

A P P E N D I X

The relationships between the geology and hydrogeology of the Latium-Abruzzi Apennines**CARLO FELICE BONI**

Istituto di Geologia Paleontologia, Università - Roma

This short note on the hydrogeology of the Central Apennines is intended to point out the relationships between the geological features of the region and its hydrogeological characteristics. This leads to a twofold conclusion: although a detailed hydrogeological study is impossible without a precise geological background, structural interpretations may nevertheless be subjected to hydrogeological testing.

The area under study is shown in Fig. 20. It corresponds to that sector of the Latium-Abruzzi Apennines where there outcrop sediments of a subsiding carbonate shelf surrounded by deposits transitional to the open sea.

The hydrogeological research begins, in the first place, with the consideration that the shelf and reef deposits, involved in orogenic movements, assume a permeability through fracturing which is distinctly superior to that of the transitional sediments, rich in pelitic intercalations and therefore, on the whole, less permeable. In the second place, in the carbonate shelf environment particular consideration has been given to the sedimentological variations associated with lithological differences. The dolomites found at the base of the series and, to a lesser extent, the dolomitized limestones found at different levels generally show, in the Abruzzi Apennines, a lesser permeability than the limestones which form the higher part of the Mesozoic. Knowledge is still lacking on the distribution of the dolomitic facies which would permit a precise cartography of the whole region. For this reason all the shelf and reef deposits have been mapped with the same symbol, waiting for more detailed studies. Only through the analysis of the better-studied key areas will it be possible to give precise hydrogeological significance to some dolomitic outcrops and to describe their influence on the deep circulation of water.

Another determining element is the evolution of the structural pattern which the different tectonic units have undergone during orogeny. An important factor in this phase has been the deposition of the flysch and the allochthonous nappes (typical impermeable units considered here to be in the same category as the synorogenic terrigenous sediments) which fill the depressions and the troughs that existed before or formed later at the interior and periphery of the shelf, and which were involved in successive tectonic phases. We find consequently the carbonate shelf partitioned into separate sectors by deep troughs filled by impermeable sediments which surround.

often with perfect continuity, the different structural units, hydraulically isolating one from the other.



FIG. 20 - Hydrogeological sketch of the Latium-Abruzzi Carbonate Apennines.

1 = Undifferentiated post-orogenic sediments: Slope deposits, alluvial fans, fluvio-lacustrine alluvium, travertine, lava and volcanic tuff, marine shale and sand (HOLOCENE, PLEISTOCENE, PLIOCENE); 2 = Synorogenic and late orogenic sediments of varying age and nature: diverse flysch units and allochthonous nappes deposited or emplaced in the MIOCENE; 3 = Transitional carbonate facies: sediments deposited along the zone that divided the carbonate shelf from the pelagic environment; the position and width of this zone have varied notably through time; 4 = Facies of subsiding carbonate shelf: undifferentiated carbonate formations deposited in a shelf environment - prevalently limestones and dolomitized limestones, with reduced outcrops of the thick dolomites occurring at the base of the series (LOWER MIOCENE-LIASSIC; typical maximum thickness 3000-4000 m); 5 = Principal overthrusts; 6 = Principal faults; 7 = Probable direction of ground water movement into carbonate aquifers; the orientation of the arrows is based on geological, lithological, hydrological and morphological studies carried out at the surface and has not been verified directly; 8 = Springs with minimum discharge between 0.5 and 5 m³/s; 9 = Springs with minimum discharge between 5 and 20 m³/s; 10 = Deep well.

In stating the most general criteria used in the hydrogeological research it is necessary to look at some characteristic hydrological data of the region before comparing the hydrogeology with the geology.

In the region the yearly average meteoric falls range from a little less than 1000 mm of rain at sea level to a maximum of 2000 mm in the higher regions. The hydrographic net shown in the structural model has only geographic meaning because in reality the perennial water courses are few and among these many are subjected each year to marked low water phases. In addition, more than half of the meteoric water which falls on the carbonate terrain is absorbed and goes to enrich the ground water which feeds about 30 springs with minimum discharge greater than 1 m³/s.

On the carbonate outcrops an effective infiltration between 700 and 1000 mm/yr has been calculated; for the transitional facies the first available data seem to indicate a value less than 500 mm/yr. These values have been calculated, very simply, dividing the average annual volume the springs discharge by the areas of the respective source basins.

It is important to observe that the values calculated furnish infiltration data sufficiently homogeneous throughout the shelf, with local variations comparable with the variations of the meteoric influx. This proof seems to guarantee a good approximation in the delimitation of the different recharge basins which were drawn on the basis of geological, lithological, morphological, and hydrological considerations.

A first comparison between the geological and hydrogeological characteristics suggests some considerations of a general nature.

- There is a precise correspondence between the tectonic units discussed by PAROTTO and PRATURLON and the hydrogeological units described here.
- It seems evident, from the trend of the directions of flow and from the position of the springs, that each unit is hydraulically isolated from the others by a band of flysch. This observation is strengthened by the significant comparison between the value of the average infiltration and the discharge of the springs.
- Within each unit the principal springs are found at the periphery of the structure at the lowest altitudes, along the limit between the carbonates and the flysch. Significant springs are not found in the interior of the structures. An exception is the structure of the Simbruini where there is a particular situation which will be considered later.
- All of the principal springs (Peschiera, Agosta, the ones of Lepini-Ausoni, Gari, Fibreno, etc.), are found on the periphery of the carbonate shelf, in places very near to the first outcrops with transitional characteristics.

After these general considerations we can now briefly examine the particular characteristics of the different hydrogeological units.

