

I LIVELLI DOLOMITICO-ANIDRITICI NELLE UNITA' QUARZITICO-FILLADICHE DEL SOTTOSUOLO DI LARDERELLO, TRAVALE E BOCCHEGGIANO: OSSERVAZIONI E CONFRONTI

Riassunto

Abstract

1. Introduzione
 2. Dati petrografici della Formazione di Boccheggiano
 3. Dati geochimici della Formazione di Boccheggiano
 4. Conclusioni
- Riferimenti bibliografici

RIASSUNTO

La "Formazione di Boccheggiano" é costituita dall' alternanza di due principali insiemi di litotipi: 1) filladi quarzítico-dolomitiche, quarziti filladico-dolomitiche, filladi quarzítiche grafitose, dolomie; 2) filladi albitiche, metagreywacke, cloritoscisti, anidriti e dolomie. Nessuna delle litologie clastiche presenta analogie petrografiche o chimiche con il Verrucano toscano. Nelle anidriti e dolomie sono presenti fini intercalazioni di rocce vulcaniche e vulcanoclastiche, riferite ad eventi magmatici paleozoici, che indicano chiaramente una contemporaneità di formazione di tutti i litotipi. Si ritiene pertanto che i livelli anidritici presenti nelle unità pre- sudetiche della Toscana non possano essere univocamente interpretate come scaglie tettoniche triassiche.

ABSTRACT

The "Formazione di Boccheggiano" consists of two main rock assemblages: 1) Quartz-dolomite-phyllite, dolomite-bearing phyllitic quartzite, graphite-bearing quartz-phyllite, dolostone; 2) albite-phyllite, metagreywacke, chloritochist, anhydrite and dolostone. The clastic rocks do not show either petrographic or chemical similarity with the Triassic Verrucano. Very fine (few mm) intercalations of volcanic and volcanoclastic rocks occur within anhydrite and dolostone, pointing to a contemporary formation of sediments and volcanites attributed to a Paleozoic magmatic event. These evidences leave some doubts about a univocal interpretation of the anhydrite and dolostone levels as tectonic wedges within the pre-Sudetic units.

PAROLE CHIAVE: Trias, Paleozoico, evaporiti

KEY WORDS: Triassic, Paleozoic, evaporite

1. INTRODUZIONE

Nei sondaggi geotermici della zona di Travale sono stati attraversati numerosi livelli di rocce dolomitiche e

anidritiche, intercalati in rocce filladiche e quarzítiche. I diversi litotipi furono riuniti in una formazione di età incerta, ma probabilmente devoniana ("Formazione di Boccheggiano" di BAGNOLI *et al.*, 1980) e correlata con i complessi filladici con dolomie e anidriti intercalate, presenti nel sottosuolo della zona mineraria della Toscana meridionale e già descritti da VIGHI (1966). Altri autori (es. COSTANTINI *et al.*, 1991; ELTER & PANDELI, 1990) ritengono triassici i livelli dolomitico-anidritici nelle filladi, interpretandoli come scaglie tettoniche intercalate in unità pre- e post-sudetiche. Le due ipotesi possono portare a differenti modelli strutturali della zona geotermica di Larderello. I livelli dolomitico-anidritici sono presenti, nei sondaggi geotermici, a profondità variabili tra 1000 e 3500 m e si intercalano a diversi litotipi, tra cui anche rocche gneissiche, come dimostrato dal sondaggio "SELVA 4A", a Larderello. Se tutte le dolomie e anidriti fossero triassiche e la loro intercalazione con rocce paleozoiche fosse una sicura indicazione di scagliatura tettonica, anche il "Complesso degli Gneiss" (interpretato come il vero basamento dell' avanzaese appenninico, interessato solo da eventi deformativi ercinici, BERTINI *et al.*, 1991), sarebbe stato invece coinvolto in eventi alpini di impilamento tettonico. Nella presente nota verranno esposti i dati petrografici e geochimici che fanno ritenere verosimile l' appartenenza dei livelli dolomitico-anidritici della zona di Travale e Boccheggiano alla "Formazione di Boccheggiano" (come definita da BAGNOLI *et al.*, 1980). Una revisione dei sondaggi della zona di Travale ha inoltre permesso la definizione di un assetto strutturale migliore di quanto proposto precedentemente (GIANELLI *et al.*, 1978).

