

GIULIANO BELLINI\*

CARATTERI GEOCHIMICI DEL MASSICCIO  
GRANODIORITICO-TONALITICO DELLE VEDRETTE DI RIES  
(RIESERFERNER) - ALTO ADIGE ORIENTALE\*\*

RIASSUNTO. — È stata effettuata una indagine geochimica sulle più significative rocce intrusive del massiccio granodioritico-tonalitico delle Vedrette di Ries, scelte da una campionatura sistematica (~ 600 campioni) dello stesso.

La disposizione di graniti, granodioriti, tonaliti e dioriti in un'unica successione continua, nei diagrammi di variazione di fig. 3 (% ossidi elementi maggiori e minori - D.I.) induce a ritenere per questi litotipi una genesi per differenziazione da un unico magma capostipite.

Prendendo in considerazione le variazioni di Sr, Rb, Ca i campioni analizzati si riuniscono in gruppi litologicamente eguali ma con contenuti sensibilmente diversi in Sr e sia pur più moderatamente anche in Rb (figg. 4, 5, 6, 7).

Questi gruppi si dispongono, negli appositi diagrammi, in tre successioni continue lungo curve parallele e distinte indicando così di essere i prodotti di normali « trends » di differenziazione. I gruppi così definiti corrispondono sul terreno a masse arealmente ben delimitate (figg. 10 a, 10 b) delle quali solo quella che affiora nella parte occidentale del plutone è parzialmente distinguibile in campagna per la presenza di granato.

L'ipotesi più attendibile per spiegare i diversi caratteri geochimici delle masse che costituiscono il plutone delle Vedrette di Ries è quella relativa ad una anatessi di materiali crostali diversi e/o a fenomeni di contaminazione.

Per quanto riguarda la composizione dei materiali originari, il carattere « C » normativo di buona parte delle rocce analizzate, la presenza, in alcuni litotipi, di granato, di plagioclasio con nuclei calcici e di xenoliti costituiscono altrettanti punti di analogia con i granitoidi « S Type » di WHITE e CHAPPEL per i quali è ammessa una genesi per anatessi di materiali di composizione pelitica.

Quando viene preso in considerazione il contenuto in potassio nelle rocce analizzate è possibile notare una disposizione dei singoli litotipi su rette con coefficiente di correlazione diverso ( $K_2O$  - D.I., fig. 3) e una ripartizione in gruppi (K - Rb, fig. 9) che solo in parte coincidono con quelli definiti da Sr, Rb, Ca. Questi risultati vengono interpretati come un probabile fattore secondario legato all'estrema mobilità del potassio.

ABSTRACT. — A geo-chemical investigation was carried out on the granodioritic-tonalitic massif of Vedrette di Ries. The samples analysed were chosen from a systematic picking of 600 samples from the whole pluton. Chemical and « C.I.P.W. » normative data for these rocks are given in tab. 1. The data of the major elements are summarized in the variation diagrams (oxide percentage against D.I.) of fig. 3.

In these diagrams, granites, granodiorites, tonalites and diorites are aligned along a single trend. This suggests that all the rocks of the Vedrette di Ries pluton are the products of a single magma, differentiating through time. Nevertheless, when the contents of the trace elements are taken into account, the samples can form different groups. As seen in figs. 4, 5, 6 and 7, two groups of tonalites ( $T_s$ ,  $T^*$ ), three of granodiorites ( $GD_s$ ,  $GD_2$ ,  $GD_1$ ) and two of granites

\* Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Padova. \*\* Questo lavoro rientra nel programma del « Centro di Studio per i problemi dell'Orogeno delle Api Orientali » del C.N.R. (Università di Padova).

( $G_3$ ,  $G_2$ ) can be recognized. The groups of samples are aligned along parallel curves, whose Sr content is larger than their Rb content. These curves are similar to those established for a differentiation series (eg. NOCKOLDS and ALLEN, 1953).

The areal distribution of these differentiation series (figs. 10 a, 10 b) locates four masses in the Vedrette di Ries pluton, each mass having different geo-chemical peculiarities.

From the petrographical point of view, only the mass cropping-out in the west side of the pluton is detectable, due to the fact that tonalites ( $T_3$ ) and some of the granodiorites ( $GD_3$ ) bear garnets.

Three hypotheses were considered in order to explain the geo-chemical diversity of these masses.

The most reliable hypothesis is that these masses represent the products of an anatexis of different crustal materials and/or processes of contamination.

The rocks of the Vedrette di Ries pluton have chemical («C» normative), mineralogical (garnets and plagioclases with cores rich in An), and geological (xenolites) characteristics, indicating an «S-type» parentage, thus suggesting an origin produced by partial melting of pelitic composition materials.

When the variation diagram ( $K_2O$  against D.I., fig. 3) is considered the samples lie along lines with different correlation coefficients.

Furthermore, as can be seen in figs. 9 and 10 c, the groups of samples are partially different from those which have been individualized by means of Sr, Rb and Ca contents.

Probably this is a consequence of potassium mobility. Nevertheless, careful investigations on K-feldspar have to be carried out in order to verify this hypothesis.

## Introduzione

L'importanza che il plutone delle Vedrette di Ries riveste per l'interpretazione dell'ambiente geodinamico nel quale si sviluppò l'orogeno alpino nel settore orien-

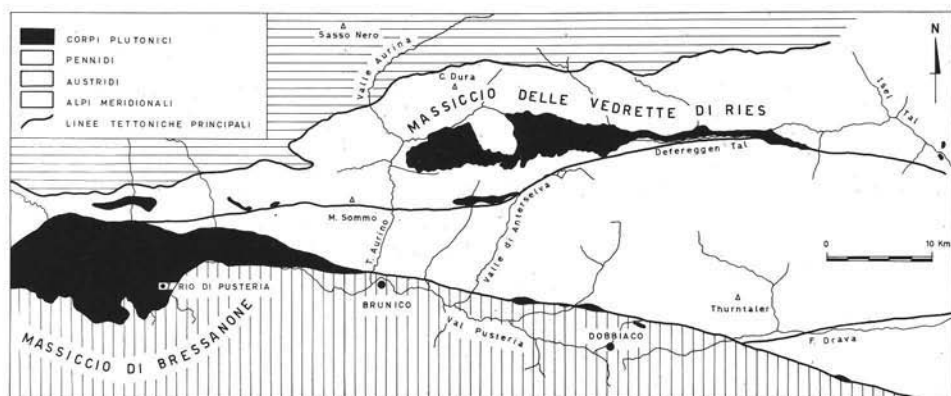


Fig. 1. — Schizzo geologico ed ubicazione dell'area studiata (tratto da DAL PIAZ, 1934, modif.).

tale delle Alpi, e la limitata disponibilità di dati offerti dalla letteratura alla risoluzione di tale problema, hanno spinto l'autore ad intraprendere uno studio sistematico di tale plutone.

In questo lavoro vengono definiti i caratteri geochimici delle rocce intrusive del massiccio delle Vedrette di Ries allo scopo di ottenere indicazioni relative alla loro genesi ed evoluzione. A tale riguardo è stato effettuato un dettagliato studio sulle

abbondanze e sul comportamento sia degli elementi chimici maggiori e minori sia degli elementi in traccia più significativi.

Riportiamo brevemente i principali caratteri del plutone in oggetto, rimandando il lettore, per informazioni più dettagliate, alle opere esistenti in letteratura (BECKE, 1892, 1912; WALDMANN, 1929; MORGANTE, 1933; SCHOKLITSCH, 1933; BIANCHI, 1934; DAL PIAZ, 1934; KARL, 1959; HENRY, 1975; e più recentemente BELLIENI et al., 1976; BELLIENI, 1977; BELLIENI et al., 1978; BORSI et al., 1978).

Il massiccio delle Vedrette di Ries è un epiplutone a carattere circoscritto costituito da granodioriti distribuite uniformemente, da tonaliti localizzate nella terminazione nord-occidentale e da locali piccole masserelle di graniti e dioriti (BELLIENI et al., 1976).

