

LE MANIFESTAZIONI FILONIANE QUARZITICHE DEL COMPLESSO MAGMATICO TARDO-ERCINICO NEL SETTORE OCCIDENTALE SUDALPINO

UGO ZEZZA, ATHOS CALLEGARI

Dip. di Scienze della Terra, sez. Mineralogico-Petrografica dell'Univ., via A. Bassi 4, 27100 Pavia

MASSIMO ODDONE

Dipartimento di Chimica Generale dell'Università, viale T. Taramelli 12, 27100 Pavia

RIASSUNTO. — Un relativo addensamento di masse filoniane quarzitiche si manifesta nell'area Biellese-bassa Val Sesia del settore occidentale sudalpino. Esse sono localizzate nelle zone periferiche prospicienti dei corpi magmatici tardo-ercinici intrusivi ed estrusivi e rivelano un andamento preferenziale NNE-SSW ed ENE-WSW sotto forma di filoni subverticali potenti sino a 6÷7 m e sviluppati in direzione anche per alcune centinaia di metri.

I rapporti stratigrafici già definiti per le quarziti nel settore orientale della bassa Val Sesia indicano una loro connessione al magmatismo tardo-ercinico.

I caratteri petrografici e geochimici, in particolare la distribuzione e i bassissimi tenori di terre rare (14,8÷19,9 ppm), evidenziano la contemporaneità genetica delle diverse masse considerate.

ABSTRACT. — A spread swarm of quartzite dikes outcrops in the western district of the Southern Alps, particularly in the « Biellese-bassa Val Sesia » area. The dikes are situated on the overlooking peripheral portions of intrusive and extrusive late-Hercynian magmatic bodies and show mostly NNE-SSW and ENE-WSW strike, even for several hundred meters, subvertical attitude and 6÷7 m thickness.

The stratigraphical relations previously defined for quartzites in eastern area of « bassa Val Sesia » show they are connected with to late-Hercynian magmatism.

The petrographic and geochemical characters, specially the distribution and the very low contents in rare earth elements (14.8÷19.9 ppm), point out the genetic contemporaneity of the considered various quartzites.

Inquadramento geologico

I fenomeni di iniezione delle manifestazioni quarzitiche nel complesso magmatico tardo-

ercinico affiorante all'estremità occidentale delle Alpi Meridionali, tra il Verbano e il Biellese, si presentano di modesta entità analogamente ad altri corpi tardo-magmatici differenziati, quali apliti e pegmatiti.

Le masse granitiche della Serie dei Laghi e la coltre vulcanica che si estende, con relativa continuità, tra Angera ed il Biellese risultano solo localmente iniettate da vene e filoni quarzitici. Un relativo addensamento degli stessi si riscontra nelle zone periferiche prospicienti dei corpi intrusivi ed estrusivi e viene ad assumere una certa rilevanza nel settore della bassa Val Sesia-Biellese, proprio dove si ha il diretto contatto tra le plutoniti e le vulcaniti tardo-erciniche.

Gli affioramenti più consistenti si hanno al margine orientale del massiccio granitico del Biellese a poche centinaia di metri dal diretto contatto con le vulcaniti e nell'area NW della coltre vulcanica affiorante ad oriente dalla bassa Val Sesia (fig. 1), pochi km a sud del corpo granitico di Roccapietra-Alzo.

Filoni di esigua potenza e vene quarzitiche talora in associazione spaziale con filoni di porfido granitico, di pegmatiti quarzoso-feldspatiche e di barite, si rinvencono in più punti (ad esempio, S. Bononio, M.te Accattà, S. Grato, etc.) senza che mai costituiscano adunamenti significativi.

L'impressione che deriva dal rilevamento di dettaglio delle manifestazioni quarzitiche del Biellese, localizzate in un'area di 500 m