2. DATI PETROGRAFICI DELLA FORMAZIONE DI BOCCHEGGIANO

MARTINI *et al.* (1989) attribuiscono al Carnico-Norico le lenti di dolomie e anidriti al contatto tra le Filladi di Boccheggiano della zona mineraria della Toscana meridionale, e i Flysch alloctoni delle Unità Liguri. Gli stessi autori estendono l' età triassica alle Filladi di Boccheggiano, ritenute in contatto stratigrafico transizionale con dolomie e anidriti. Quest' ultima conclusione non si ritiene corretta, sia su basi petrografiche e geochimiche, come si dirà in seguito, che strutturali, in quanto le filladi e quarziti presentano una scistosità ercinica relitta e vanno pertanto attribuite al Pre- sudetico (BAGNOLI *et al.*, 1980). MARTINI *et al.* (1989) hanno in realtà datato dei livelli triassici



Fig. 1 - Dolomia filladico-grafitosa. Pozzo Anqua, profondita' 1136 m dal piano campagna.

sottostanti le Unità Liguri, ma in contatto tettonico con un complesso metamorfico quarzítico-filladico, talora includente livelli dolomitici e anidritici.

Data l'incerta posizione stratigrafica della "Formazione di Boccheggiano", le analisi petrografiche e geochemiche possono fornire elementi utili alla definizione.

La "Formazione di Boccheggiano" é costituita dai seguenti litotipi:

— Quarziti filladiche dolomitiche, filladi quarzítiche grafítose intercalate a dolomie in livelli di spessore variabile da qualche cm a pochi mm (Fig 1). L' anidrite é accessoria o mancante. La parte quarzítico-filladica di questa associazione (che possiamo chiamare per comodità "B-a") presenta analogie con alcuni livelli di scisti grafítosi paleozoici delle Alpi Apuane e relativi livelli dolomitici ("Scisti grafítosi e liditi"/"Dolomie ad Orthoceras", vedi PANDELI *et al.*, 1993). Tuttavia una sicura correlazione non é possibile.

— Filladi albitiche, cloritoscisti, "Scisti verdi" (clorite, quarzo, albite, epidoto, muscovite, calcite ± biotite), livelli

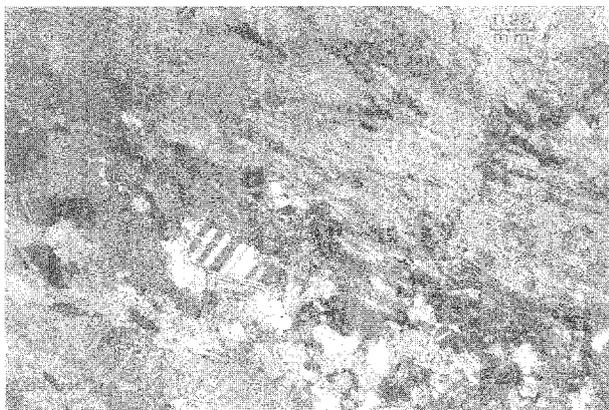


Fig. 2 - Fillade quarzítico-dolomitica con lenti anidritiche. Si notino i cristalli di solfato deformati e allungati secondo la scistosita' S2. Pozzo Boccheggiano 197, progressiva 537.

dolomitico-anidritici, con locale prevalenza di anidrite. Questa associazione sarà chiamata, per motivi di comodo, "B-b".

Entrambe le associazioni presentano scarse analogie con le rocce triassiche della Toscana: in particolare, per "B-a" l' abbondanza di grafite é un buon elemento discriminante. Per quanto riguarda "B-b" si può notare l' abbondanza di "Scisti verdi", chimicamente rivelatisi delle metabasiti, talora finemente intercalati con le anidriti (Fig. 2). Questa associazione é sconosciuta nel Trias toscano. Metabasiti associate a calcari Triassici si trovano nella zona di La Spezia (ELTER & FEDERICI, 1964; MARTINI *et al.*, 1986), ma, come si dirà oltre, il chimismo delle rocce terrigene associate (FRANCESCHELLI *et al.*, 1987) non é confrontabile con quella della "Formazione di Boccheggiano".