The Volsci unit (Monti Lepini, Ausoni, Aurunci) is hydraulically isolated. It is bordered to the southwest by the shaly-sandy Plio-Pleistocene sediments which fill the Pontine Plain and to the northeast by the flysch which occupies the Latina Valley. The deep drainage is directed towards the southwest where the impermeable belt decreases in height to only a few metres above sea level. The hydrological balance (discharging water-infiltrations) is probably deficient because of the loss across the Tyrrhe-

nian side of the structure buried by the Plio-Pleistocene cover (Monti Lepini) and where the shelf immerses directly into the sea (Monti Ausoni). The eastern sector of the Aurunci, closed toward the sea by terrigenous deposits which reach high altitudes, drains to the north towards the Liri Valley where the carbonate-flysch contact is lower.

Also the unit of the Simbruini, Ernici, Monte Cairo, and the monoclines of the Garigliano Valley are clearly isolated: to the southwest by the flysch of the Latina Valley; to the northeast by the flysch of the Roveto Valley which continues to the south, with continuity, through the Atina gorge as far as Cassino Plain; to the northwest by the flysch which follows the Antrodoco-Olevano line; and to the southeast by the volcano of Rocca Monfina, which is not shown on the map. The directions of ground water movement correspond with the Apennine trend which characterizes the structure. Almost at the centre of the unit there is an inversion in the direction of water flow (to the north in the northern sector, to the south in the southern sector), with several springs in the interior of the structure. In the southern sector of the Simbruini there is, in fact, a considerable structural high with uplift of the dolomitic basement, with low permeability, which acts as a subterranean watershed in the interior of the structure. The thick sequences of dolomites and dolomitized limestones are overlaid in continuity or in transgression, and locally overthrust tectonically, by more permeable calcareous sediments; these being closed at the base by the dolomites and broken laterally by transversal tectonic features, constitute the recharge area of several springs distributed in the internal part of the shelf, generally characterized by quite low yield values (Mola, Pertuso, Capofiume, Liri, Schioppo, and other minor ones). The normal situation, with drainage to the south, is observed in the southern sector where the dolomitic basement has been lowered by important collapse movements.

The structural continuity between the group of the Ernici and Monte Cairo and between the latter and the monoclines of the Garigliano Valley seems confirmed by this simple hydrogeological consideration: to justify the large discharge of both Gari and Peccia springs (minimum discharge 13 m³/s; yearly average 22 m³/s, over many years of observations) it is necessary to admit that their recharge area extends to the southern sectors of Monti Ernici and Simbruini, if we assume an annual average recharge of about 800-900 mm out of an average annual precipitation of about 1400-1500 mm. Besides the Gari and Peccia springs, no other significant spring drains this sector.

Unlike the areas described so far, a precise subdivision of the Abruzzi ranges (which from the Roveto Valley extend as far as the Gran Sasso and the Morrone mountains) presents some difficulties. The possible subdivisions are indicated by the trend of the directions of the water flow shown on the map.

It is possible to isolate a large hydrogeological unit which extends from the Peschiera springs southeastward to the Velino group and continues (including the Fucino and the sector of the Marsica to the southwest of the Sangro) up to Capovolturmo springs southward at the Monti della Meta.

This large unit is surrounded, like the others, by a belt of flysch which, deposited in the depressions of the shelf, was involved in the successive orogenic movements. Following the trend of the flysch outcrops and if their possible continuity under the recent sediments and tectonic overthrusts is considered, it can be said that the carbo-

nate unit is surrounded by an impermeable belt, probably continuous, which isolates the unit considered from the nearby structures. The flysch trend mentioned can be followed from the south along the Roveto Valley up to the northern part of the Monti Carseolani; further north along the Olevano-Antrodoco line; to the east along the upper Aterno Valley up to the L'Aquila basin; from here to the south, under the overthrust which goes from L'Aquila to the Fucino, along the high Altipiano delle Rocche between the Velino and the Sirente; beyond the Fucino along the Sangro Valley, and then to the south as far as Capovolturmo. The unit thus defined is subdivided into three sectors by two important structural and paleogeographic features. The large depression of the Fucino, whose geological significance is not yet understood, is surrounded by transitional sediments: in hydrogeological terms one can consider that this internal area of the shelf (where terrigenous sediments are intercalated to calcareous deposits) is a partition area with the function of dividing hydraulically the Velino group from the western Marsica; to the latter is joined with continuity the ridge of the Monti Carseolani (eastern slope of the Roveto Valley) which is not under the influence of the Fucino. The northern sector (Velino Group), hydraulically closed to the south by the Fucino, supplies the large springs of the Peschiera and Canetra (20-25 m³/s); the southern sector drains towards the springs of the Fibreno (7-14 m³/s). Further to the south, in the Monti della Meta, a Mesozoic structural high uplifts the dolomitic basement which closes to the south the Fibreno basin. On the Jurassic-Liassic basement, there rest in transgression discontinuous transitional series. The sector of the Meta unit is consequently isolated hydraulically from the western Marsica and drains to the south towards the Capovolturmo spring (6 m³/s).

A structural situation analogous to that of the Monti della Meta is seen a little further south in the Venafro mountains, where the interrupted sedimentation on the Jurassic-Liassic dolomitic basement shows typical transitional characteristics. This unit, with a triangular shape, is bordered on the east by the Volturmo Valley, on the southwest by the large tectonic disturbance, which passes along the Atina gorges and puts the Liassic dolomites in contact with the Miocene flysch, and on the north by the overthrust of San Biagio Saracinesco. In agreement with the attitude of the dolomitic basement the drainage here is southeastward toward the Volturmo Valley.

