisi isotopiche e dei gas), mineralogico e fisico (flusso di calore) e geologico strutturale con particolare riguardo alla neotettonica, che consentano di acquisire i dati necessari ad una migliore definizione e conoscenza sia della geometria dei potenziali serbatoi e della copertura impermeabile, come pure del gradiente geotermico e quindi delle temperature potenziali dei fluidi che saturano le rocce serbatoio. Benché si richiedano tempi più lunghi per raggiungere una valutazione delle potenziali risorse geotermiche della regione, si può, tuttavia, tentare di formulare, sulla base dei dati acquisiti, un quadro geotermico molto schematico dell'area albana. Sono state individuate nella regione alcune aree (Ciampino, Spinaceto, Pratica di Mare, Lavinio, Passerano, Tivoli) che presentano indizi superficiali con anomalie fisiche e chimico-fisiche interessanti ai fini geotermici; tali aree sono generalmente localizzate alla periferia di vistose anomalie gravimetriche (probabili alti strutturali) la cui natura ed interpretazione, allo stato attuale,

non è ancora del tutto chiara e convincente. Non si può escludere, infatti, che alcune anomalie rilevate nella regione siano, almeno in parte, dovute ad un intenso processo di mineralizzazione secondaria che ha interessato alcuni settori dell'area albana, riflesso di un'attività idrotermale esauritasi o ancora oggi persistente. Tale mineralizzazione potrebbe aver sensibilmente aumentato l'originaria densità delle masse litoidi, determinando almeno in parte quei valori gravimetrici anomali che si rilevano in alcune aree della regione. Benché il problema non sia ancora risolto, tuttavia, sembra verosimile correlare l'esistenza delle manifestazioni liquide e gassose nelle aree citate, a sistemi di fratture e/o faglie distensive riferibili all'ultima fase tettonica di collasso, ancora in atto nella regione peritirrenica. La migliore roccia serbatoio dovrebbe essere rappresentata dai depositi bioclastici di scogliera e di periscogliera di età Giurassico-cretacica, molto porosi e potenzialmente permeabili per fessurazione e carsismo, messi in rilievo dalle analisi micropaleontologiche e sedimentologiche condotte nei proietti del substrato. La base di tali sequenze dovrebbe trovarsi nelle maggiori depressioni tettoniche dell'area albana, al più, alla profondità di 4000 m dal livello del mare, mentre il tetto dovrebbe mantenersi intorno a quote comprese tra -1000 e -2000 m. La copertura è garantita da un accumulo di depositi terrigeni prevalentemente argillosi, anche di notevole spessore, soprattutto nel settore nord-occidentale e sud-occidentale dell'area, nella fascia di territorio prossima alla costa tirrenica. La ricostruzione evolutiva delle ultime fasi della attività del vulcano laziale, esauritasi circa 30.000 anni fa, con una successione di esplosioni freatiche, consente di formulare alcune ipotesi sulla potenzialità geotermica dell'area albana. Come noto, le condizioni che hanno favorito l'instaurarsi della attività freatica del vulcano laziale possono essere verosimilmente dovute alla rapida interazione di due fattori ambientali: a) attiva circolazione delle acque di falda nel substrato carbonatico meso-cenozoico, intensamente fessurato e/o carsificato; b) locale anomalia geotermica positiva. Tale attività provocherebbe la dissipazione rapida di notevoli quantità di calore originaria-

mente immagazzinato nel basamento metamorfico, necessario ad inscare il processo. La distribuzione geografica degli indizi dell'attività freatica antica e recente, e la situazione idrogeologica attuale della regione consentono di ipotizzare nell'area albana l'esistenza di tre settori con caratteristiche geotermiche potenziali del serbatoio molto diverse: a) settore marginale delle principali aree di ricarica carbonatiche meso-cenozoiche; b) settore occidentale del vulcano laziale; c) settore costiero.

Nel primo settore, l'attiva circolazione carsica verso W e SW delle acque che saturano la base delle unità idrogeologiche dei M. ti Sabini meridionali, dei M. ti Prenestini e dei M. ti Lepini, e la presenza di alcuni indizi dell'attività freatica recente ai margini delle unità, lasciano presumere l'esistenza, nella roccia serbatoio sepolta, di notevoli riserve d'acqua facilmente rinnovabili, con deboli anomalie termiche positive (indicativamente  $50-70^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ).