Fig. 3 - Relitto di fillade grafítosa avvolto dalla scistosita' S2 alpina. Pozzo Anqua, 1246 m dal piano campagna.

Da un punto di vista strutturale, sia in "B-a" che in "B-b", si osservano due scistosità sin-metamorfiche (S1 e S2), corrispondenti alle due principali fasi scistogene alpine (ELTER & PANDELI, 1991) che si riscontrano anche nei livelli di filladi intercalate con le anidriti. Nella miniera di Niccioleta DECHOMET (1983) nota anche la presenza di una stratificazione relitta S0, subparallela a S1. Localmente (pozzo "Anqua", 1246 m, nella zona di Travale) si osservano relitti di scisti tagliati da S2 e probabilmente deformati prima di S1 (Fig. 3). Queste evidenze strutturali contribuiscono a far ritenere pre-sudetica la "Formazione di Boccheggiano". Le rocce della "Formazione di Boccheggiano" presentano frequenti evidenze di processi metasomatici ed idrotermali. Questi sono estremamente diffusi nelle zone minerarie, con la presenza di skarn a temperature superiori a 400-550°C (DALLEGNO *et al.*, 1979) e un' alterazione idrotermale sotto condizioni di temperatura comprese tra circa 350 e 150°C. Tra i caratteri di questa alterazione si sottolinea una diffusa adularizzazione negli scisti e la formazione di miche bianche potassiche secondarie nei livelli carbonatici. L' adularizzazione ha importanza nella valutazione dei dati chimici (vedi oltre). Le miche bianche potassiche si posso-

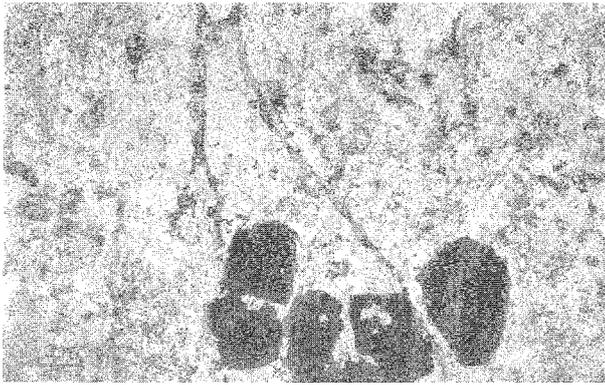


Fig. 4 - Pirite e "sericite" microcristallina idrotermali, presenti in un calcare dolomitico brecciato. Pozzo Boccheggiano 197, progressiva 466.

no localmente originare in livelli di breccie, in parte dovute a dissoluzione del carbonato (Fig. 4).

Nell' area geotermica le rocce della "Formazione di Boccheggiano" presentano un metamorfismo meno sviluppato. Nella parte inferiore del sondaggio "Travale Chiusdino 1", ad esempio, si osserva un termometamorfismo post-cinematico con formazione di biotite verde-bruna su clorite alpina (GIANELLI *et al.*, 1978).

3. DATI GEOCHIMICI DELLA FORMAZIONE DI BOCHEGGIANO

Da un punto di vista chimico le rocce filladiche della "Formazione di Boccheggiano" mostrano le seguenti caratteristiche:

— le filladi cloritiche e le metatufiti presenti in "B-b" mostrano una certa affinità chimica rispettivamente con le "Filladi inferiori" e le "Metabasiti della Valle del Giardino" (BAGNOLI *et al.*, 1980).