L'applicazione di sistemi sperimentali Q-Or-Ab-An-H<sub>2</sub>O ai litotipi di composizione granitica ha fornito utili indicazioni sulle loro condizioni di cristallizzazione; tali magmi infatti hanno iniziato a segregare plagioclasio come prima fase cristal-

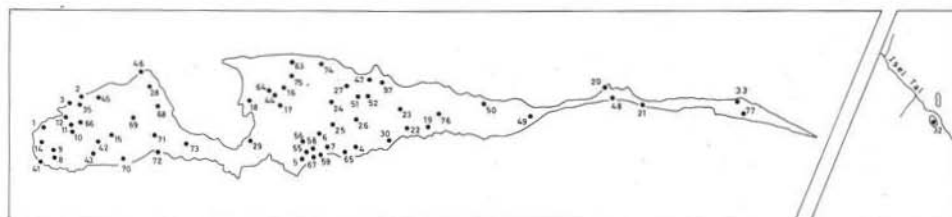


Fig. 2. — Ubicazione dei campioni analizzati.

lina a PH<sub>2</sub>O ~ 5 Kb o di poco superiore fino a raggiungere la composizione cotettica a PH<sub>2</sub>O da ~ 2 Kb a ~ 5 Kb. La situazione geologica che indica per tutti i campioni una posizione di PH<sub>2</sub>O ~ 2 Kb viene spiegata invocando un temporaneo disequilibrio tra PH<sub>2</sub>O e profondità, successivamente attenuato per lenta perdita di H<sub>2</sub>O a pressioni corrispondenti a ~ 2 Kb (BELLIENI, 1977).

Caratteristica fondamentale di alcuni litotipi (tonaliti e solo limitatamente granodioriti) è la presenza di grossi cristalli di granato (2÷3 cm); lo studio sulla composizione e sulle zonature di questo minerale ha permesso di stabilire che esso era in equilibrio con il liquido a P ≥ 10 Kb e T ≤ 950° C; la presenza inoltre di una sensibile zonatura del Mn e del Ca indica che la cristallizzazione di tale minerale è avvenuta in condizioni di P e T variabili e/o in presenza di microsistemi adatti (BELLIENI et al., 1978).

Il fatto che il massiccio delle Vedrette di Ries abbia forma di lente allungata in direzione E-W corrispondente alla direzione media della tettonica alpina, suggerì a DAL PIAZ (1934) l'idea che l'intrusione del plutone doveva aver seguito i lineamenti tracciati dall'orogenesi alpina.

Una recente indagine radiometrica (metodo dell'isocroma Rb/Sr su roccia totale) effettuata su campioni provenienti dalle diverse parti del plutone, ha rivelato

età diverse per gruppi diversi di campioni, riferibili comunque all'Oligocene medio.

I valori dei rapporti isotopici iniziali dello Sr (0,709-0,727) suggeriscono che i fusi si originarono per anatessi crostale con qualche contributo di prodotti con basso rapporto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (BORSI et al., 1978).

La presenza infine di prodotti di ricristallizzazione (mica chiara entro i nuclei calcici dei plagioclasti e attorno alla biotite, cristalli aciculari di tremolite a spese di orneblenda) (BELLINI et al., 1976 e bibl.) può essere attribuita ad una fase metamorfica di batta T che avrebbe interessato il margine della placca continentale, sotto la quale durante il Terziario medio si originarono per anatessi fusi calc-alcinali acidi ed intermedi (BORSI et al., 1978).

### Dati analitici

In tab. 1 vengono riportate 42 nuove analisi chimiche relative agli elementi maggiori e minori e 53 analisi dei più significativi elementi in traccia (Sr, Rb) che, aggiunte a quelle esistenti in letteratura (BELLINI et al., 1976; BELLINI, 1977; BORSI et al., 1978), permettono di avere un quadro abbastanza completo del chimismo del plutone delle Vedrette di Ries (<sup>1</sup>). La scelta dei vari litotipi da analizzare è stata fatta in base ad un accurato studio petrografico e modale sulla campionatura (~ 600 campioni) effettuata in modo da coprire più uniformemente possibile il massiccio in oggetto. I punti di campionatura sono stati programmati con l'ausilio di un reticolato a maglie quadrate (di lato 500 mt); all'interno di ciascuna maglia le coordinate del punto di campionatura sono state stabilite usando una tabella di coppie di numeri casuali.

In fig. 2 viene riportata l'ubicazione dei campioni analizzati.

La classificazione dei litotipi, data la scarsa attendibilità offerta dalle analisi modali a causa della grana disomogenea di buona parte dei campioni, è stata effettuata secondo il metodo proposto da STRECKEISEN (1976), usando i valori della NORMA C.I.P.W.. Tale metodo ha trovato ampio riscontro per i litotipi nei quali è stata possibile l'identificazione modale.

#### A - ELEMENTI MAGGIORI E MINORI

Nei diagrammi di variazione di fig. 3 (% ossidi contro l'indice di differenziazione D.I., THORNTON e TUTTLE, 1960) si può notare una generale buona correlazione dei punti rappresentativi delle rocce che costituiscono il plutone delle Vedrette di Ries.

(<sup>1</sup>) *Metodologie* - Le analisi chimiche degli elementi maggiori, minori ed in traccia sono state effettuate dall'autore secondo la combinazione dei seguenti metodi:

- $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  sono stati dosati mediante fotometria di fiamma usando una soluzione di solfato di litio come standard interno;
- ferro totale e  $\text{P}_2\text{O}_5$  sono stati determinati mediante i comuni metodi colorimetrici, mentre il ferro ferroso è stato misurato secondo il metodo PRATT;
- calcio e magnesio sono stati titolati mediante E.D.T.A.;
- tutti gli altri elementi sono stati dosati utilizzando la spettrometria in fluorescenza ai raggi X, secondo le tecniche suggerite da DE VECCHI et al. (1968).

TABELLA 1  
Analisi chimiche

GRANODIORITI														
N°Analisi	3	4	5	6	7	11	16	21	22	23	24	25	26	27
N°Camp.	DobIV 17	DobIV 195	DobIV 201	DobIV 203	DobIV 209	DobIV 253b	DobIV 279a	Def 54	Def 64	Def 59	Def 81	Def 84	Def 90b	Def 98
SiO <sub>2</sub>	69.44	69.58	66.01	70.37	65.44	66.52	66.71	68.12	68.54	67.10	69.76	70.05	70.62	68.94
TiO <sub>2</sub>	0.35	0.33	0.48	0.29	0.53	0.49	0.46	0.37	0.34	0.42	0.31	0.30	0.34	0.31
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.75	15.96	16.40	15.54	16.62	16.10	16.19	16.20	15.75	16.27	15.75	15.88	15.20	15.92
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.14	0.52	0.45	0.04	0.11	0.42	0.07	0.13	0.15	0.09	0.36	0.06	0.79	0.30
FeO	2.92	2.17	3.35	2.35	4.02	3.57	3.45	2.90	2.70	3.30	2.29	2.34	2.18	2.21
MnO	0.04	0.08	0.09	0.07	0.11	0.11	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.07	0.08	0.08
MgO	1.18	0.90	1.66	0.76	1.80	1.80	1.44	1.14	1.06	1.30	0.98	0.74	0.74	0.88
CaO	3.55	3.53	4.18	3.31	4.43	4.64	3.96	3.96	3.62	4.11	3.37	3.32	3.06	3.32
Na <sub>2</sub> O	3.28	3.15	2.95	3.21	3.07	3.02	2.83	3.13	3.02	3.08	3.20	3.27	3.16	3.21
K <sub>2</sub> O	2.70	3.45	3.42	3.57	2.78	2.79	3.70	3.42	3.35	2.93	3.54	3.40	3.80	3.75
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.12	0.16	0.12	0.17	0.11	0.13	0.13	0.12	0.15	0.11	0.12	0.10	0.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.92	0.79	0.95	0.85	1.10	0.89	1.07	0.78	0.80	1.03	0.80	1.09	0.68	0.82
Somma	100.36	100.57	100.10	100.48	100.18	100.46	100.10	100.37	99.53	99.87	100.55	100.64	100.75	99.86
Sr	214	394	340	361	326	218	318	382	369	351	363	395	341	392
Rb	129	149	125	157	118	111	126	135	146	131	157	143	171	162
NORMA "C.I.P.W."														
Q	28.75	28.04	22.43	28.35	22.23	23.44	23.23	24.83	27.13	25.16	27.61	28.36	28.97	26.25
C	1.19	0.90	0.62	0.66	0.91	-	0.64	0.46	0.86	0.91	0.79	1.07	0.56	0.83
Or	15.95	20.38	20.21	21.09	16.42	16.48	21.86	20.21	19.79	17.31	20.92	20.09	22.45	22.16
Ab	27.75	26.65	24.96	27.16	25.97	25.55	23.94	26.48	25.55	26.06	27.07	27.67	26.73	27.16
An	17.02	16.72	19.69	15.63	20.86	22.13	18.79	18.79	17.17	19.41	16.00	15.68	14.52	15.68
Wo/Di	-	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-
En/Di	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
Fs/Di	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
En/Hy	2.93	2.24	4.13	1.89	4.48	4.45	3.58	2.83	2.63	3.23	2.44	1.84	1.84	2.19
Fs/Hy	4.74	3.15	5.15	3.93	6.62	5.56	5.68	4.77	4.42	5.45	3.54	3.88	2.93	3.44
mt	0.20	0.75	0.65	0.05	0.15	0.60	0.10	0.18	0.21	0.13	0.52	0.08	1.14	0.43
il	0.66	0.62	0.91	0.55	1.00	0.93	0.87	0.70	0.64	0.79	0.58	0.56	0.64	0.58
ap	0.21	0.28	0.37	0.28	0.40	0.26	0.30	0.30	0.28	0.35	0.26	0.28	0.23	0.28
D.I.	72.9	75.3	68.2	76.9	65.2	65.8	69.7	71.8	73.4	69.4	75.8	76.5	78.1	76.3