The extreme northeast sector of the Abruzzi Apennines shows marked stratigraphic irregularity with important facies changes at different levels of the series. Here we are at the margin of the carbonate shelf, where in a short distance we pass to reef and external transitional environments with marked lithological variations. Consequently, the homogeneity of hydrogeological behaviour is lost.

At the present state of knowledge a precise distinction between the hydrogeological behaviour of the different lithologic facies is not yet justified. The dominating factor seems to be the morphology. The large depressions of the L'Aquila Plain and of the Sulmona-Tirino Valley, rich in large springs, seem to function as centripetal systems as to the large and complex structures of the Gran Sasso, Sirente, and Middle Aterno. The same can be said for the Morrone.

The group of the Montagna Grande which drains into the springs of Cauto is clearly isolated by a continuous belt of flysch. Still more closed off from the neighbouring

structures is the Maiella which feeds three large springs at its periphery along the contact with the flysch.

This short hydrogeological note has necessarily been synthetic and superficial. We have considered only the springs which discharge calcio-bicarbonate waters at ordinary temperatures and, therefore, related to the most superficial zone of the underground hydrological cycle and capable of supplying information only on the uppermost parts of the outcropping structures.

It is hoped that in the future we shall be able to obtain more significant information on the deep structure by the study, already under way, of sulphurous water, at various temperatures, distributed preferentially at the margins of the shelf and along the principal tectonic lines. For the moment, however, interpretations based on the results of the first research would be premature.

BIBLIOGRAPHY

- ACCORDI, B.: « Lineamenti strutturali del Lazio e dell'Abruzzo meridionali », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **4**, 595-633 (1964).
- ACCORDI, B.: « Il ritmo di sedimentazione, in età assolute, di alcune serie dell'Appennino », *Geol. Rom.*, **4**, 221-228 (1965).
- ACCORDI, B.: « La componente traslativa nella tettonica dell'Appennino laziale-abruzzese », *Geol. Rom.*, **5**, 355-406 (1966).
- ACCORDI, B. & ANGELUCCI, A.: « Un neck nel calcare oretacico di Monte Autore (Subiaco, Roma) », *Geol. Rom.*, **1**, 289-293 (1962).
- ACCORDI, B. *et al.*: « Il Neogene nell'Appennino laziale-abruzzese », *Committee Mediterranean Neogene Stratigraphy, Proc. IV Session, Bologna 1967; G. Geol.*, **35**, 235-268 (1969).
- ACCORDI, B. *et al.*: « Idrogeologia dell'Alto Bacino del Liri, Appennino Centrale », *Geol. Rom.*, **8**, 177-559 (1969).
- ACCORDI, B. & MORETTI, A.: « Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 131 Foligno », *Serv. Geol. d'Italia* (1967).
- ACCORDI, B. & PAROTTO, M.: « Report of an international meeting on the geology of the Apennines », *Geol. Rom.*, **10**, 199-216 (1972).
- ALBERTI, A.: « Osservazioni preliminari sulla geologia dell'Appennino Centrale, Foglio 139 l'Aquila e Foglio 140 Teramo, e della Sicilia meridionale, Foglio 272 Gela e Foglio 275 Scoglitti », *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, **75**, 638-645 (1954).
- ALBERTI, A. *et al.*: « Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 136 Toscana e 142 Civitavecchia », *Serv. Geol. d'Italia* (1970).
- AMBROSETTI, P.; AZZAROLI, A.; BONADONNA, F. P. & FOLLIERI, M.: « A scheme of Pleistocene chronology for the Tyrrhenian side of Central Italy », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **91**, 169-184 (1972).
- ANGELUCCI, A.: « La serie miocenica nella media Valle Latina (Frosinone) », *Geol. Rom.*, **5**, 425-452 (1966).
- ANGELUCCI, A.: « Rapporti fra tettonica pleistocenica e vulcanismo minore intrappenninico nel Lazio centro-meridionale », *Atti Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania*, **s. 6**, **18**, 73-84 (1967).
- ANGELUCCI, A.: « Geologia e sedimentologia delle formazioni alto mioceniche nell'Appennino laziale-abruzzese », *sketch map, Ist. Geol. Paleontol. Univ. Roma* (1971).
- ANGELUCCI, A. & DEVOTO, G.: « Geologia del Monte Caccume (Frosinone) », *Geol. Rom.*, **5**, 177-196 (1966).
- ANGELUCCI, A.; DEVOTO, G. & FARINACCI, A.: « Le 'Argille caotiche' di Colle Cavallaro a Est di Castro dei Volsci (Frosinone) », *Geol. Rom.*, **2**, 305-330 (1963).
- ANGELUCCI, A. & PRÀTURLON, A.: « Raddoppio tettonico della serie mesocenozoica nelle Gole di Celano a Nord del Fucino (Appennino Centrale) », *Geol. Rom.*, **7**, 431-446 (1968).
- ANGELUCCI, A. *et al.*: « Sedimentological characteristics of some Italian turbidites », *Geol. Rom.*, **6**, 345-420 (1967).
- BALLY, A.: « Osservazioni geologiche fra la pianura di Sulmona e il fiume Sangro », *Suppl. Ric. Sci.*, **22**, 106-128 (1952).
- BALLY, A.: *Geologische Untersuchungen in den SE Abruzzen* (Zürich, Böhler Buchdruck, 1954).