— le filladi presenti in "B-a" sono chimicamente simili a rocce analoghe appartenenti al "Gruppo di Buti". Queste affinità chimiche sono state ampiamente dimostrate da numerose analisi (PUXEDDU *et al.*, 1984). Recentemente GIANELLI & ROSSINI (1991), mediante analisi discriminante (PCA), hanno dimostrato una significativa diversità tra le rocce terrigene del Trias dei Monti Pisani e le rocce filladiche della "Formazione di Boccheggiano" (Fig. 5a-b). A complemento dei risultati di GIANELLI & ROSSINI (1991) si può aggiungere che anche le rocce silicoclastiche del Trias di Punta Bianca, associate a dolomie e metavulcaniti basiche, sono chimicamente diverse dalle rocce della "Formazione di Boccheggiano". Si faccia riferimento, al riguardo, alle analisi eseguite da FRANCESCHELLI *et al.* (1987) e le si confrontino con quelle di PUXEDDU *et al.* (1984). VERRUCHI *et al.* (1992) giungono invece a conclusioni diverse e trovano una affinità chimica tra le rocce del Verrucano triassico e gli scisti associati alle

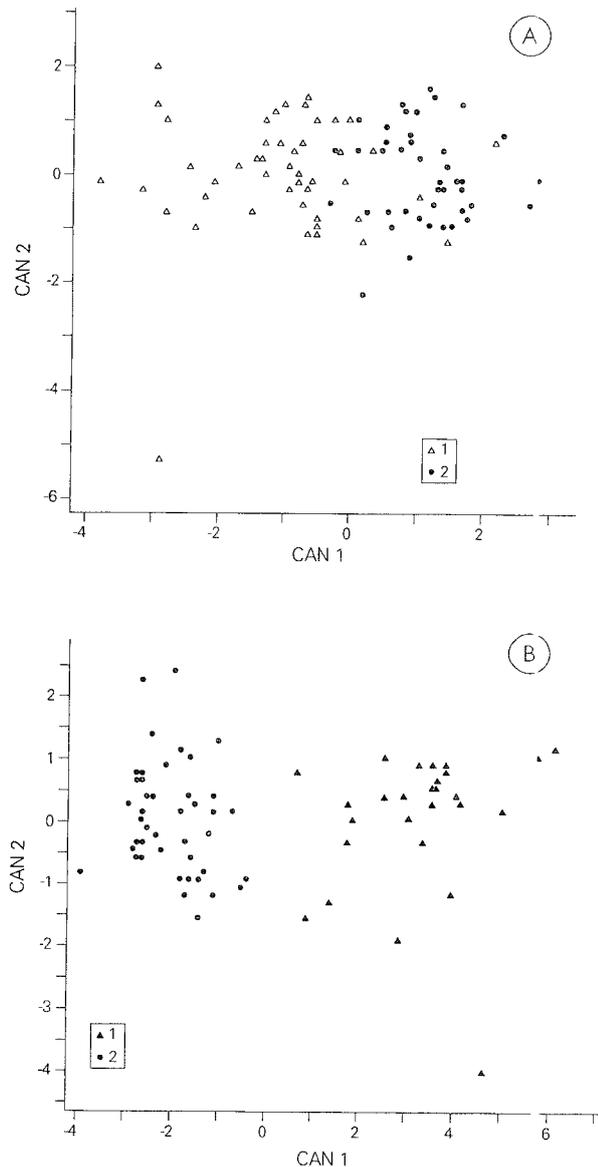


Fig.5 - Risultati della analisi discriminante (PCA) applicata ai dati chimici (elementi maggiori) dei litotipi filladici del Verrucano e della Formazione di Boccheggiano. A: 1 - Litotipi della Formazione di Boccheggiano descritti come B-a nel testo; 2 - filladi del Verrucano. B: 1 - Filladi del Verrucano; 2 - Litotipi della Formazione di Boccheggiano descritti come B-b nel testo. CAN1 e CAN2 sono la prima e la seconda variabile canonica rispettivamente. (Da GIANELLI & ROSSINI, 1991).

dolomie e anidriti della "Formazione di Boccheggiano". Questa affinità chimica può tuttavia essere conseguenza della alterazione idrotermale, diffusa nei campioni della zona metallifera toscana. DECHOMET (1983) e PUXEDDU *et al.* (1984) hanno segnalato la difficoltà di interpretare i dati chimici dei campioni provenienti dalle zone minerarie della Toscana a causa di una diffusa metasomatosi potassica (adularizzazione) e hanno sottolineato, in particolare, l'acquisizione di bassi valori del parametro chimico $Si/3-(Na+K)$ e alti contenuti in Ba (1000-2200 ppm) da parte di filladi albitico-cloritiche fortemente adularizzate.