Nel secondo settore, la diffusa presenza di numerosi e vistosi centri di attività freatica recente ed una presumibile meno attiva circolazione sotterranea, dovuta alle maggiori perdite di carico, indicherebbero la esistenza nel serbatoio carbonatico meso-cenozoico di acque in pressione, prevalentemente statiche, molto mineralizzate ed in generale con modeste anomalie termiche (indicativamente  $70-90^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ).

Nel terzo settore la mancanza di indizi dell'attività freatica recente, la ridotta presenza di quelli riferibili all'attività freatica antica e l'esistenza di condizioni idrodinamiche caratterizzate da una marcata staticità dei fluidi nella roccia serbatoio, potrebbero indicare l'esistenza di una residua concentrazione termica nelle acque che saturano il serba-toio carbonatico meso-cenozoico.

Nell'area albana quest'ultimo settore risulta il più interessante e favo-revole allo sviluppo della ricerca geotermica, dove non sembra invero simile ipotizzare gradienti localmente maggiori di  $90^{\circ}\text{C}/\text{km}$ .

## BIBLIOGRAFIA

- 1) C.F. Boni (1973) - Lineamenti idrogeologici dell'Appennino Carbonatico Laziale-Abruzzese (Primi risultati della Campagna 1970-1972) Atti 2° Congr. Int. Acque Sotterranee, 11 pp., 1 fig., Palermo
- 2) C. Caputo, R. Funicciello, G. B. La Monica, E. Lupia Palmieri e M. Parotto (1974) - Geomorphological features of the Latian Volcano (Alban Hills, Italy). *Geologica Romana*, 13: 157-201, 32 fig. 9 tab., Roma
- 3) C. Caputo e M. Parotto (1978) - La zona d'incontro fra Monti Sabini, Ruffi e Simbruini; suoi rapporti con la linea "Ancona-Anzio" *Geologica Romana* (in preparazione)
- 4) F. Carbone, A. Praturlon e G. Sirna (1971) - The Cenomanian shelf-edge facies of Rocca di Cave (Prenestini Mts, Latium). *Geologica Romana*, 10: 131-198, 52 fig., 1 tab., Roma
- 5) G. Civitelli, R. Funicciello e M. Parotto (1975) - Caratteri deposizionali dei prodotti del vulcanismo freatico nei Colli Albani. *Geologica Romana*, 14: 1-39, 30 fig., 3 tab., 2 tav., Roma
- 6) R. Funicciello e M. Parotto (1978) Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Appennino centrale. *Geologica Romana* 17: 233-287, 28 fig., Roma
- 7) E. Locardi, G. Lombardi, R. Funicciello e M. Parotto (1977) - The main volcani groups of Latium (Italy): relations between structural evolution and petrogenesis, *Geologica Romana*, 15: 279-300, 13 fig., Roma
- 8) S. Lombardi (1975) - Il ruolo dell'idrologia nei confronti del vulcanismo freatico albano, in: G. Civitelli, R. Funicciello e M. Parotto: Caratteri deposizionali dei prodotti del vulcanismo freatico nei Colli Albani, *Geologica Romana*, 14: 29-34, 1 fig., 2 tab., Roma
- 9) P. P. Maino, A. Motta e A. Segre (1969) - Considerazioni sui rapporti tra gravimetria e geomorfologia per il F. 150 "Roma" (Vulcano

Laziale) della Carta d'Italia al 100.000 dell'I.G.M., Boll. Geol. Sc. aff., 28 (2): 173-184, 9 fig., 1 tab., Firenze

- 10) M. Parotto e A. Pratlurion (1975) - Geological Summary of Central Apennines. In "Structural Model of Italy. Maps and Explanatory Notes". Quad. Ric.Sci. , 90: 257-311, 20 fig., Roma
- 11) B. Toro (1977) - Gravimetry and deep structure of the Sabatinian and Alban volcanic area (Latium), Geologica Romana, 15: 301-310, Roma