- BARBERI, F.; INNOCENTI, F. & RICCI, C. A.: « Il magmatismo nell'Appennino centro-settentrionale », *Rend. Soc. Ital. Mineral. Petrogr.*, 27 (1971).
- BEHRMANN, R. B.: « Die Faltenbögen des Apennins und ihre palaeogeographische Entwicklung », *Abh. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl.*, 3, 1-125 (1936).
- BEHRMANN, R. B.: « Geologie und Erschliessung der Erdölvorkommen Italiens », *Oel Kohle*, 36, 522-537 (Berlin, 1940).
- BEHRMANN, R. B.: « Die geotektonische Entwicklung des Apennin-Systems », *Geotekton. Forsch.*, 15 (1958).
- BENEQ, E.: « Sezione geologica della penisola italiana dal Tirreno all'Adriatico attraverso l'Appennino laziale ed abruzzese », *Boll. R. Uff. Geol. Ital.*, 64 (1939).
- BENEQ, E.: « Sulla struttura del Monte Soratte (Lazio) », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 65, 69-78 (1947).
- BENEQ, E.: « Tentativo di sintesi tettonica dell'Italia peninsulare ed insulare », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 68, 66-80 (1950).
- BENEQ, E.: « Le argille scagliose di S. Felice Circeo (Lazio) », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 69, 60-64 (1950).
- BERGOMI, C. & MANGANELLI, V.: « Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Vulcano di Roccamonfina. Fogli 160-161-171-172 (Appendice alle note illustrative del Foglio 172 Caserta) », *Serv. Geol. d'Italia*, p. 67-123 (1971).
- BERNARDINI, F.: « Studio sedimentologico della serie alto-miocenica ascolana », *Atti Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania*, s. 7, 1, 353-394 (1969).
- BERTINI, M. *et al.*: « Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 137 Viterbo », *Serv. Geol. d'Italia* (1971).
- BLANC, A. C.; CONFORTO, B.; DI RICCO, G. & SAPPÀ, M.: « Indagini sulle acque sotterranee dell'Agro Romano e Pontino », *Cassa per il Mezzogiorno: Agro Romano*, 1, p. 40; *Agro Pontino*, 2, p. 45 (1961-62).
- BONI, C. F.: « La Geologia dei Monti Tiburtini (Lazio) », *Geol. Rom.*, 6, 165-188 (1967).
- BONI, C. F.: « Prospezione geoelettrica sul Promontorio Circeo (Lazio) », *Atti Accad. Naz. Lincei*, 46, 588-596 (1969).
- BONI, C. F. & BONO, P.: « Segnalazione di un gruppo di grandi sorgenti nel bacino del Fiume Peccia, affluente del Garigliano », *Geol. Rom.*, 12, 227-242 (1973).
- BONI, C. F. & PAROTTO, M.: « La struttura del M. Soratte », *Geol. Rom.* (in press.).
- BOSI, C. & MANFREDINI, M.: « Osservazioni geologiche nella zona di Campo Felice (L'Aquila) », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 6, 245-267 (1967).
- BOSI, C. & BERTINI, T.: « Geologia della media valle dell'Aterno », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 9, 719-777 (1970).
- BURRI, C.: « Die petrographischen Provinzen Mittelitaliens », *Schweiz. Mineral. Petrol. Mitt.*, 28, 49-64 (1948).
- BURRI, C.: « Le province petrografiche postmesozoiche dell'Italia », *Rend. Soc. Min. Ital.*, 17, 3-40 (1961).
- BURRI, C.: « Problemi petrochimici del vulcanismo italiano », *Mem. Accad. Patavina SS.LL.AA., Cl. Sci. Mat. Nat.*, 78, 109-133 (1966).
- CALEMBERT, L.: « Observations dans le massif du Gran Sasso », *C.R. Acad. Sci. Paris*, 274, 2013-2015 (1972).
- CALEMBERT, L.: « Le sondage de Fontari dans le massif du Gran Sasso », *C.R. Acad. Sci. Paris*, 274, 3065-3068 (1972).
- CAPUTO, C. & PAROTTO, M.: « La zona d'incontro fra Monti Sabini, Ruffi e Simbruini; suoi rapporti con la 'linea Ancona-Anzio Auctt.' », *Geol. Rom.* (in press.).
- CAPUTO, M.: « Seismicity and soil response of the Italian region », *Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino, Convegno Roma 1972*; su: *Quad. Accad. Naz. Lincei*, 188, 281-296 (1973).
- CARBONE, F.; PRATURLON, A. & SIRNA, G.: « The Cenomanian shelf-edge facies of Rocca di Cave (Prenezzini Mts, Latium) », *Geol. Rom.*, 10, 131-198 (1971).
- CARBONI, M. G.: « Studio microstratigrafico di due serie perforate nella Pianura Pontina », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 8, 1071-1096 (1969).
- CARBONI, S. & LOMBARDI, L.: « Su alcuni affioramenti in facies di flysch della Valle Latina », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 75, 109-113 (1957).
- CARISSIMO, L.; D'AGOSTINO, O.; LODDO, C. & PIERI, M.: « Petroleum exploration by AGIP Mineraria and new geological information in Central and Southern Italy from the Abruzzi to the Taranto Gulf », *6th Petrol. Int. Congr.*, 1, 267-292 (Frankfurt, 1963).
- CARLONI, G. C.; CATI, F. & BORSETTI, A. M.: « Stratigrafia del Miocene marchigiano in facies di 'Schlier' », *G. Geol.*, s. 2, 35, 341-368 (1968).
- CATENACCI, E.: « Sulla presenza di masse calcaree mesozoiche incluse nei sedimenti miocenici della media valle del T. Ausente (Lazio meridionale) », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 88, 247-254 (1964).
- CENTAMORE, E. *et al.*: « Contributo alla conoscenza del Giurassico dell'Appennino umbro-marchigiano », *Stud. Geol. Camerti*, 1, 7-89 (1971).
- CERETTI, E.: « L'attuale stato delle conoscenze sulla geologia marchigiana », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 4, 483-519 (1964).
- LERMONTÉ, J.: « Une contribution à l'étude géologique des formations molisanes du bassin de Sangro (Italie centro-méridionale) », *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 11, 830-840 (1970).
- COLACICCHI, R.: « Osservazioni stratigrafiche sul Miocene del confine marchigiano-abruzzese », *Boll. Soc. Geol. Ital.* 77, 59-69 (1959).
- COLACICCHI, R.: « La facies di transizione della Marsica nord-orientale. I - Serie della Serra Sparvera e della Rocca di Chiarano », *Geol. Rom.*, 3, 93-124 (1964).