Gli elementi in tracce non danno un contributo efficace

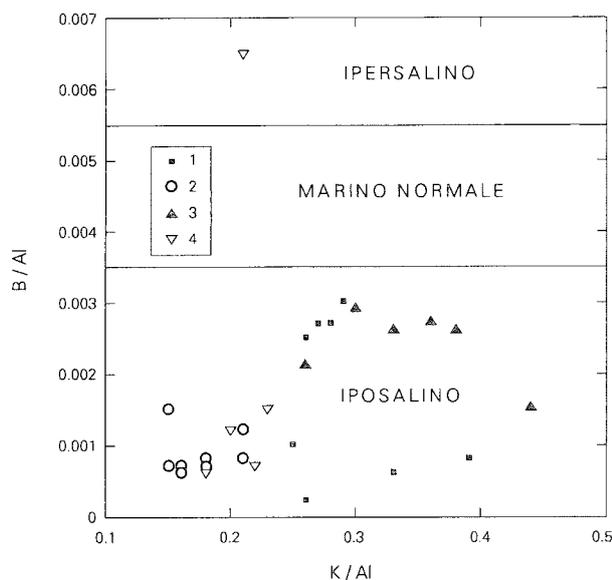


Fig. 6 - Diagramma dei rapporti atomici B/Al - K/Al per alcune rocce del Paleozoico toscano. 1) Quarziti e filladi di Buti. 2) Filladi inferiori. 3) Formazione di Boccheggiano, litotipi B-a. 4) Formazione di Boccheggiano, litotipi B-b.

alla discriminazione tra le rocce del Verrucano triassico e la "Formazione di Boccheggiano". Le poche analisi di boro (Fig. 6), elemento indicatore di condizioni evaporitiche, anche in serie pelitiche metamorfiche (MOINE *et al.*, 1981), indicano che gli scisti della "Formazione di Boccheggiano" non ebbero origine in un ambiente ipersalino. Un ambiente con salinità variabile da iposalina a ipersalina è invece indicato dalle analisi di boro riportate da DECHAMPS (1980), e relativo a sedimenti del Verrucano triassico dell' Isola d' Elba.

Studi geochimico-isotopici non hanno contribuito a chiarire l'età delle anidriti della "Formazione di Boccheggiano". CORTECCI *et al.* (1983) trovano valori omogenei di ^{34}S per i solfati associati alle mineralizzazioni "strata bound" della Toscana. Il valore misurato (mediamente $^{34}\text{S} = 16$ per mille) può essere in accordo sia con un'età triassica che devoniana inferiore (CLAYPOOL *et al.*, 1980). I valori di $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ delle anidriti della "Formazione di Boccheggiano" ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70829 \pm 0.00049$) e di quelle della "Formazione di Burano" ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.708305 \pm 0.000386$), analizzati da SCHNEIDER GRAZIOSI (1986), non possono essere utilizzati per discriminare tra le due unità litostratigrafiche.

Un confronto con i valori del rapporto $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del Fanerozoico (BURKE *et al.*, 1982) non permette di escludere un'età devoniana od ordoviciana per la "Formazione di Boccheggiano" (SCHNEIDER GRAZIOSI, 1986).