(continua)

- \* - le analisi degli elementi maggiori e minori sono tratte da BELLINI et al. (1976) e BELLINI (1977);  
 \*) - le analisi degli elementi maggiori, minori ed in traccia sono tratte da BORSI et al. (1978);  
 (\*) - le analisi degli elementi in traccia sono tratte da BORSI et al. (1978); ☉ - le analisi degli elementi maggiori e minori sono tratte da BORSI et al. (1978).

(segue Tab. 1)

GRANODIORITI														
N°Analisi	*	*	*										*	
N°Camp.	DobIV	Def	Def	DobIV	DobIV	DobIV	DobIV	DobIV	DobIV	Def	Def	DobIV	AA	DobIV
	105	10	39	101	197	266	299	301	307a	126	130	275	75-8	315
SiO <sub>2</sub>	64.56	65.07	66.02	67.06	67.51	67.32	69.92	69.79	66.69	68.47	67.07	64.79	69.54	65.16
TiO <sub>2</sub>	0.45	0.47	0.43	0.40	0.41	0.38	0.32	0.28	0.41	0.33	0.41	0.55	0.19	0.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.43	16.21	16.27	16.25	16.40	16.26	15.64	15.64	15.71	16.07	16.48	16.81	15.20	16.82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.28	0.25	0.11	0.68	0.21	0.27	0.31	0.18	0.14	0.33	0.41	0.35	1.02	0.38
FeO	3.30	3.67	3.42	2.96	2.99	3.39	2.44	2.46	3.29	2.53	2.87	3.91	1.15	3.80
MnO	0.09	0.10	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.09	0.07	0.08	0.09	0.06	0.08
MgO	1.38	1.52	1.46	1.46	1.38	1.56	1.12	1.04	1.54	1.02	1.16	1.82	0.70	1.72
CaO	4.51	4.51	4.10	3.78	4.05	4.10	3.65	3.34	3.95	3.78	4.16	4.64	3.07	4.34
Na <sub>2</sub> O	3.24	2.83	3.02	2.93	3.03	2.95	3.21	3.32	2.87	3.21	3.29	2.92	3.29	2.92
K <sub>2</sub> O	3.19	3.08	3.19	3.64	3.27	3.29	3.05	3.23	3.61	3.18	2.98	3.16	3.75	3.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.17	0.15	0.15	0.17	0.13	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.12	0.16
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.95	1.55	1.52	1.00	0.92	0.84	0.84	0.78	1.06	0.81	0.91	1.10	1.34	1.05
Somma	99.53	99.43	99.77	100.40	100.42	100.58	100.67	100.24	99.48	99.94	99.98	100.31	99.43	100.01
Sr	352	332	354	297	312	225	228	217	226	420	387	333	342	330
Rb	119	98	120	129	125	127	114	133	130	141	121	117	146	117
NORMA "C. I. P. W."														
Q	19.81	22.66	23.14	24.23	24.93	24.29	28.58	27.84	23.29	26.59	24.32	20.73	28.28	22.56
C	0.80	0.42	0.75	0.97	0.91	0.70	0.63	0.84	0.18	0.80	0.66	0.55	0.43	1.28
Or	18.85	18.20	18.85	21.51	19.32	19.44	18.02	19.08	21.33	18.79	17.61	18.67	22.16	17.84
Ab	27.41	23.94	25.55	24.79	25.63	24.96	27.16	28.09	24.28	27.16	27.83	24.70	27.83	24.70
An	21.39	21.26	19.36	17.77	18.98	19.49	17.52	15.91	18.81	17.83	19.59	21.91	14.44	20.35
Wo/Di	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
En/Di	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fs/Di	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
En/Hy	3.43	3.78	3.63	3.63	3.43	3.88	2.78	2.58	3.83	2.54	2.88	4.53	1.74	4.28
Fs/Hy	5.25	5.94	5.62	4.38	4.78	5.54	3.84	4.05	5.41	3.95	4.40	6.15	1.06	5.92
mt	0.40	0.36	0.15	0.98	0.30	0.39	0.44	0.26	0.20	0.47	0.59	0.50	1.47	0.55
il	0.85	0.89	0.81	0.75	0.77	0.72	0.60	0.53	0.77	0.62	0.77	1.04	0.36	1.02
ap	0.35	0.40	0.35	0.35	0.40	0.30	0.21	0.23	0.28	0.33	0.37	0.40	0.28	0.42
D.I.	67.0	66.2	68.8	71.0	70.3	68.9	73.9	75.4	70.0	73.2	70.4	64.6	79.8	65.8

(continua)

Osservando la distribuzione di Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>O è visibile tuttavia una debole dispersione dei punti nell'ambito di uno stesso litotipo. Inoltre limitatamente alla distribuzione del K<sub>2</sub>O i vari litotipi sembrano appartenere a rette con coefficiente di corre-

(segue Tab. 1)

N°Analisi	GRANODIORITI			TONALITI											
	74	75	97 (*)	1	2	8	9	12	14	17	18	20	28 (*)		
N°Camp.	DobIV 358	DobIV 362	Def 18	DobIV 7	DobIV 15	DobIV 250	DobIV 251	DobIV 254	DobIV 258	DobIV 282	DobIV 286	Def 36	DobIV 175		
SiO <sub>2</sub>	64.60	64.35	63.34	63.45	61.50	62.66	64.44	65.36	59.47	66.46	65.95	59.38	61.66		
TiO <sub>2</sub>	0.53	0.56	0.47	0.59	0.65	0.61	0.52	0.54	0.74	0.49	0.52	0.80	0.58		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.93	17.08	16.37	17.45	18.44	17.29	17.23	16.37	18.39	16.34	16.51	17.11	17.48		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.35	0.63	2.35	0.53	0.54	0.45	0.34	0.46	0.64	0.24	0.32	0.78	1.44		
FeO	3.66	3.73	2.40	4.30	4.70	4.41	4.02	3.82	5.28	3.55	3.75	5.34	3.78		
MnO	0.09	0.10	0.12	0.12	0.10	0.11	0.11	0.12	0.14	0.09	0.11	0.13	0.12		
MgO	1.69	1.86	1.98	2.14	2.26	2.15	1.82	1.84	2.60	1.58	1.74	3.30	2.40		
CaO	4.76	4.65	4.74	5.37	6.25	5.55	5.29	5.02	6.54	4.49	4.51	6.27	5.71		
Na <sub>2</sub> O	2.97	3.05	2.93	2.87	2.87	2.91	2.96	3.37	2.73	3.18	3.14	2.61	2.68		
K <sub>2</sub> O	2.89	2.78	2.77	2.52	2.18	2.16	2.58	2.03	2.35	2.93	2.40	2.34	2.23		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.20	0.14	0.15	0.20	0.15	0.13	0.12	0.17	0.15	0.16	0.17	0.12		
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.06	1.13	1.72	1.13	1.26	1.19	1.08	0.97	1.39	0.96	1.12	1.46	1.50		
Somma	99.70	100.12	99.33	100.62	100.95	99.64	100.52	100.02	100.44	100.46	100.23	99.69	99.80		
Sr	332	332	222	250	283	268	256	217	264	325	311	266	318		
Rb	112	110	110	91	94	83	98	103	84	115	117	88	101		
NORMA "C. I. P. W. "															
Q	21.41	21.24	22.10	19.78	16.94	19.63	20.72	22.23	13.52	22.60	23.97	14.10	19.19		
C	0.66	1.07	0.26	0.59	0.47	0.43	0.26	-	-	0.13	0.92	-	0.39		
Or	17.07	16.02	16.37	14.89	12.88	12.76	15.24	11.99	13.88	17.31	14.18	13.82	13.17		
Ab	25.13	25.80	24.79	24.28	24.28	24.62	25.04	28.51	23.10	26.90	26.57	22.08	23.52		
An	22.50	21.76	22.60	25.66	29.70	26.55	25.39	23.54	30.98	21.29	21.33	28.06	27.54		
Wo/Di	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.14	-	-	0.80	-		
En/Di	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.06	-	-	0.39	-		
Fs/Di	-	-	-	-	-	-	-	0.13	0.08	-	-	0.39	-		
En/Hy	4.20	4.63	4.93	5.32	5.62	5.35	4.53	4.47	6.41	3.93	4.33	7.81	5.97		
Fs/Hy	5.72	5.59	1.91	6.70	7.29	6.92	6.44	5.83	8.12	5.67	5.96	7.68	5.01		
mt	0.50	0.91	3.40	0.76	0.78	0.65	0.49	0.66	0.92	0.34	0.46	1.13	2.08		
il	1.00	1.06	0.89	1.12	1.23	1.15	0.98	1.02	1.40	0.93	0.98	1.51	1.10		
ap	0.40	0.47	0.33	0.35	0.47	0.35	0.30	0.28	0.40	0.35	0.37	0.40	0.28		
D. I.	64.5	64.1	64.8	59.3	54.3	57.9	61.4	63.4	51.0	67.2	65.3	50.9	56.9		