- COLACICCHI, R.: « Le caratteristiche della facies abruzzese alla luce delle moderne indagini geologiche », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 5, 1-18 (1966).
- COLACICCHI, R.: « La facies di transizione a livello del Lias nella Marsica orientale. Sezione della Serra Rufigno », *Riv. Ital. Paleontol.*, 73, 759-808 (1967).
- COLACICCHI, R.: « Geologia della Marsica orientale », *Geol. Rom.*, 6, 189-316 (1967).
- COLACICCHI, R.; PASSERI, L. & PIALLI, G.: « Nuovi dati sul Giurese Umbro-Marchigiano ed ipotesi per un suo inquadramento regionale », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 9, 839-874 (1970).
- COLACICCHI, R. & PRATURLON, A.: « Stratigraphical and paleogeographical investigations on the Mesozoic shelf-edge facies in Eastern Marsica (Central Apennines, Italy) », *Geol. Rom.*, 4, 89-118 (1965).
- CONFORTO, B.: « Contributo alla conoscenza delle formazioni 'flyshicoidi' del Lazio », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 75, 95-108 (1957).
- CRESCENTI, U.: « Sulla biostratigrafia del Miocene affiorante al confine marchigiano-abruzzese », *Geol. Rom.*, 5, 1-54 (1966).
- CRESCENTI, U.: « Biostratigrafia delle facies mesozoiche dell'Appennino centrale: correlazioni », *Geol. Rom.*, 8, 15-40 (1969).
- CRESCENTI, U.: « Stratigrafia della serie calcarea dal Lias al Miocene nella regione marchigiano-abruzzese. Parte I - Descrizione delle serie stratigrafiche », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 8, 155-204 (1969).
- CRESCENTI, U.: « Sul limite Miocene-Pliocene in Italia », *Geol. Rom.*, 10, 1-22 (1971 a).
- CRESCENTI, U.: « Osservazioni sul Pliocene degli Abruzzi settentrionali: la trasgressione del Pliocene medio e superiore », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 90, 3-21 (1971 b).
- CRESCENTI, U.; CROSTELLA, A.; DONZELLI, G. & RAFFI, G.: « Stratigrafia della serie calcarea dal Lias al Miocene nella regione Marchigiano-Abruzzese. Parte II - Litostratigrafia, Biostratigrafia, Paleogeografia », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 8, 343-420 (1969).
- CROSTELLA, A.: « Rapporti fra serie autoctona e serie alloctone nell'alto Aventino (Abruzzi sud-orientali) », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 6, 121-136 (1967).
- DALLAN NARDI, L.; ELTER, P. & NARDI, R.: « Considerazioni sull'arco dell'Appennino settentrionale e sulla 'linea' Ancona-Anzio », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 90, 203-211 (1971).
- D'ARGENIO, B.: « Zone isopiche e faglie trascorrenti nell'Appennino centro-meridionale », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 5, 279-299 (1966).
- D'ARGENIO, B.: « Evoluzione geotettonica comparata tra alcune piattaforme carbonatiche dei Mediterranei Europeo ed Americano », *Atti Accad. Pontaniana*, n.s., 20, n. 34 (1970).
- D'ARGENIO, B.; PESCATORE, T. & SCANDONE, P.: « Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania) », *Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino, Convegno Roma 1972*; su: *Quad. Accad. Naz. Lincei*, 183, 49-72 (1973).
- D'ARGENIO, B.; RADOICIC, R. & SGROSSO, I.: « A paleogeographic section through the Italo-Dinaric external zones during Jurassic and Cretaceous times », *Symposium on Exploration for Oil and Gas Deposits in the Adriatic Sea and Outer Dinarides Zones, Zadar, 1971*.
- DEMANGEOT, J.: « L'arc abruzzais externe, étude tectonique », *Ric. Sci.*, 21, 904-939 (1951).
- DEMANGEOT, J.: « Géomorphologie des Abruzzes adriatiques », *Mem. Doc. Centre Rech. Sci.*, p. 403 (Paris, 1965).
- DEVOTO, G.: « Il passaggio Cretaceo-Paleocene nei Monti Lepini e il problema relativo a *Keramosphaera tergestina* (Foraminifera) », *Geol. Rom.*, 3, 49-64 (1964).
- DEVOTO, G.: « Zone ad Alveolinidae nel Cretaceo e Paleocene del Lazio ed Abruzzo centro-meridionali », *Geol. Rom.*, 3, 405-414 (1964).
- DEVOTO, G.: « Lacustrine Pleistocene in the lower Liri Valley (Southern Latium) », *Geol. Rom.*, 4, 291-368 (1965).
- DEVOTO, G.: « Le breccie calcaree mioceniche nell'alta Valle Roveto, fra Castellafiume e Canistro (Frosinone, Lazio meridionale) », *Geol. Rom.*, 6, 75-86 (1967).
- DEVOTO, G.: « Note geologiche sul settore centrale dei Monti Simbruini ed Ernici (Lazio nord-orientale) », *Boll. Soc. Nat. Napoli*, 76, 1-112 (1967).
- DEVOTO, G.: « Sguardo geologico dei Monti Simbruini (Lazio nord-orientale) », *Geol. Rom.*, 9, 127-136 (1970).
- DEVOTO, G. & PAROTTO, M.: « Note geologiche sui rilievi tra Monte Crepacuore e Monte Ortara (Monti Ernici-Lazio nord-orientale) », *Geol. Rom.*, 6, 145-164 (1967).
- DEVOTO, G. & PRATURLON, A.: « L'Appennino Centrale », *Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino, Convegno Roma 1972*. su: *Quad. Accad. Naz. Lincei*, 183, 83-90 (1973).
- DI NAPOLI ALLIATA, E.: « Il Miocene superiore nella Valle dell'Orte presso Bolognano (Pescara) », *Geol. Rom.*, 3, 3-40 (1964).
- DISCENDENTI, A.; FRISON, G.; NIOLETTI, M. & TADDEUCCI, A.: « La trasgressione miocenica nella zona di Rocca di Cave (M. Prenestini). Caratterizzazione geochimica-sedimentologica e datazione K-Ar per mezzo della glauconite », *Rend. Soc. Ital. Mineral. Petrogr.*, 28, 423-446 (1972).
- DONDI, L.; PAPETTI, I. & TEDESCHI, D.: « Contributo alle conoscenze del Mesozoico del sottosuolo abruzzese », *Geol. Rom.*, 5, 69-98 (1966 a).