I livelli calcarei rinvenuti negli Gneiss, come nel pozzo "Selva 4", sono costituiti da rocce dolomitico-anidritiche con intercalati livelli a biotite, quarzo, clorite e muscovite. Queste rocce sono interessate da un metamorfismo post-tettonico di alta temperatura, con sviluppo di olivina, pirosseno diopsidico, granato, flogopite, clorite in equili-

brio con dolomite e anidrite. Le rocce gneissiche associate a queste dolomie presentano un metamorfismo di alto grado, con sviluppo di andalusite, sillimanite e biotite, riconducibili a eventi metamorfici ercinici di alta temperatura e bassa pressione (PANDELI *et al.*, 1993). I rapporti strutturali tra Gneiss e dolomie sfortunatamente non sono chiari. Le interpretazioni possibili sono diverse: 1) le dolomie rappresentano intercalazioni sedimentarie nei paragneiss e sono coinvolte nell'orogenesi ercinica, ma non in quella alpina; 2) le dolomie rappresentano una scaglia tettonica della "Formazione di Boccheggiano" o di unità triassiche, dentro gli gneiss, metamorfosata dopo gli eventi deformativi alpini da un rialzo termico collegato a intrusioni granitiche.

4. CONCLUSIONI

La "Formazione di Boccheggiano" fu definita "incertae sedis", ma probabilmente paleozoica, da BAGNOLI *et al.* (1980). Non si ritiene che siano stati successivamente acquisiti dati tali da poter chiarire meglio l'età di questa formazione. La conclusione di ELTER & PANDELI (1990) e COSTANTINI *et al.* (1991) che la "Formazione di Boccheggiano" sia in realtà un'intercalazione tettonica di anidriti triassiche in unità quarziteo-filladiche paleozoiche, non è sostenuta da dati petrografici e geochimici (elementi maggiori). Si ritiene quindi che i livelli anidritici nei complessi metamorfici pre-sudetici della Toscana non possano essere interpretati in modo univoco come sicuri e facili indicatori della presenza di scaglie tettoniche. Poiché numerosi studi petrografici e geochimici non sembrano aver chiarito la natura della "Formazione di Boccheggiano", dovrebbero essere ulteriormente approfondite le conoscenze sulla mineralogia delle filladi associate alle anidriti e alle dolomie. Forse studi sulla composizione chimica dei fillosilicati potranno fornire dati utili a discriminare ulteriormente questa unità dai complessi sedimentari triassici.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- BAGNOLI G., GIANELLI G., PUXEDDU M., RAU A., SOUARDI P., TONGIORGI M. (1980) - *A tentative stratigraphic reconstruction of the Tuscan Paleozoic basement*. Mem. Soc. Geol. It., **20**, 99-116.
- BERTINI G., CAMELI G.M., COSTANTINI A., DECANDIA F.A., DI FILIPPO M., DINI I., ELTER M., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., PANDELI E., SANDRELLI F. & TORO B. (1991) - *Struttura geologica tra i Monti di Campiglia e Rapolano Terme (Toscana Meridionale): stato attuale delle conoscenze e problematiche*. Studi Geologici Camerti, volume speciale, **1991/1**, "Studi preliminari all'acquisizione dei dati del profilo Punta Ala-Gabice", 155-178.
- BURKE W.H., DENISON R.E., HETHERINGTON E.A., KOEPLICK R.B., NELSON H.F. & OTTO J.B. (1982) - *Variation of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ throughout Phanerozoic time*. Geology, **10**, 516-519.
- CLAYPOOL G.E., HOLSER W.T., KAPLAN I.R., SAKAI H. & ZAC I.