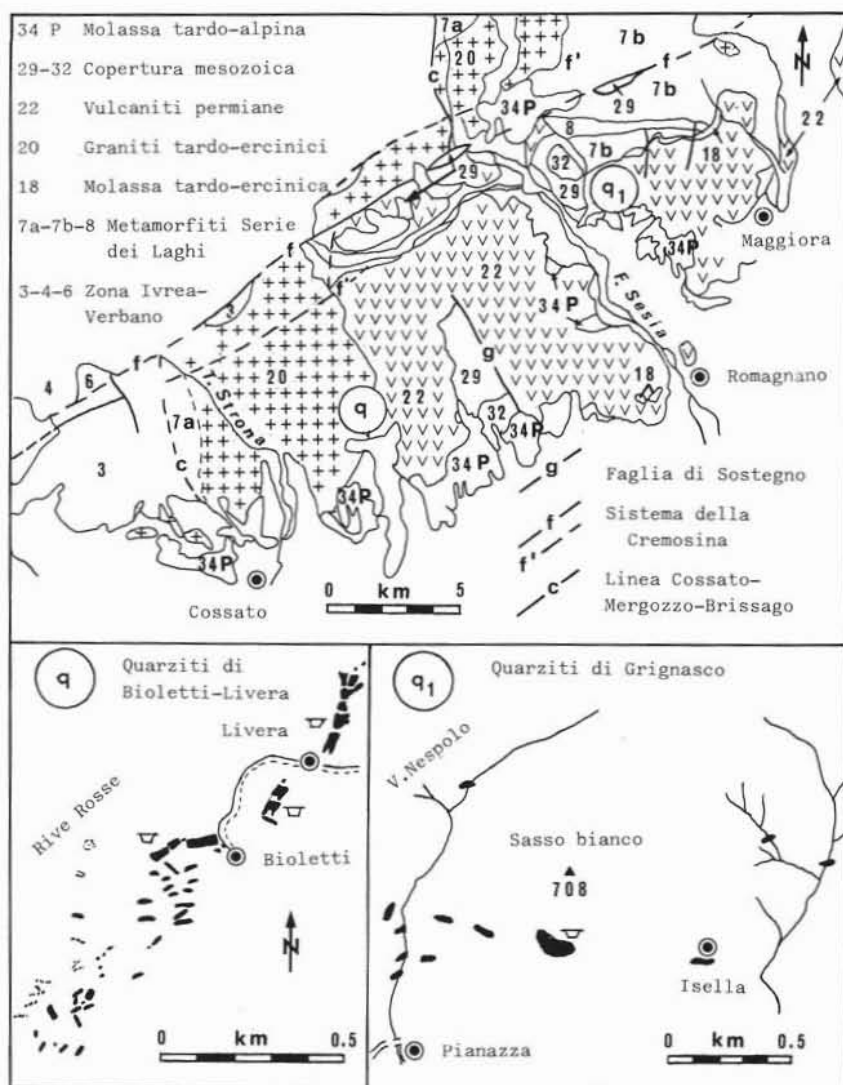


Fig. 1. — Schema geo-tettonico dell'area sudalpina Biellese-bassa Val Sesia (desunto dal F° 43 - Biella e dal F° 30 - Varallo della Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000) e relativa giacitura delle più importanti manifestazioni quarzitiche.

di larghezza e di 6 km di lunghezza tra Dalimonti e Colma, e di trovarsi di fronte ad un unico evento filoniano. Ciò sembra essere testimoniato dalla frequenza degli affioramenti, dalla continuità per alcune centinaia di metri delle masse più potenti e dalla uniformità dei loro caratteri strutturali. Si presentano di regola sotto forma di filoni subverticali, che raggiungono una potenza massima di 6-7 m e di insiemi di vene ad essi ricollegabili. Le

direzioni prevalenti sono NNE e circa WE.

Le masse di maggiore sviluppo, che sono state anche oggetto di parziale coltivazione in tempi non lontani, affiorano nell'area di Bioletti-Livera incassate nel granito, con diramazioni permeanti le adiacenti vulcaniti (vedasi schema di giacitura in fig. 1). Esse sono verosimilmente connesse al magmatismo acido tardo-ercinico. Va notato che nel F° 43 - Biella della Carta Geologica d'Italia alla scala

1:100.000 (2^a edizione) sono stati indicati con il simbolo χ_1 (che contraddistingue i filoni quarzatici di età alpina) quelli incassati al margine orientale del massiccio granitico del Biellese e con il simbolo χ (relativo ai filoni quarzatici pre-Alpini) quelli ubicati lungo la linea del Canavese.

Le manifestazioni quarzatiche nelle vulcaniti permiane della bassa Val Sesia ricorrono soprattutto nella zona di Grignasco-Sasso Bianco, a SE del sovrapposto lembo carbonatico mesozoico del M. Fenera e ancora, a NW dello stesso, verso Montrignone (GOVI, 1975).