- DONDI, L.; PAPETTI, I. & TEDESCHI, D.: « Stratigrafia del Pozzo Trevi 1 (Lazio) », *Geol. Rom.*, 5, 249-262 (1966 b).
- E.N.I.: *Acque dolci sotterranee. Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di idrocarburi in Italia* (Roma, 1972).
- EVERNDEN, J. F. & CURTIS, G. H.: « The potassium-argon dating of late Cenozoic rocks in East Africa and Italy », *Curr. Anthropol.*, 6, 343-385 (1965).
- FABIANI, R. & SEGRE, A. G.: « Schema strutturale della Regione Italiana », *Suppl. Ric. Sci.*, 22, 7-23 (1952).
- FANCELLI, R.; GHELARDONI, R. & PAVAN, G.: « Considerazioni sull'assetto tettonico dell'Appennino calcareo centro-meridionale », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 5, 67-90 (1966).
- FARINACCI, A.: « Le microfasi giurassiche dei Monti Martani », *Pubbl. Ist. Geol. Paleontol. Univ. Roma*, 41, p. 61 (1959).
- FARINACCI, A.: « Breccias and laminated dolomites of the Gavignano exposure », *Geol. Rom.*, 4, 129-144 (1965).
- FARINACCI, A.: « La serie giurassico-neocomiana di Monte Lacerone (Sabina). Nuove vedute sull'interpretazione paleogeografica delle aree di facies umbromarchigiana », *Geol. Rom.*, 6, 421-480 (1967).
- FARINACCI, A.: « Età, batimetria, temperatura, sedimentazione e subsidenza nelle serie carbonatiche dell'intrageoanticlinale mesozoica umbromarchigiana », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 89, 317-332 (1970).
- FARINACCI, A. & RADOICIC, R.: « Correlazione fra serie giurassiche e cretacee dell'Appennino centrale e delle Dinaridi esterne », *Ric. sci.*, 34(II-A), vol. 7, 269-300 (1964).
- FAZZINI, P.: « Le geologie dei Monti d'Amelia (TR). Stratigrafia e Tettonica », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 7, 441-469 (1968).
- FAZZINI, P.; GELMINI, R.; MANTOVANI, M. P. & PELLEGRENI, M.: « Geologia dei Monti della Tolfa (Lazio settentrionale; province di Viterbo e Roma) », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 11, 65-144 (1972).
- FOLLADOR, U.: « Il Pliocene e il Pleistocene dell'Italia centro-meridionale, versante adriatico. Biostratigrafia », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 86, 565-584 (1967).
- FORNASERI, M.; SCHERILLO, A. & VENTRIGLIA, U.: *La regione vulcanica dei Colli Albani. Vulcano Laziale* (Roma, Tip. Bardi, 1963).
- FUNICIELLO, R. & FULCHIGNONI, M.: « First remarks on the abundance and structure of cosmic spherules in Central Italy sediments », *Geol. Rom.*, 8, 117-128 (1969).
- FUNICIELLO, R. & PAROTTO, M.: « Studio idrogeologico del versante meridionale del Monte Artemisio », *Geol. Rom.*, 7, 107-140 (1968).
- GIANNETTI, B.: « Contributo alla conoscenza delle lave leucitiche e delle piroclastiti della cinta calderica di Roccamonfina e petrochimica del complesso vulcanico », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 9, 497-556 (1970).
- GIANNINI, E.; LAZZAROTTO, A. & ZAMPI, M.: « Studio stratigrafico e micropaleontologico del Giurassico della Montagna dei Fiori (Ascoli Piceno-Teramo) », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 9, 29-53 (1970).
- GIROTTI, O.: « Considerazioni geologiche sul Plio-Pleistocene del bacino inferiore della Nera », *Atti Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania*, s. 6, 18, 27-32 (1967).
- GIROTTI, O.: « Note sulla stratigrafia e sulla tettonica delle formazioni mioceniche dell'Ascolano », *Atti Accad. Naz. Lincei, Rend.*, s. 8, 44, 827-832 (1968).
- GIROTTI, O.: « Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 133-134, Ascoli Piceno-Giulianova », *Serv. Geol. d'Italia* (1969).
- GIROTTI, O.: « Correlabilità, mediante molluschi d'acqua dolce, del Calabrian di M. Mario (Roma) col Villafranchiano superiore », *Geol. Rom.*, 11, 229-235 (1972).
- GIROTTI, O. & PAROTTO, M.: « Mio-Pliocene di Ascoli Piceno », *Atti Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania*, s. 7, 1, 127-174 (1969).
- IPPOLITO, F. & LUCINI, P.: « Il flysch nell'Appennino meridionale », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 75, 139-167 (1957).
- JENKINS, H. C.: « The genesis of condensed sequences in the Tethyan Jurassic », *Lethaia*, p. 327-352 (Oslo, 1971).
- LA MONICA, G. B.: « Caratteristiche granulometriche e sedimentologiche delle arenarie di Torrice (Frosinone, Lazio meridionale) », *Atti Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania*, s. 6, 18, 285-312 (1966).
- LOMBARDI, L.: « Il Pozzo Fogliano nei pressi di Latina e la paleogeografia dell'area », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 87, 13-18 (1968).
- LOTTI, B.: « Descrizione geologica dell'Umbria », *Mem. descr. Carta Geol. d'Italia*, 21, p. 320 (1926).
- MALARODA, R. & RAIMONDI, C.: « Linee di dislocazione e sismicità in Italia », *Boll. Geod. Sci. Aff.*, 16, 273-323 (1957).
- MANFREDINI, A.: « Studio geofisico del Circeo », *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, 75, 313-328 (1953).
- MANFREDINI, M.: « Osservazioni sul Promontorio Circeo (Latina) », *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, 75, 271-278 (1953).
- MANFREDINI, M.: « Schema dell'evoluzione tettonica della penisola italiana », *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, 84, 101-130 (1963).
- MANFREDINI, M.: « Sui rapporti fra facies abruzzese e facies umbra nell'Appennino centro-meridionale », *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, 86, 87-112 (1966).