- (1980) - *The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation*. Chem. Geol., **28**, 169-260.
- CORTECCI G., LATTANZI P. & TANELLI G. (1984) - *The O-isotopic composition of sulfates from the massive pyrite deposits of Niccioleta and associated country rock, Southern Tuscany, Italy*. Chem. Erde, **43**, 57-64.
- COSTANTINI A., ELTER M., LAZZAROTTO A., PANDELI E., SANDRELLI F. & STEA B. (1991) - *Preliminary data on the metamorphic sequences in the Colline Metallifere area (southern Tuscany, Italy)*. In: "Geologia del basamento italiano", Convegno in memoria di Tommaso Cocozza, Siena, 21-22 Marzo 1991, Abstracts, 31-32.
- DALLEGNO A., GIANELLI G., LATTANZI P. & TANELLI G. (1979) - *Pyrite deposits of the Gavorrano area, Grosseto*. Atti Soc. Toscana Sci., Nat., **86**, 127-165.
- DECHOMETS R. (1983) *Particularites chimiques et mineralogiques de la serie meta-evaporitique du gisement de pyrite de Niccioleta, Toscane, Italie*. Bull. Soc. Geol. Fr. (7e), **25**, 411-419.
- DESCHAMPS Y. (1980) - *Contribution a l'etude des gisements a pyrite-hematite de Rio-Marina (Ile d' Elbe, Italie). Approche petrographique, geochemique et structurale*. These de Doctorat de 3eme cycle. Univ. de Lyon 1, 30 Octobre 1980.
- ELTER P. & FEDERICI P.R. (1964) - *Sulla presenza di terreni attribuibili al Trias medio nel promontorio orientale del Golfo di La Spezia*. Boll. Soc. Geol. It., **83**, 395-402.
- ELTER M. & PANDELI E. (1990) - *Alpine and hercynian orogenic phases in the basement rocks of the northern Apennines (Larderello geothermal field, southern Tuscany, Italy)*. Ecl. Geol. Helv., **83**, 241-264.
- FRANCESCHELLI M., GIANELLI G., PUXEDDU M. & SQUARCI P. (1978) - *Structural setting of the Larderello-Travale geothermal region*. Mem. Soc. Geol. It., **20**, 446-455.
- GIANELLI G. & PUXEDDU M. (1980) - *An attempt at classifying the tuscan paleozoic: geochemical data*. Mem. Soc. Geol. It., **20**, 446-455.
- GIANELLI G. & ROSSINI G. (1991) - *Analisi dei dati geochemici della formazione di boccheggiano e suo confronto con altre unità triassiche e paleozoiche toscane*. Atti soc. Toscana sci. Nat., **98**, 287-306.
- MARTINI R., GANDIN A. & ZANINETTI L. (1989) - *Sedimentology, stratigraphy and micropaleontology of the triassic evaporitic sequence in the subsurface of Boccheggiano and some outcrops of southern Tuscany (Italy)*. Riv. It. Paleont. Strat., **95**, 3-28.
- MARTINI I.P., RAU A. & TONGIORGI M. (1986) - *Syntectonic sedimentation in a middle-triassic rift. Northern Apennines, Italy*. Sedimentary geology, **21**, 63-87.
- MOINE B., SAUVAN P. & JARUSSE J. (1981) - *Geochemistry of evaporite-bearing series: a tentative guide for the identification of metaevaporites*. Contrib. Mineral. Petrol., **76**, 401-412.
- PANDELI E., GIANELLI G., PUXEDDU M. & ELTER M. (1993) - *The paleozoic basement of the northern Apennines: stratigraphy, tectono-metamorphic evolution and hydrothermalism*. Mem. Soc. Geol. It., In press.
- PUXEDDU M., SAUPE F., DECHOMETS R., GIANELLI G., MOINE B. (1984) - *Geochemistry and stratigraphic correlations-application to the investigation of geothermal and mineral resources of Tuscany, Italy*. Chemical geology, **43**, 77-113.
- SCHNEIDER GRAZIOSI A. (1986) - *Distribuzione dello stronzio e rapporti isotopici $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ nelle anidriti toscane*. Università degli studi di Roma, tesi di laurea in scienze geologiche.
- VERRUCCHI C., PANDELI E., PAOLIERI M. & MINISALE A. (1992) - *Caratterizzazione geochemica delle successioni paleozoiche dell' Appennino settentrionale (Toscana, Italia)*. Riassunti convegno Simp-Sgi, Firenze, 21-23 settembre 1992, Plinius, **8**, 118-120.
- VIGHI L. (1966) - *Descrizione di alcuni sondaggi che hanno attraversato lenti anidritico-dolomitiche intercalate alle filladi triassiche (Verrucano) dei dintorni di massa marittima (Grosseto-Toscana)*. In: atti symp. Verrucano, soc. Toscana sci. Nat., Pisa, 72-95.