L'insieme dei filoni subverticali, aventi una potenza variabile fra 0,5 e 3 m, si sviluppa tra i riali del Nespolo e del Soliva prevalentemente con direzione E-W (vedasi relativo schema in fig. 1).

Una giacitura analoga rivelano, in quest'area, le numerose manifestazioni filoniane tardo-erciniche di porfido granitico, incassate sia nelle vulcaniti che nelle metamorfite degli Scisti dei Laghi (GOVI, 1975).

Dati petrografici e geochimici

I corpi quarzatici presentano di solito una tessitura a bande di spessore variabile e crescente, da alcuni cm a qualche dm, in funzione della loro potenza. Variazioni di grana ed isorientamenti di insiemi cristallini si notano nell'ambito sia delle diverse zone, che dell'intero corpo filoniano. Può essere ammessa, in linea generale, una riduzione di grana verso le salbande dei filoni ed una tessitura spesso pettinata e talora isotropa nelle singole zone. Lo sviluppo granulare più frequente è quello medio, con passaggi a grana ora grossa o molto grossa, ora fine. Le disposizioni cristalline orientate si mostrano come insiemi di individui di quarzo con l'asse *c* ortogonale alle superfici delle stesse bande.

La *composizione mineralogica* è contraddistinta da contenuti di quarzo valutati attorno al 97-98%, cui si associano diverse specie minerali, quali: sericite e clorite, in aggregati; biotite, albite-oligoclasio e, talora, magnetite, ematite, apatite e fluorite in singoli minuti individui interclusi nei cristalli di quarzo; goethite e minerali argillosi, che costituiscono

prodotti di infiltrazione lungo fratture irregolari della massa quarzatica.

L'aggregato autoalotriomorfo quarzatico mostra spesso individui di quarzo con neoaccrecimenti marginali e scarsi segni di deformazione anche clastica all'interno dei singoli cristalli.

Il *chimismo* relativo agli elementi maggiori (¹) mette in risalto (vedasi Tabella 1) per le diverse masse del Biellese e della bassa Val Sesia contenuti in silice (rispettivamente 98,78÷99,99% e 98,34÷98,75%) e tenori di quarzo normativo (Qz pari a 99,4÷99,9% e 98,2÷98,5%) altamente omogenei. Si riscontra una estrema povertà di alcali, il cui tenore complessivo (0,007÷0,023%) è inferiore o quasi a quello del calcio (0,01÷0,03%). Il relativo eccesso di allumina (*c* normativo uguale a 0,40÷1,96%) è probabilmente da ricollegarsi alla presenza di materiale argilloso notato nelle fessure della roccia e solo in parte ad argillificazione dei ridotti contenuti di componenti silicatici. Vi è inoltre un buon accordo tra i tenori modalì e normativi del plagioclasio, che definiscono un termine prevalentemente oligoclasico.

Gli *elementi minori e in tracce* dosati (²) mediante analisi per attivazione neutronica distruttiva (MELONI et al., 1982), precisamente Cs, Rb, Ba, Sr, Th, U, Zr ed Hf (Tabella 2) ed il gruppo completo dei lantanidi (Tabella 3), riflettono contenuti costanti attorno a 211 ppm (209÷216 ppm). Gli alcalino-terrosi a largo raggio ionico rappresentano gli elementi prevalenti (167 ppm), con rapporto Ba/Sr pari a 2,9:3,9; gli alcalini sono invece presenti in tenori estremamente ridotti, da 0,2 a 1 ppm, e con contenuti di Rb in genere inferiori a quelli di Cs.

Th e U, complessivamente pari a 0,22 ppm (0,20÷0,28 ppm), mostrano di frequente un costante rapporto: Th/U ≈ 4, ad eccezione del campione BL.1 con rapporto uguale a 21.

(¹) La silice è stata determinata per via gravimetrica; Al₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ per via colorimetrica; Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O e K₂O in assorbimento atomico.

(²) I campioni di quarzite e i materiali di riferimento (rocce standard USGS-AGV-1, USGS-G-1 e ANRT-GS-N) sono stati irraggiati nel reattore Triga Mark II (L.E.N.A., Università di Pavia); le misure di radioattività indotta sono state eseguite mediante spettrometria gamma utilizzando un rivelatore al Ge(Li) collegato ad analizzatore-computer Laben 701.