- MANFREDINI, M. & MANGANELLI, V.: « Alcune considerazioni sulla tettonica dell'area di facies umbra (Appennino Centrale) », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 8, 1015-1026 (1969).
- MANGANELLI, V. & TILIA ZUCCARI, A.: « Nuovi dati stratigrafici e strutturali dei Monti di Spoleto (Umbria) », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 88, 391-417 (1969).
- MARCHESINI, E.: « Studio geologico del Monte Conero (Ancona) », *G. Geol.*, 18, 5-28 (1946).
- MARINELLI, G.: « Genèse des magmas du volcanisme plio-quadernaire des Apennins », *Geol. Rundsch.*, 57, 127-141 (Stuttgart, 1967).
- MARINELLI, G. & MITTEMPERGHER, M.: « On the genesis of some magmas of typical Mediterranean (potassic) suite », *Bull. Vulcanol.*, 29, 113-140 (1966).
- MARTINIS, B. & PIERI, M.: « Alcune notizie sulle formazioni evaporitiche del Triassico superiore nell'Italia centrale e meridionale », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 4, 649-678 (1964).
- MATTIAS, P. P. & VENTRIGLIA, U.: « La regione vulcanica dei Monti Sabatini e Cimini », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 9, 331-384 (1970).
- MAXIA, C.: « Lineamenti stratigrafici e tettonici dei Monti Prenestini (Lazio) », *Ric. sci.*, 24, 1232-1236 (1954).
- MAXIA, C.: *Bibliografia geologica d'Italia. Vol. I, Lazio*, p. 174 (Napoli, CNR, 1956).
- MERLA, G.: « Geologia dell'Appennino settentrionale », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 70, 92-382 (1952).
- MORELLI, C.: « Gravità e tettonica nelle Marche e negli Abruzzi settentrionali », *Publ. Ist. Naz. Geofis.*, 311, 3-41 (1955).
- MORUZZI, G. & FOLLADOR, U.: « Il Miocene superiore ed il Pliocene inferiore della zona dello Scoglio del Trave (tra Ancona ed il Monte Conero - Marche) e loro inquadramento geologico regionale », *Geol. Rom.*, 12, 129-149 (1973).
- MUTTI, E. & RICCI LUCCHI, F.: « Le torbiditi dell'Appennino settentrionale: introduzione all'analisi di facies », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 11, 161-199 (1972).
- NEGRETTO, G. C.: « Appunti sulla geologia della regione di Cori-Artena-Colleferro (Lazio). I - La posizione stratigrafica del calcare 'Nummulitico' dei dintorni di Colleferro », *Suppl. Ric. Sci.*, 3, 47-60 (1954).
- NEGRETTO, G. C.: « Appunti sulla evoluzione paleogeografica della Valle Latina settentrionale dal Cretaceo superiore al Miocene superiore con particolare riguardo alla trasgressione miocenica », *Publ. Ist. Geol. Paleontol. Univ. Roma*, n. 27 (1957).
- NEGRETTO, G. C. & MORBIDELLI, L.: « Studio geopetrografico del complesso vulcanico Tolfetano-Cerite (Lazio). III - Le manifestazioni vulcaniche acide del settore Cerite », *Atti Ist. Petrogr. Univ. Roma* (1963).
- NEGRETTO, G. C.; LOMBARDI, G. & MORBIDELLI, L.: « Studio geopetrografico del complesso vulcanico Tolfetano-Cerite (Lazio). IV - Le manifestazioni vulcaniche acide del settore Civitavecchia-Tolfetano », *Atti Ist. Petrogr. Univ. Roma* (1966).
- NICOLETTI, M.: « Datazioni argon-potassio di alcune vulcaniti delle regioni vulcaniche Cimina e Vicana », *Period. Mineral.*, 38, 1-20 (1969).
- NIJMAN, W.: « Tectonics of the Velino-Sirente area, Abruzzi, Central Italy », *K. Ned. Akad. Wet., Proc.*, B, 74, 156-184 (Amsterdam, 1971).
- NOVARESE, V.: « Trivellazione profonda nell'Agro Pontino », *Boll. Uff. Geol. d'Italia*, 55 (nota 11) (1930).
- OGNIBEN, L.: « Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 8, 453-763 (1969).
- PARADISI, A. & SIRNA, G.: « Osservazioni geologiche e paleontologiche sulla struttura compresa tra la Vallelonga e la Valle del Sangro (Marsica Occidentale) », *Geol. Rom.*, 4, 145-160 (1965).
- PAROTTO, M.: « Stratigraphy and tectonics of the Eastern Simbruini and Western Marsica ranges (Central Apennines, Italy) », *Atti Accad. Naz. Lincei, Rend.*, s. 8, 10, 9-170 (1971).
- PASSERI, L.: « Stratigrafia e sedimentologia dei calcari giurassici del M. Cucco (Appennino umbro) », *Geol. Rom.*, 10, 93-130 (1971).
- PASSERINI, P.: « Il Monte Cetona (Provincia di Siena) », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 83, 219-338 (1965).
- PIALLI, G.: « Geologia delle formazioni giuresi dei monti ad Est di Foligno (Appennino umbro) », *Geol. Rom.*, 9, 1-30 (1970).
- PIERI, M.: « Tentativo di ricostruzione paleogeografico-strutturale dell'Italia centro-meridionale », *Geol. Rom.*, 5, 407-424 (1966).
- PIERI, M.: « Exploration for oil and gas in Italy », in: HEPPLE, P.: *The exploration for petroleum in Europe and North Africa* (London, Institute of Petroleum, 1969).
- PRATURLON, A.: « Algal assemblages from Lias to Paleocene in Southern Latium-Abruzzi: a review », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 85, 167-194 (1966).
- PRATURLON, A.: « Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 152 Sora », *Serv. Geol. d'Italia* (1968).
- SACCO, F.: « Gli Abruzzi, schema geologico », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 26, 377-460 (1907).
- SACCO, F.: « Le direttrici tettoniche trasversali dell'Appennino », *Materie prime dell'Italia e dell'Impero*, 9, 433-437 (1937).
- SCARSELLA, F.: « Sulla zona d'incontro dell'Umbria e dell'Abruzzo », *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, 71, 155-165 (1951).