(continua)

lazione diverso, fattore questo probabilmente imputabile all'estrema mobilità di tale elemento.

Da quanto è possibile dedurre dai diagrammi di fig. 3, la successione continua,

(segue Tab. 1)

N°Analisi	FONALITI													
	⊙	⊙	⊙	*)	*	*	*	*	*(*)	*	*	*	*	*
N°Camp.	DobIV	DobIV	Def	AA	DobIV	DobIV	DobIV	DobIV	DobIV	Def	Def	DobIV	DobIV	DobIV
	87	181	51	73-57a	6	28	34	174	176	31	40	104	290	302
SiO <sub>2</sub>	64.18	64.92	60.86	59.73	61.27	63.38	64.59	60.94	61.86	58.46	64.29	66.16	64.51	63.80
TiO <sub>2</sub>	0.54	0.50	0.63	0.74	0.63	0.59	0.49	0.67	0.64	0.82	0.56	0.46	0.47	0.59
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.74	16.50	17.70	17.74	17.33	16.70	16.50	17.41	17.73	17.16	16.81	16.90	16.73	16.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.26	0.49	0.78	1.31	0.42	0.47	0.30	0.64	0.80	0.64	0.40	0.81	0.21	0.45
FeO	3.94	3.60	4.28	4.85	4.63	4.25	3.75	4.90	4.18	5.78	3.88	3.12	3.64	4.04
MnO	0.10	0.10	0.11	0.12	0.11	0.10	0.09	0.12	0.11	0.13	0.09	0.09	0.09	0.10
MgO	1.85	1.72	2.19	2.96	2.38	2.14	1.76	2.57	2.36	3.56	1.84	1.64	1.71	2.07
CaO	4.77	4.56	5.85	6.03	5.52	4.81	5.89	6.09	5.76	6.42	4.83	4.43	5.25	5.30
Na <sub>2</sub> O	2.88	2.67	2.71	2.55	2.67	2.92	2.89	2.73	2.76	2.51	3.08	3.39	3.08	2.92
K <sub>2</sub> O	2.63	3.19	2.46	2.34	2.43	2.87	2.54	2.35	2.32	2.63	2.38	2.53	2.55	2.70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.17	0.16	0.15	0.17	0.17	0.13	0.17	0.17	0.20	0.18	0.19	0.13	0.21
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.83	1.26	2.10	1.66	1.86	1.11	1.08	1.16	1.21	1.48	1.09	0.96	1.02	1.17
Somma	99.90	99.68	99.83	100.18	99.42	99.51	100.01	99.75	99.90	99.79	99.43	100.68	99.39	100.13
Sr	331	347	243	275	244	290	241	259	243	267	327	340	234	313
Rb	97	109	95	120	87	110	92	86	106	94	112	111	97	102
NORMA "C.I.P.W."														
Q	22.01	22.78	17.42	15.92	18.20	19.37	21.27	16.38	18.73	11.80	21.93	23.32	20.90	19.82
C	0.91	0.77	0.32	0.40	0.67	0.45	-	-	0.61	-	0.81	0.98	-	-
Or	15.54	18.85	14.53	13.82	14.36	16.96	15.01	13.88	13.71	15.54	14.06	14.95	15.06	15.95
Ab	24.36	22.59	22.93	21.57	22.59	24.70	24.45	23.10	23.35	21.23	26.06	28.68	26.06	24.70
An	22.48	21.51	27.97	28.93	26.27	22.75	24.54	28.31	27.46	27.79	22.78	20.73	24.29	24.70
Wo/Di	-	-	-	-	-	-	1.59	0.33	-	1.15	-	-	0.37	0.09
En/Di	-	-	-	-	-	-	0.67	0.15	-	0.56	-	-	0.15	0.04
Fs/Di	-	-	-	-	-	-	0.92	0.17	-	0.56	-	-	0.21	0.04
En/Hy	4.60	4.28	5.45	7.37	5.92	5.32	3.70	6.24	5.87	8.30	4.58	4.08	4.09	5.11
Fs/Hy	6.31	5.56	6.37	6.82	7.31	6.62	5.07	7.40	6.16	8.40	6.03	4.46	5.68	6.20
mt	0.37	0.71	1.13	1.89	0.60	0.68	0.43	0.92	1.15	0.92	0.57	1.17	0.30	0.65
il	1.02	0.94	1.19	1.40	1.19	1.12	0.93	1.27	1.21	1.55	1.06	0.87	0.89	1.12
ap	0.42	0.40	0.47	0.35	0.40	0.40	0.30	0.40	0.40	0.47	0.42	0.45	0.30	0.49
D.I.	63.2	65.3	56.2	52.1	56.5	62.0	61.4	54.1	56.5	49.4	63.1	67.2	63.1	61.1

(continua)

con limitate sovrapposizioni, dei vari litotipi potrebbe essere riferibile ad un « trend » evolutivo normale di differenziazione da un unico magma capostipite, come già supposto da MORGANTE nel 1933.



(segue Tab. 1)