TABELLA 1
Elementi maggiori e norma C.I.P.W.

% peso	BL.1	BL.2	BL.3	VS.1	VS.2	VS.3
SiO ₂	98.78	98.78	99.99	98.73	98.75	98.34
Al ₂ O ₃	1.02	1.04	0.42	1.04	1.04	2.01
Fe ₂ O ₃	0.15	0.09	0.03	0.09	0.07	0.06
MnO	0.009	0.008	0.003	0.007	0.006	0.006
MgO	0.110	0.130	0.030	0.100	0.090	0.020
CaO	0.02	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03
Na ₂ O	0.013	0.014	0.006	0.015	0.014	0.016
K ₂ O	0.009	0.009	0.001	0.002	0.002	0.004
TiO ₂	tr	tr	tr	tr	tr	tr
P ₂ O ₅	0.010	0.010	0.004	0.010	0.010	0.015
H ₂ O ⁺	0.100	0.100	0.060	0.120	0.140	0.130
Totale	100.22	100.21	100.55	100.13	100.14	100.63

Norma C.I.P.W.

Qz	98.49	98.43	99.90	98.47	98.51	98.18
Or	0.05	0.05	0.01	0.01	0.01	0.02
Ab	0.11	0.12	0.05	0.13	0.12	0.14
An	0.03	0.08	0.02	0.03	0.03	0.05
C	0.98	0.98	0.40	1.00	1.00	1.96
Hy	0.27	0.32	0.07	0.25	0.22	0.05
He	0.13	0.07	0.02	0.07	0.06	0.05
Mt	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02
Ap	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03
DI	98.65	98.60	99.96	98.61	98.64	98.34

Ubicazione dei campioni delle masse quarzitiche

BL.1	- MR39365293	VS.1	- MR4936065
BL.2	- MR39525298	VS.2	- MR4956070
BL.3	- MR39745332	VS.3	- MR4976073

Zr ed Hf ($\bar{x}_s = 26,5$ ppm, 21,9-31,8 ppm) rivelano invece un rapporto molto elevato, mediamente uguale a 153 (126÷191).

I tenori e la distribuzione dei lantanidi risultano sostanzialmente simili per i campioni di quarzite del Biellese e della bassa Val Sesia.

Si osserva che le quarzite permeanti il granito hanno contenuti di terre rare un poco maggiori e un più basso indice di frazionamento LREE/HREE rispetto alle quarzite intrusive nelle vulcaniti (Tabella 3).

TABELLA 2
Elementi minori e in tracce (ppm)
e relativi rapporti

Camp.	BL.1	BL.2	BL.3	VS.1	VS.2
Cs	0.17	0.99	0.96	0.56	0.34
Rb	0.23	0.19	0.20	0.31	0.24
Ba	125	124	126	134	130
Sr	41	43	39	34	33
Th	0.21	0.17	0.23	0.16	0.17
U	0.01	0.04	0.05	0.04	0.05
Zr	26.3	21.7	22.9	29.3	31.6
Hf	0.14	0.17	0.12	0.22	0.25
Ba/Sr	3.0	2.9	3.2	3.9	3.9
Th/U	21	4.2	4.6	4.0	3.4
Zr/Hf	188	128	191	133	126

I relativi andamenti di distribuzione, sulla base della normalizzazione rispetto ai valori medi delle REE nelle condriti indicate da HERRMANN (1970), pongono in evidenza la generale disomogeneità distributiva delle terre rare pesanti e un accenno ad anomalia positiva del Ce, che risulta più significativa per le quarzite del Biellese (fig. 2).

TABELLA 3
Terre rare (ppm)

Camp.	BL.1	BL.2	BL.3	VS.1	VS.2
La	2.71	2.69	2.72	2.52	2.49
Ce	7.2	9.1	8.1	7.9	5.7
Pr	0.81	0.89	0.74	0.93	0.96
Nd	2.7	2.6	2.9	2.1	2.3
Sm	0.84	0.79	0.81	0.67	0.59
Eu	0.24	0.21	0.26	0.19	0.14
Gd	1.06	0.92	0.96	0.87	0.79
Tb	0.18	0.17	0.19	0.13	0.10
Dy	1.09	0.99	1.03	0.97	0.81
Ho	0.22	0.19	0.21	0.17	0.13
Er	0.59	0.42	0.49	0.39	0.29
Tm	0.15	0.15	0.17	0.13	0.09
Yb	0.69	0.59	0.57	0.49	0.31
Lu	0.14	0.16	0.16	0.10	0.07
REE	18.62	19.87	19.31	17.56	14.77
LREE	14.50	16.28	15.53	14.31	12.18
HREE	4.12	3.59	3.78	3.25	2.59
La _n /Yb _n	2.33	2.71	2.83	3.05	4.77