- SCARSELLA, F.: « Un aggruppamento di pieghe dell'Appennino umbro-marchigiano », *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, **73**, 309-320 (1952).
- SCARSELLA, F.: « Relazioni preliminari sui rilevamenti geologici fatti durante il 1953 nei Fogli L'Aquila, Teramo, Civitavecchia, Ariano Arpino », *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, **75**, 795-807 (1954).
- SCARSELLA, F.: « Su alcune corrispondenze tra rilievo geologico e rilievo gravimetrico nelle Marche, nell'Umbria e negli Abruzzi », *Pubbl. Ist. Naz. Geofs.*, **311**, 43-47 (1955).
- SCARSELLA, F.: « I rapporti tra i massicci calcarei mesozoici ed il flysch nell'Appennino centro-meridionale », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **75**, 115-137 (1957).
- SCARSELLA, F.: « Guida delle escursioni », *60^a Riunione estiva - L'Aquila, 13-19 settembre 1959* (Roma, 1959).
- SCARSELLA, F.: « Il rilevamento geologico del Gran Sasso d'Italia », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **76**, 64-68 (1957).
- SCARSELLA, F.: « Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia. F. 172 Caserta. In appendice: ' Vulcano di Roccamonfina ', a cura di C. BERGOMI e V. MANGANELLI », *Serv. Geol. d'Italia* (1971).
- SEGRE, A. G.: « Sulla struttura dell'arco abruzzese interno », *Suppl. Ric. Sci.*, **1**, 98-110 (1950).
- SEGRE, A. G.: « Morfologia e geologia », in: ZAVATTARI *et al.*: *Biogeografia dell'Isola di Zannone*, *Rend. Accad. Naz. dei XL*, s. 4, 4-5, 7-22 (1953-54).
- SEIDLITZ, W. VON: *Diskordanz und Orogenese der Gebirge am Mittelmeer* (Berlin, Borntraeger, 1931).
- SELLI, R.: « I caratteri geologici della regione marchigiana », *G. Geol.*, **21**, 99-125 (1951).
- SELLI, R.: « Il bacino del Metauro », *G. Geol.*, **24**, p. 214 (1954).
- SELLI, R.: « Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale », *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **3**, 737-790 (1962).
- SIGNORINI, R.: « Risultati geologici della perforazione eseguita dall'AGIP alla Mostra autarchica del Minerale nel Circo Massimo di Roma », *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **58**, 60-63 (1939).
- TRIGILA, R.: « Sulla genesi dei magmi a carattere mediterraneo. Nota I - Il comportamento dei litotipi del settore vulcanico di Latera con riferimento al modello di differenziazione per cristallizzazione frazionata », *Period. Mineral.*, **38**, 625-654 (1969).
- WIJKERSLOOTH, P. DE: *Bau und Entwicklung des Apennins, besonders der Gebirge Toscanas* (Amsterdam Geol. Instituut, 1934).
- ZAMPARELLI, V.: « La successione stratigrafica dal Giurassico superiore al Cretaceo medio nel versante meridionale di Pizzo Cefalone (Gran Sasso d'Italia) », *Boll. Soc. Naturalisti Napoli*, **72**, 161-167 (1964).