N°Analisi	GRANITI							DIORITI	
	*	*	*(*)	(*)	*(*)	*(*)	*	(*)	
	10	51	52	55	67	59	33	19	56
N°Camp.	DobIV	Def	Def	AA	AA	AA	AA	Def	AA
	253	3	5	75-3	75-9	75-10	73-81	26	75-4
SiO <sub>2</sub>	72.27	70.69	75.09	78.92	70.56	70.40	73.21	52.46	54.29
TiO <sub>2</sub>	0.23	0.21	0.11	0.11	0.21	0.11	0.13	1.11	0.69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.86	15.31	13.61	11.43	15.20	15.91	14.18	19.33	17.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.25	0.04	-	0.79	0.34	0.40	4.25	2.87
FeO	2.04	1.77	0.97	0.89	1.22	1.09	0.96	4.58	5.15
MnO	0.06	0.07	0.05	0.02	0.07	0.07	0.04	0.21	0.22
MgO	0.60	0.48	0.18	0.28	0.78	0.48	0.28	4.24	3.63
CaO	2.56	2.76	1.77	1.90	2.87	2.74	1.95	8.41	6.91
Na <sub>2</sub> O	3.14	3.29	3.23	2.17	3.18	3.87	3.08	2.05	3.08
K <sub>2</sub> O	3.98	4.10	4.71	3.81	4.03	3.81	4.52	1.76	2.23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.08	0.02	0.06	0.08	0.06	0.05	0.24	0.21
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.82	0.62	0.34	0.50	1.02	0.92	0.88	1.86	2.35
Somma	100.66	99.63	100.12	100.09	100.01	99.80	99.68	100.50	99.47
Sr	190	339	147	227	263	224	203	268	349
Rb	156	171	197	118	159	188	172	61	119
NORMA "C. I. P. W."									
Q	31.06	28.16	33.15	46.71	28.92	26.12	32.95	8.95	6.32
C	0.94	0.63	0.02	0.42	0.58	0.58	0.79	-	-
Or	23.52	24.23	27.83	22.51	23.81	22.51	26.71	10.40	13.17
Ab	26.57	27.83	27.33	18.36	26.90	32.74	26.06	17.34	26.06
An	12.11	13.17	8.65	9.03	13.71	13.20	9.34	38.34	28.26
Wo/Di	-	-	-	-	-	-	-	0.75	1.93
En/Di	-	-	-	-	-	-	-	0.52	1.09
Fs/Di	-	-	-	-	-	-	-	0.17	0.76
En/Hy	1.49	1.19	0.44	0.69	1.94	1.19	0.69	10.03	7.94
Fs/Hy	3.46	2.82	1.65	1.48	1.37	1.66	1.29	3.28	5.58
mt	0.01	0.36	0.05	-	1.14	0.49	0.57	6.16	4.16
il	0.43	0.39	0.20	0.20	0.39	0.20	0.24	2.10	1.31
ap	0.21	0.18	0.04	0.14	0.18	0.14	0.11	0.56	0.49
D.I.	81.3	81.1	88.9	88.0	80.5	7	86.8	37.2	46.9

Il comportamento anomalo, relativo agli ossidi SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O, offerto da due campioni (granito 55 e diorite 56), per altro non giustificato dalle caratteristiche petrografiche, deve essere imputato a fattori locali, anche se si tiene conto dell'esiguo numero di tali campioni rispetto al totale delle rocce analizzate.

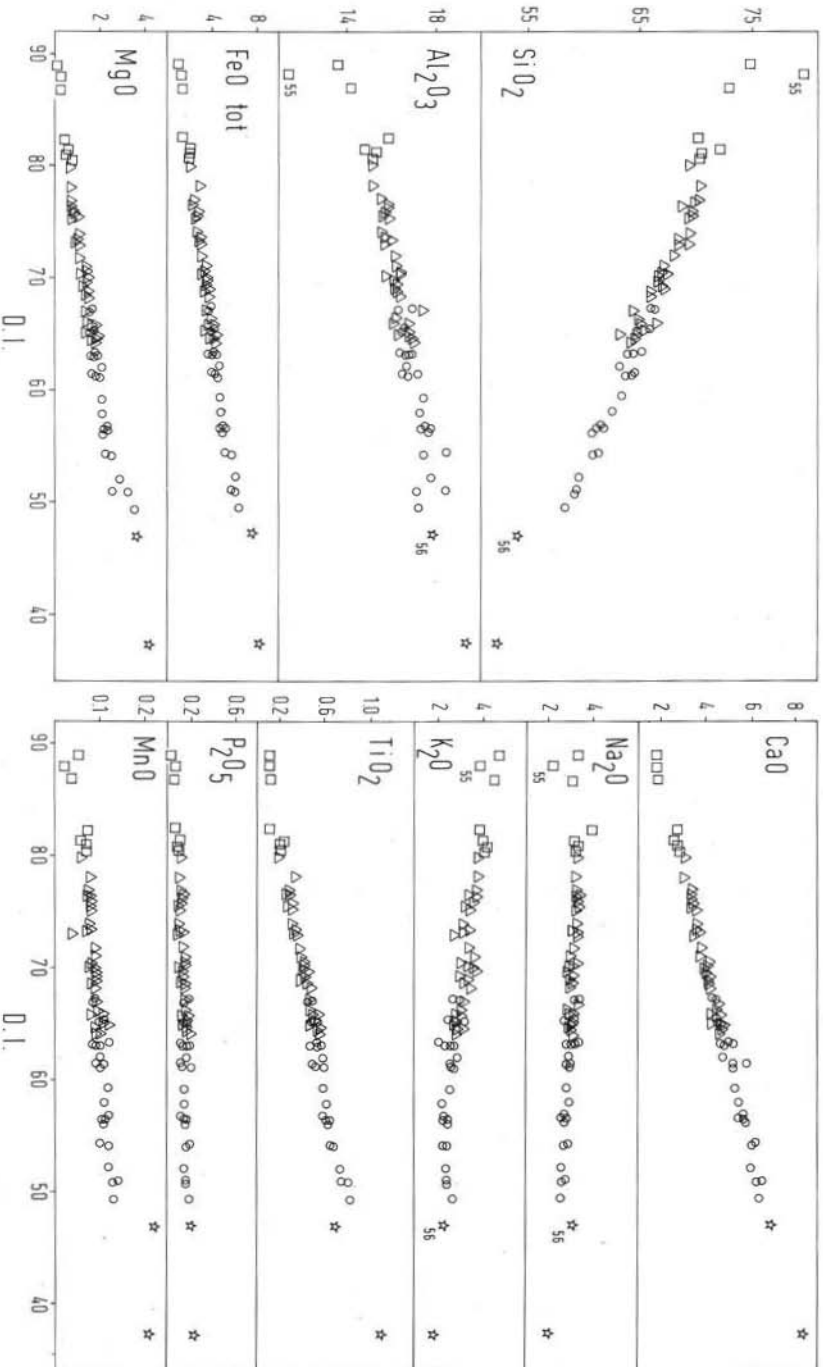


Fig. 3. — Diagramma di variazione % ossidi contro D.I. (indice di differenziazione di THORNTON e TUTTLE, 1960). I punti rappresentativi dei vari litotipi (graniti = □; granodioriti = △; tonaliti = ○; dioriti = ☆) presentano una generale buona correlazione. Lievi dispersioni sono visibili nella distribuzione di  $Al_2O_3$  e  $K_2O$ ; in quest'ultimo caso i tre litotipi fondamentali (graniti, granodioriti, tonaliti) sembrano appartenere a rette con coefficiente di correlazione diverso. Un comportamento anomalo è offerto dal granito 55 e dalla diorite 56.

La presenza infine di corindone normativo (tab. 1) indica che la maggior parte delle rocce delle Vedrette di Ries sono peralluminifere.

#### B - ELEMENTI IN TRACCIA

Le variazioni di Ca, Sr, K, Rb nelle serie di differenziazione sono state oggetto di numerosi studi; è noto infatti che in rocce intrusive acide il contenuto in Sr varia in funzione diretta con il contenuto in Ca (SEN et al., 1959; HALL, 1967). In modo analogo variano Rb e K, con un netto arricchimento in Rb nelle fasi estreme

TABELLA 2  
Valori medi in Ca% e Sr ppm dei gruppi di rocce analizzate

	N. CAMP.	Ca %		Sr ppm	
		INT. VAR.	MEDIA	INT. VAR.	MEDIA
<u>TONALITI</u>					
T <sub>3</sub>	14	3.75-4.67	4.19	234-283	256
T	9	3.17-4.08	3.45	290-347	322
<u>GRANODIORITI</u>					
GD <sub>3</sub>	7	2.39-3.39	2.85	214-228	221
GD <sub>2</sub>	13	2.70-3.40	3.08	297-354	339
GD <sub>1</sub>	11	2.19-2.97	2.50	341-420	377
<u>GRANITI</u>					
G <sub>3</sub>	2	1.26-1.83	1.54	147-190	168
G <sub>2</sub>	2	1.36-2.05	1.70	227-263	245

del frazionamento (HEIER e TAYLOR, 1959; TAYLOR e HEIER, 1958, 1960; TAYLOR et al., 1956). È noto inoltre che il rapporto Rb/Sr è fortemente influenzato dai processi di frazionamento.

Osserviamo ora il comportamento di Ca, Sr, K, Rb e di alcuni significativi rapporti (Rb/Sr; K/Rb) nelle rocce che costituiscono il plutone delle Vedrette di Ries.