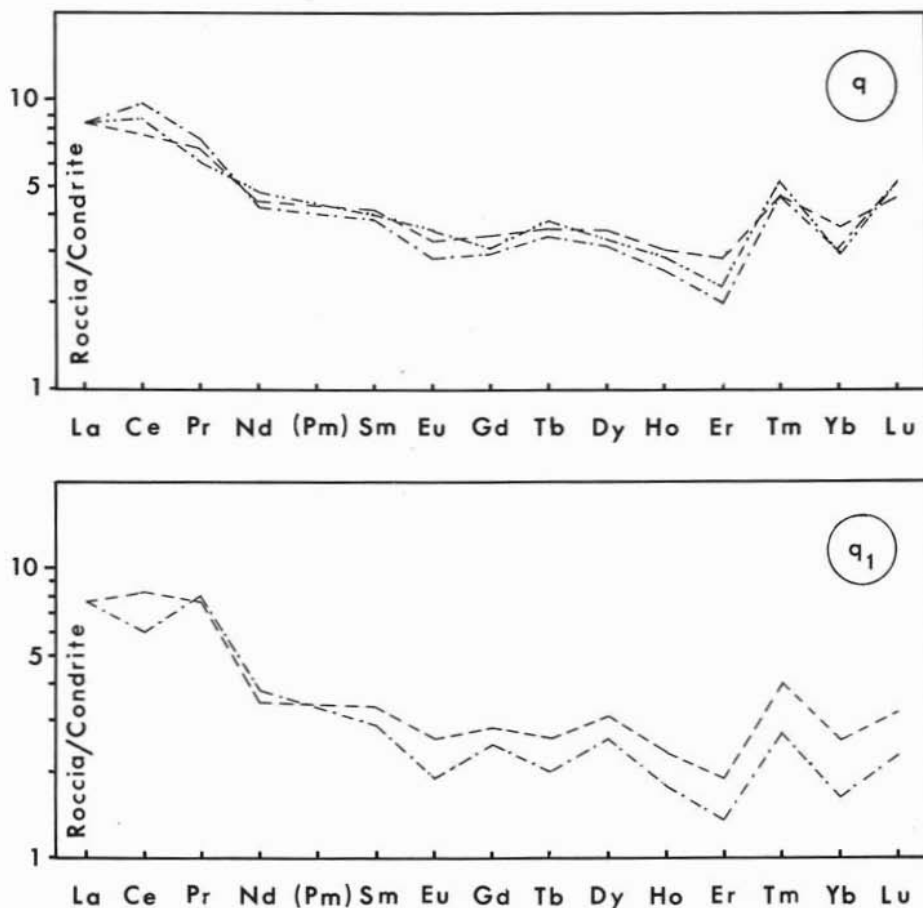


Fig. 2. — Distribuzione delle terre rare nelle quarziti del Biellese (q) e della bassa Val Sesia (q_1).

La ridottissima concentrazione di REE (14,8÷19,9 ppm) deve essere correlata essenzialmente alla presenza dei diversi minerali associati al quarzo, anche se gli stessi rappresentano al massimo il 2÷3 % della compagine cristallina. Infatti, il quarzo può ospitare i lantanidi soltanto in quelle minute inclusioni di fluidi tardo-magmatici, spesso racchiuse nei singoli individui quarzosi di rocce magmatiche. BUMA et al. (1971) hanno riscontrato, ad esempio, per concentrati di cristalli di quarzo isolati dal granito subalcalino di Narragansett Pier (Rhode Island) e dal granito alcalino di Peabody (Massachusetts) contenuti totali di REE rispettivamente di 4,3 e 3,3 ppm; valori, questi, comprensivi dei tenori assoluti degli elementi dosati e di quelli desunti dai tracciati di normalizzazione.

Il confronto fra il tenore di terre rare nelle quarziti in esame e quello riscontrato di recente nelle facies granitiche epiplutoniche più differenziate del massiccio tardo-ercinico del Biellese (ZEZZA et al., 1984), cui si ricollegano direttamente le masse quarzitiche dell'area Bioletti-Livera, riflette un rapporto da 1:7 a 1:9; rispetto alle altre facies granitiche mesoplutoniche il rapporto si riduce a 1:10 e 1:18.

Un forte depauperamento delle REE nei prodotti di facies tardo-magmatiche di fusi granitici, quali differenziati leucomicrogranitici o aplitici o pegmatitici, è stato riscontrato in più complessi plutonici (CONDIE & HOWARD, 1971; KOLJONEN & ROSENBERG, 1974; MOTTANA et al., 1978; PRIDE & MUECKE, 1982; etc.).

L'accentuazione della riduzione dei lanta-

nidi nei prodotti di stadio finale, viene qui evidenziata attraverso l'istogramma di fig. 3, in cui vengono riportate, unitamente ai tenori riscontrati nei cinque campioni di quarziti del Biellese-bassa Val Sesia, le medie delle REE, LREE e HREE relative a: 1) rocce granitiche, specificatamente a 213 campioni di granito a SiO_2 maggiore del 70% (HERRMANN, 1970) e ai graniti meso-epiplutonici tardo-ercinici del Biellese (ZEZZA et al., 1984); 2) rocce pegmatitiche, media di dieci campioni di cui sette connessi a manifestazioni intrusive nel complesso pre-Cambriano dello Scourian, Scozia nord-occidentale (PRIDE & MUECKE, 1982), oltre alla pegmatite di Luikonlanti (HERRMANN, 1970) nel massiccio granitico pre-Cambriano di Maarianvaara (Finlandia), alla pegmatite di Siilinjärvi, Asikkala (KOLJONEN & ROSENBERG, 1974) che rientra nei corpi tardo-magmatici delle pre-Svecocareliidi e alla pegmatite della cava del Pescarino intrusa nel granito oligocenico di S. Fedelino (MOTTANA et al., 1978); 3) rocce aptitiche, media di nove campioni di cui sei connessi al batolite di Louis Lake nel Wyoming (CONDIE & HOWARD, 1971), due a vene (loc. Petäjavesi-Puttola, Petäjavesi-Konskensaari) nel complesso granitico pre-Cambriano dell'area centro-meridionale della Finlandia (KOLJONEN & ROSENBERG, 1974) e una ad un filone intruso nel plutone miocenico zonato di Captains Bay, Unalaska Island, Alaska (PERFIT et al., 1980).

Considerazioni conclusive

Le manifestazioni quarzitiche tardo-erciniche del Biellese-bassa Val Sesia sono prevalentemente orientate secondo i due principali disturbi tettonici di età tardo-ercinica, la linea Pogallo-lago d'Orta (NNE-SSW) e il sistema di faglie della Cremosina (ENE-WSW) che è stato riattivato in età alpina.

La prima direttrice caratterizza la giacitura delle principali masse filoniane incassate al margine orientale del corpo granitico del Biellese, mentre la seconda quella dei filoni quarziticci delle vulcaniti erciniche della bassa Val Sesia. I rapporti stratigrafici definiti da GOVI (1975) nel distretto vulcanico ad oriente della bassa Val Sesia, indicano una chiara appartenenza di queste manifestazioni quarzi-