#### Ca - Sr

In fig. 4 vengono messe in relazione le variazioni del Ca e dello Sr nelle rocce in oggetto. In tale diagramma si possono distinguere gruppi di rocce che, pur essendo litologicamente analoghe, esibiscono caratteri geochemici diversi. Vengono così individuati due gruppi di tonaliti (T\*, T<sub>3</sub>), tre di granodioriti (GD<sub>1</sub>, GD<sub>2</sub>, GD<sub>3</sub>) e due di graniti (G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>), i valori medi dei quali ( $\bar{Ca}$ ,  $\bar{Sr}$ ) sono riportati in tab. 2.

Alcuni di questi gruppi (T<sub>3</sub>-GD<sub>3</sub>-G<sub>3</sub>; GD<sub>2</sub>-G<sub>2</sub>) sono disposti in successioni continue dai termini più basici a quelli più acidi; le curve rappresentative, con corre-

lazione positiva tra Ca e Sr, sono parallele tra loro e sono caratterizzate da contenuti diversi in Sr.

Limitatamente al gruppo GD<sub>1</sub> la disposizione dei campioni, secondo una ben definita direzione di allungamento, può essere rappresentata da una curva l'anda-

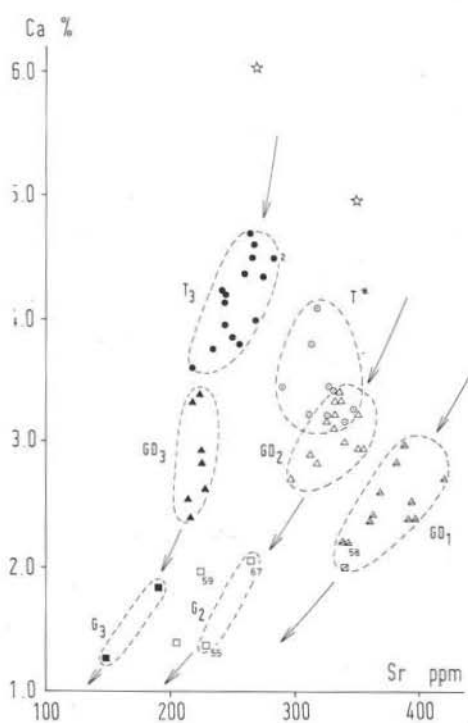


Fig. 4. — Diagramma Ca-Sr. - Ripartizione in gruppi (linea a tratto) dei punti rappresentativi delle rocce analizzate (T<sub>3</sub>, T\* = tonaliti; GD<sub>3</sub>, GD<sub>2</sub>, GD<sub>1</sub> = granodioriti; G<sub>3</sub>, G<sub>2</sub> = graniti) ed individuazione dei « trends » di differenziazione (freccie). I simboli sono analoghi a quelli di fig. 3.

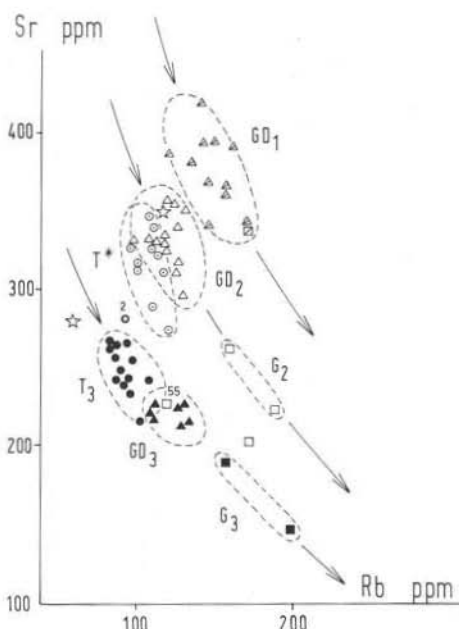


Fig. 5. — Diagramma Sr-Rb. - Ripartizione in gruppi dei punti rappresentativi delle rocce analizzate ed individuazione dei « trends » di differenziazione. È visibile la diversa disposizione dei campioni 2 e 55 rispetto al diagramma precedente. Simboli e sigle analoghi a quelli di fig. 3 e 4.

mento della quale è parallelo alle precedenti, tenuto conto anche del limitato numero di litotipi.

Inoltre la correlazione negativa del Ca rispetto a Sr, tra le tonaliti T\* e le granodioriti GD<sub>2</sub>, visibile in fig. 4, permette di escludere l'esistenza di legami diretti.

È interessante notare che i gruppi appartenenti al medesimo litotipo si diversificano nettamente tra di loro solo per il diverso contenuto in Sr, in quanto le variazioni del Ca sono alquanto limitate (vedi anche tab. 2).

In fig. 10 a è possibile osservare che le rocce appartenenti a gruppi geochemicalmente distinti affiorano in aree diverse e ciò fa supporre per questi litotipi un'origine diversa. In particolare nella terminazione occidentale del plutone si localizzano di preferenza i litotipi a più basso contenuto in Sr (T<sub>3</sub>-GD<sub>3</sub>-G<sub>3</sub>), mentre, man mano che ci si sposta in direzione E, detto contenuto aumenta gradualmente. Per quanto riguarda la distribuzione del Ca si può solo affermare che esso è presente in maggior quantità nelle tonaliti T<sub>3</sub>.

Questa suddivisione del plutone delle Vedrette di Ries in aree che dal punto di vista geochimico risultano ben distinte, trova solo un parziale riscontro in campagna, limitato per lo più alla presenza di granato nelle tonaliti T<sub>3</sub> e in alcune granodioriti GD<sub>3</sub>.

### Sr - Rb

In fig. 5 sono stati proiettati i contenuti in Sr e Rb delle rocce in esame, considerando il Rb come indice di frazionamento. Anche in questo diagramma la ripartizione dei campioni è tale da individuare gruppi ben distinti i quali risultano analoghi a quelli definiti in precedenza, anche se sono rilevabili piccole variazioni limitate per lo più ai campioni 2 e 55. Il maggior contenuto in Sr del campione 2 potrebbe essere ricollegato alla sua situazione geologica in quanto esso è in stretta relazione a locali e vistosi fenomeni di assimilazione di rocce incassanti (P.te Tobel in Valle di Riva).

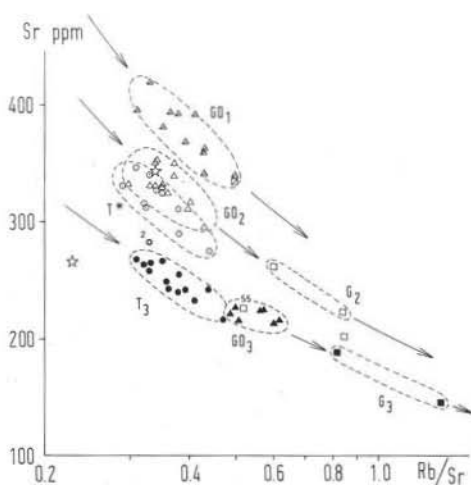


Fig. 6. — Diagramma Sr-Rb/Sr. - Ripartizione in gruppi dei punti rappresentativi delle rocce analizzate ed individuazione dei « trends » di differenziazione. Simboli e sigle analoghi a quelli di fig. 3 e 4.

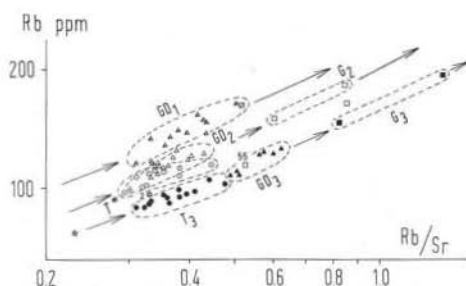


Fig. 7. — Diagramma Rb-Rb/Sr. - Ripartizione in gruppi dei punti rappresentativi delle rocce analizzate ed individuazione dei « trends » di differenziazione. Simboli e sigle analoghi a quelli di fig. 3 e 4.

Le variazioni di Sr e di Rb sono state correlate anche con il rapporto Rb/Sr (fig. 6 e 7) il quale, come è noto, risulta fortemente influenzato dai processi di differenziazione.

Le curve di distribuzione dei vari litotipi in questi diagrammi risultano meglio definite per il limitato scarto dei punti rappresentativi dei singoli campioni e hanno andamento analogo a quello individuato da CALLEGARI et al. (1974) per i K-feldspati delle varie masse dell'Adamello.

La distribuzione areale (fig. 10 b) di questi gruppi rispecchia quella vista in precedenza (fig. 10 a), salvo locali piccole variazioni relative ai campioni di cui sopra, confermando il diverso carattere geochimico delle aree così individuate.