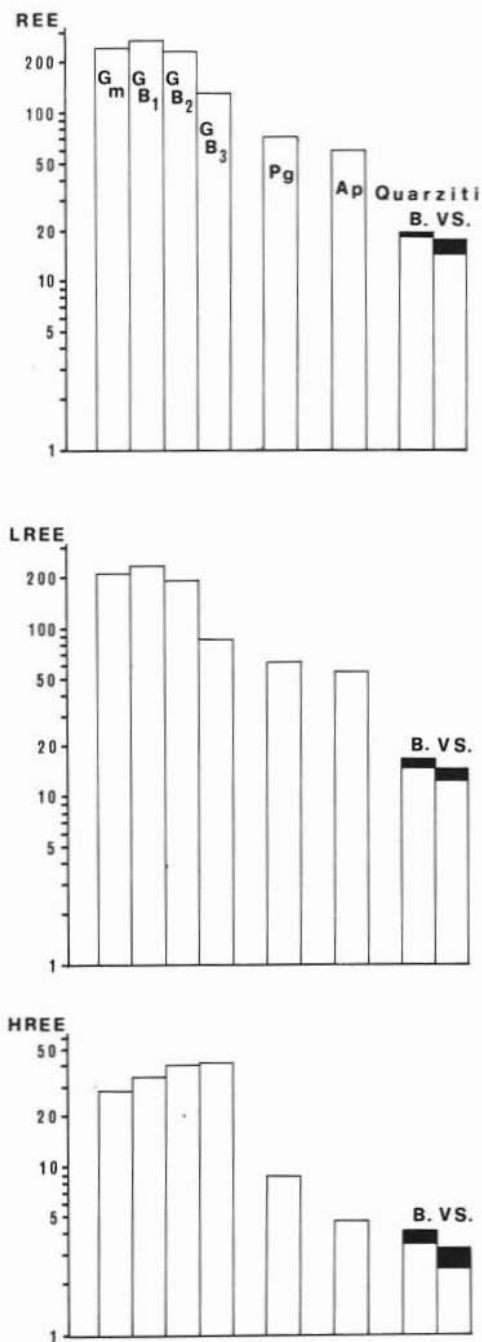


Fig. 3. — Tenori medi (ppm) delle REE, LREE e HREE in rocce granitiche (G_m = 213 graniti a $\text{SiO}_2 > 70\%$; G_{B1}, G_{B2} e G_{B3}, rispettivamente monzo-sienograniti mesoplutonici e sienograniti epiplutonici), pegmatitiche (P_g = 10 campioni) e aptitiche (A_p = 9 campioni) correlati ai contenuti (massimi e minimi) riscontrati nelle quarziti del Biellese (B) e della bassa Bal Sesia (VS).

tiche al ciclo magmatico tardo-ercinico.

I caratteri petrografici e petrochimici, in particolare i tenori e la distribuzione delle terre rare (fig. 2), evidenziano la contemporaneità genetica delle diverse masse considerate.

L'indice di frazionamento degli elementi minori alcalini e alcalino-terrosi e dei lantanidi, stabilito in funzione del rapporto tra i tenori dosati per questi elementi nelle quarziti e nei graniti meso-epiplutonici del Biellese (ZEZZA et al., 1984) porta a notare che la fase altamente silicea ($\text{SiO}_2 = 98,34 \div 99,99\%$) non è del tutto depauperata di elementi in tracce: $\Sigma\text{Cs} + \text{Rb} + \text{Ba} + \text{Sr}_{\text{q.ti}} / \Sigma\text{Cs} + \text{Rb} + \text{Ba} + \text{Sr}_{\text{gr.ti}} = 0,14 \div 0,28$; $\Sigma\text{REE}_{\text{q.ti}} / \Sigma\text{REE}_{\text{gr.ti}} = 0,07 \div 0,14$.

Il rapporto cationico $\text{Ca} + \text{Na} + \text{K} / \text{Cs} + \text{Rb} + \text{Ba} + \text{Sr} + \text{REE}$, che per i graniti del Biellese è pari a $49 \div 99$, per le quarziti in esame è $1,48 (0,77 \div 2,09)$. Ciò è dovuto soprattutto al tenore di Ba ($124 \div 130$ ppm) di poco inferiore a quello del cal-

cio e decisamente superiore ai singoli contenuti di sodio e di potassio.

Va inoltre notato che le quarziti in esame si contraddistinguono per l'estrema povertà di REE ($14,8 \div 19,9$ ppm) e per un diverso frazionamento ($\text{LREE}/\text{HREE} = 3,5 \div 4,7$) da: a) ortoquarziti, quali ad esempio quelle permiane della Formazione di Grant nel bacino di Canning, Australia NW ($\text{REE} = 23,1 \div 29,7$ ppm; $\text{LREE}/\text{HREE} = 6,5 \div 8,2$) (NANCE & TAYLOR, 1976); b) metaquarziti, ad esempio quelle pre-cambriane dell'area di Numedal, Norvegia meridionale ($\text{REE}_{\text{La-Dy}} = 113,4$ ppm; $\text{LREE}/\text{HREE} = 3,1$) (ROALDSET, 1975), o vene granitoidi quarzifere delle migmatiti del settore metamorfico paleozoico dell'Australia SE ($\text{REE} = 22,4$ ppm e $\text{LREE}/\text{HREE} = 4,7$) (PRICE & TAYLOR, 1977); c) metaquarziti metasomatizzate, quali le quarziti cambriane fenitizzate del complesso di Borrolan, Scozia NW ($\text{REE} = 98 \div 210$ ppm; $\text{LREE}/\text{HREE} = 8,9 \div 10,8$) (MARTIN et al., 1978).

BIBLIOGRAFIA

- BIOGGGERO B., COLOMBO A. (1981) - Foglio 30 - Varallo. In «Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000» a cura di A. CASTELLARIN. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica, pubbl. 441, 211-214.
- BIOGGGERO B., COLOMBO A. (1981) - Foglio 43 - Biella. In «Carta tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000» a cura di A. CASTELLARIN. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica, pubbl. 441, 215-217.
- BORTOLAMI G., CARRARO F., SACCHI R. (1967) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 43 - Biella. Roma, 5-74.
- BUMA G., FREY F., WONES D. (1971) - New England granites: trace element evidence regarding their origin and differentiation. Contrib. Mineral. Petrol., 31, 300-320.
- CONDIE K.C., HOWARD H.O. (1971) - Trace element geochemistry of the Louis Lake batholith of early Precambrian age, Wyoming. Geochim. Cosmochim. Acta, 35, 1099-1119.
- GOVI M. (1975) - Carta geologica del distretto vulcanico ad oriente della bassa Val Sesia alla scala 1:25.000. Lit. Artistica Cartografica, Firenze.
- HERRMANN A.G. (1970) - Yttrium and lanthanides. Wedepohl (Ed.), «Handbook of Geochemistry» II.5.39, 57-71, B-M.
- KOLJONEN T., ROSENBERG R.J. (1974) - Rare earth elements in granitic rocks. Lithos, 7, 249-261.
- MARTIN R.F., WHITLEY J.E., WOOLLEY A.R. (1978) - An investigation of rare-earth mobility; fenitized quartzites, Borrolan complex, N.W. Scotland. Contrib. Mineral. Petrol., 66, 69-73.
- MELONI S., ODDONE M., CECCHI A., POLI G. (1982) - Metodi distruttivi per attivazione neutronica per la determinazione degli elementi delle terre rare in campioni di rocce standard. J. Radioanal. Chem., 71, 429-446.
- MOTTANA A., MORTEN L., BRUNFELT A.O. (1978) - Distribuzione delle terre rare nel massiccio Val Masino-Val Bregaglia (Alpi Centrali). Rend. Soc. It. Min. Petr., 34, 485-497.
- NANCE W.B., TAYLOR S.R. (1976) - Rare earth element patterns and crustal evolution - I. Australian post-Archean sedimentary rocks. Geochim. Cosmochim. Acta, 40, 1539-1551.
- PERFIT M.R., BRUECKNER H., LAWRENCE J.R., KAY R.W. (1980) - Trace element and isotopic variations in a zoned pluton and associated volcanic rocks, Unalaska Island, Alaska: a model for fractionation in the Aleutian calcalkaline suite. Contrib. Mineral. Petrol., 73, 69-87.
- PRICE R.C., TAYLOR S.R. (1977) - The rare earth element geochemistry of granite, gneiss, and migmatite from the Western Metamorphic Belt of South-Eastern Australia. Contrib. Mineral. Petrol., 62, 249-263.
- PRIDE C., MUECKE G.K. (1982) - Geochemistry and origin of granitic rocks, Scourian Complex, NW Scotland. Contrib. Mineral. Petrol., 80, 379-385.

- ROALDSET E. (1975) - *Rare earth element distributions in some Precambrian rocks and their phyllosilicates, Numedal, Norway*. Geochim. Cosmochim. Acta, 39, 455-469.
- THORNTON C.P., TUTTLE O.F. (1960) - *Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation index*. Amer. Journ. Sc., 258, 664-684.
- ZEZZA U. (1977) - *Studio petrografico del massiccio granitico del Biellese*. Atti Soc. Ital. Sci. Nat., Museo Civ. Stor. Nat. Milano, 118, 65-102.
- ZEZZA U., MELONI S., ODDONE M. (1984) - *Rare-earth and large-ion-lithophile fractionation in late-Hercynian granite massif of the Biellese area (Southern Alps, Italy)*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 39.