Nel diagramma di fig. 8 sono state riportate le curve relative allo Sr e al Rb, le quali si intersecano per valori diversi del rapporto Rb/Sr e di poco superiori a 1,0.

*K - Rb*

In base alla distribuzione di questi elementi, visibile in fig. 9, le rocce del plutone delle Vedrette di Ries si dispongono secondo rette parallele con diversi rapporti K/Rb.

I gruppi così individuati (fig. 9) e la relativa distribuzione dei medesimi nel terreno (fig. 10c) solo in parte coincidono con quelli definiti in precedenza e ciò sarebbe da imputare alla ripartizione del K in queste rocce.

In tab. 3 vengono riportati i valori medi dei contenuti in K ed Rb relativi ai singoli gruppi di rocce per i quali, nell'ambito dello stesso litotipo, le variazioni di questi elementi sono legate da una correlazione negativa.

TABELLA 3  
*Valori medi in K%, Rb ppm e K/Rb dei gruppi di rocce analizzati*

	N. CAMP.	K %		Rb ppm		K/Rb	
		INT. VAR.	MEDIA	INT. VAR.	MEDIA	INT. VAR.	MEDIA
<u>TONALITI</u>							
T <sub>3</sub>	15	1.79-2.43	2.10	83-115	94	211-232	223
T	7	1.68-2.10	1.92	101-120	110	162-189	175
<u>GRANODIORITI</u>							
GD <sub>3</sub>	14	2.31-3.11	2.70	110-146	123	209-234	219
GD <sub>1</sub>	13	2.31-3.15	2.73	112-171	142	184-214	194
<u>GRANITI</u>							
G <sub>3</sub>	3	3.30-3.73	3.46	156-172	162	210-218	213
G <sub>1</sub>	2	3.40-3.91	3.65	171-197	184	189-199	198

**Discussione**

Le variazioni di Sr, Rb, Ca, K e dei rapporti Rb/Sr, K/Rb nelle rocce del massiccio granodioritico-tonalitico delle Vedrette di Ries hanno messo in luce l'esistenza di tre serie di gruppi ognuna delle quali è costituita da litotipi che possono essere considerati come prodotti di differenziazione.

I litotipi di ciascuna serie si distribuiscono lungo curve continue e parallele, l'andamento delle quali è analogo a quello trovato per le rocce del batolite della California del sud (NOCKOLD e ALLEN, 1953).

Nel diagramma cumulativo di fig. 8, ove è stato preso come indice di differenziazione il rapporto Rb/Sr, le curve relative a Sr e Rb si intersecano per valori diversi di Rb/Sr e di poco superiori a 1,0 mettendo così in evidenza i caratteri distintivi di queste tre serie di gruppi. Valori simili sono stati trovati da CALLEGARI et al. (1974) per i K-feldspati delle varie masse del plutone dell'Adamello.

La distribuzione dei vari litotipi nei diagrammi di figg. 4, 5, 6, 7, 8 pertanto fa supporre che il plutone delle Vedrette di Ries si sia costituito per intrusione di masse magmatiche chimicamente ed arealmente distinte (figg. 10 a, 10 b), ognuna delle quali si sarebbe evoluta in modo più o meno spinto secondo normali « trends » di differenziazione.

Queste masse non mostrano alcun legame tra di loro in quanto nei litotipi analoghi le variazioni di Ca, Sr, K, Rb seguono una correlazione inversa a quella relativa alla differenziazione.

TABELLA 4  
Coefficients di ripartizione

	Ca <sub>ga</sub>	Sr <sub>ga</sub>	Sr <sub>plag</sub>	Sr <sub>anf</sub>	Ca <sub>liq</sub>	Sr <sub>liq</sub>	Ca <sub>ga/liq</sub>	Sr <sub>ga/liq</sub>	Sr <sub>plag/liq</sub>	Sr <sub>anf/liq</sub>
<u>TONALITI (T<sub>3</sub>)</u>										
1	5.06	--	---	--	3.84	---	1.3	----	----	----
8	4.99	--	---	--	3.97	---	1.2	----	----	----
46	4.27	14	555	35	4.12	243	1.0	0.05	2.24	0.14
68	5.03	--	---	--	3.75	---	1.3	----	----	----
32	5.19	--	---	--	4.18	---	---	----	----	----
<u>GRANODIORITI (GD<sub>3</sub>)</u>										
69	5.56	--	---	--	2.61	---	2.1	----	----	----
72	5.27	--	---	--	2.82	---	1.9	----	----	----
97	----	--	429	--	----	222	---	----	1.92	----
<u>TONALITI (T*)</u>										
28	----	--	497	--	----	318	---	----	1.56	----
<u>LEEMAN, 1976 e bibl.</u>										
		--	---	--	----	---	---	0.04	1.2	0.3

I contenuti in Ca % del granato sono tratti da BELLINI et al. (1978), quelli in Sr ppm delle varie fasi mineralogiche sono tratti da BORSI et al. (1978).

I diversi contenuti in Ca (tab. 2) riscontrati in particolar modo per i due gruppi di tonaliti (T<sub>3</sub> = 4,19 % Ca; T\* = 3,45 % Ca) trovano ampia giustificazione ad un accurato esame petrografico dei campioni.

Infatti, come già accennato in precedenza, le tonaliti di tipo T<sub>3</sub> contengono in abbondanza cristalli di granato zonati con contenuto in CaO variabile (nucleo = 6,0 %, periferia = 9,0 % - BELLINI et al., 1978), plagioclasti fortemente zonati, con vistosi nuclei relitti ricchi in molecola anortitica (nucleo = 74 % An, zona intermedia = 49 % An, bordo = 31 % An - BELLINI et al., 1976) e abbondanti cristalli di orneblenda.

Nelle tonaliti di tipo T\* invece il granato è completamente assente, ed il plagioclasio è debolmente zonato (33 ÷ 39 % An).

Queste evidenze petrografiche che diversificano sensibilmente i due gruppi di tonaliti non sono altrettanto visibili nei vari gruppi degli altri litotipi, salvo la rara presenza di granato in alcune grandioriti (campione 69, 70, 72) appartenenti al gruppo GD<sub>3</sub>.

Il comportamento geochimico di Sr rispetto al Ca nei due tipi di tonaliti sarebbe anomalo, in quanto lo stronzio risulta maggiormente concentrato in quelle (T\*) a più basso contenuto in calcio.

Per alcuni litotipi (T<sub>3</sub>, GD<sub>3</sub>, T\*) sono stati calcolati i coefficienti di ripartizione di Ca e di Sr tra le varie fasi mineralogiche ed il liquidus (tab. 4). Come composizione del liquidus è stata ammessa quella della roccia totale ottenendo così dei risultati che sono da ritenersi validi almeno in prima approssimazione, data la buona coincidenza con quelli sperimentali esistenti in letteratura (LEEMANN, 1976 e bibl.).

Da quanto visto fino ad ora è possibile fare alcune ipotesi relative alla genesi delle varie masse che costituiscono il plutone delle Vedrette di Ries, prendendo come modello le tonaliti, per le quali, come già visto in precedenza, le diversità geochimiche trovano riscontro in quelle osservabili al microscopio.

a) I due tipi di tonaliti derivano da un unico magma capostipite; il granato è cristallizzato in profondità e si è concentrato dando origine alla tonalite di tipo T<sub>3</sub>;

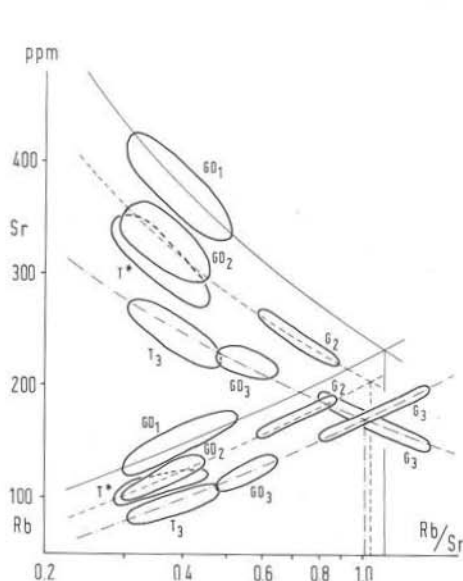


Fig. 8. — Diagramma cumulativo Sr, Rb contro Rb/Sr preso come indice di differenziazione. Le curve relative a Sr e Rb si intersecano per valori diversi del rapporto Rb/Sr e di poco superiori a 1,0. Campi di delimitazione dei vari gruppi e curve sono tratti dalle figg. 6 e 7.

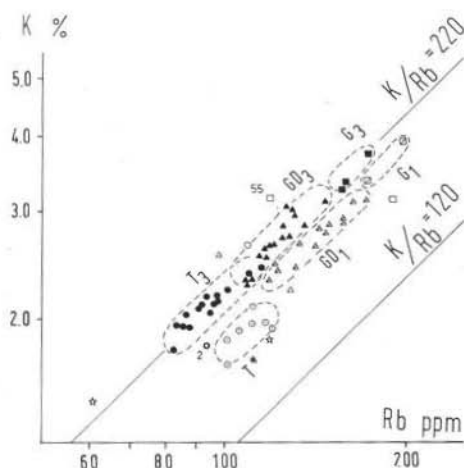


Fig. 9. — Diagramma K-Rb. - Distribuzione dei gruppi delle rocce analizzate lungo rette a diverso rapporto K/Rb. I gruppi così individuati solo in parte coincidono con quelli definiti in precedenza. Simboli e sigle analoghi a quelli di figg. 3 e 4.

b) le due tonaliti si sono formate da un unico magma e sarebbero cristallizzate a profondità diverse, maggiori per le T<sub>3</sub>;

c) le due masse si sono formate da magmi capostipiti con contenuti in Sr diversi.



La prima ipotesi sarebbe giustificata dal fatto che la cristallizzazione del granato sottrae Ca al liquido il quale, dato il basso coefficiente di ripartizione  $Sr_{garn./liq.}$ , si arricchisce in Sr. La successiva concentrazione di granato (differenziazione gravitativa?) determinerebbe la formazione di due rocce di diversa composizione, quella contenente granato più ricca in Ca e quella priva di granato più ricca in Sr.

Tale meccanismo potrebbe così giustificare il diverso carattere geochimico dei due gruppi di tonaliti. Tuttavia, il fatto che un plagioclasio con nuclei ricchi in molecola anortitica si associ al granato nelle tonaliti di tipo  $T_3$  dovrebbe far supporre, che anche i nuclei ricchi in An si siano concentrati con un meccanismo analogo a quello indicato per il granato.

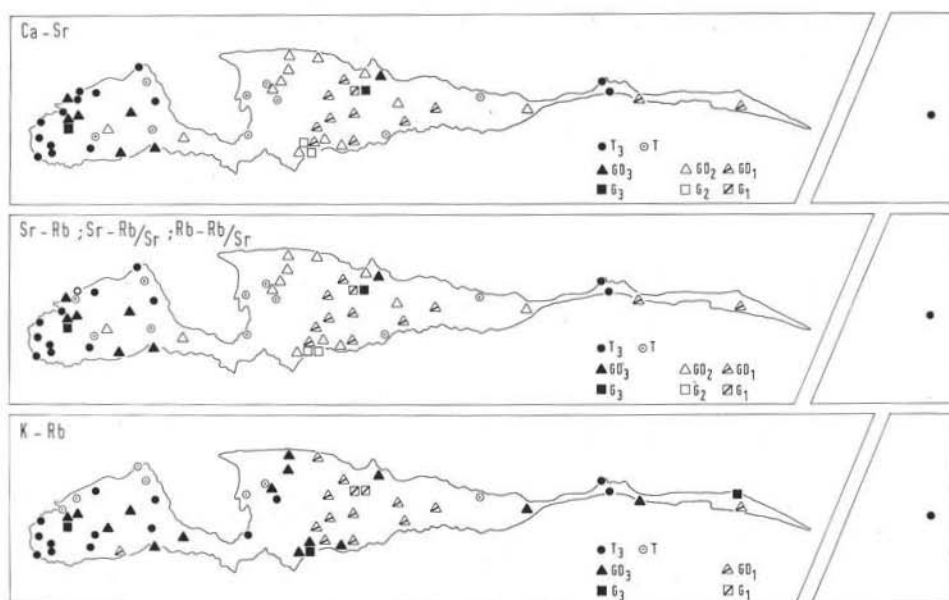


Fig. 10. — Distribuzione areale dei gruppi individuati nei diagrammi di variazione: a) Ca-Sr (fig. 4); b) Sr-Rb (fig. 5); Sr-Rb/Sr (fig. 6); Rb-Rb/Sr (fig. 7); c) K-Rb (fig. 9).

In tale modo la roccia risultante (tonaliti  $T_3$ ) sarebbe sì arricchita in Ca, ma anche il suo contenuto in Sr dovrebbe aumentare nei confronti della fase liquida residua (tonaliti  $T^*$ ) in quanto il coefficiente di ripartizione  $Sr_{plag./liq.}$  è elevato; cosa questa che disporrebbe i due gruppi di tonaliti lungo un normale «trend» di differenziazione, in contrasto a quanto osservato.

La seconda ipotesi che propone una diversa profondità di cristallizzazione di uno stesso magma capostipite, se da una parte spiega la presenza di granato ( $P \geq 10$  Kb - BELLINI et al., 1978) nelle tonaliti di tipo  $T_3$ , dall'altra non spiega l'assenza di cordierite in quelle di tipo  $T^*$ , come proposto da GREEN (1976, 1977).

In entrambi i casi comunque tale ipotesi non giustifica il diverso contenuto in Sr nei due tipi di tonaliti.

La terza ipotesi infine prevede l'esistenza di magmi capostipiti con diverso contenuto in Sr, i quali si sarebbero successivamente evoluti seguendo normali « trends » di differenziazione ben visibili per le masse T<sub>3</sub>-GD<sub>3</sub>-G<sub>3</sub> e GD<sub>2</sub>-G<sub>2</sub>. Il diverso contenuto in Sr potrebbe imputarsi all'anatessi di materiali diversi e/o a fenomeni di contaminazione.

L'intervento di fenomeni di contaminazione sarebbe indicato anche dal comportamento del campione 2; il diverso contenuto in Sr e Rb di tale campione rispetto alle tonaliti del tipo T<sub>3</sub>, alle quali è geograficamente e petrograficamente associato, potrebbe infatti, essere collegato a fenomeni di assimilazione di rocce incassanti.

Quando viene preso in considerazione il comportamento di K nei confronti di Rb (figg. 9, 10 c) i campioni del plutone in oggetto si dispongono secondo gruppi diversi da quelli messi in evidenza con il Ca e Sr.

Questa diversa disposizione dei campioni, con buona probabilità è legata alla estrema mobilità del potassio e quindi non corrisponderebbe alla situazione originaria delle masse ma ad un fattore secondario. È richiesto comunque uno studio dettagliato sul K-feldspato, che in alcuni campioni è presente in due generazioni, una delle quali a carattere tardivo, per avvalorare l'ipotesi di cui sopra.

BORSI et al. (1978), sulla base dei valori del rapporto (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr)<sub>i</sub>, attribuiscono alle rocce del plutone delle Vedrette di Ries una genesi per anatessi crostale con intervento anche di prodotti con basso valore di detto rapporto; ipotesi questa che trova conferma anche nelle evidenze geochimiche sopra esposte.

Detti Autori, riconoscono un'età di ~ 30 m.y. e l'intero plutone viene considerato composto da più corpi distinti (?). Tuttavia le masse individuate mediante la distribuzione di Sr, Rb, Ca solo in parte coincidono con quelle definite mediante i dati isotopici. Ad esempio i graniti e le granodioriti che affiorano a nord del lago di Anterselva non formerebbero un gruppo di rocce a sè stante (GRUPPO A) come indicato da BORSI et al. (1978), ma alcuni campioni (qui indicati con il n.° 59, 67 e 55) sembrerebbero appartenere al GRUPPO D (corrispondente nel presente lavoro alla massa GD<sub>2</sub>-G<sub>2</sub>) ed un campione (58) al GRUPPO C (corrispondente alla massa GD<sub>1</sub>) (vedi fig. 4). In tale modo nel GRUPPO A resterebbero le sole facies aplitiche.

Inoltre confrontando i risultati del presente lavoro con quelli ottenuti mediante i dati isotopici è possibile notare altre piccole differenze riguardanti sia la ripartizione dei singoli campioni nei vari gruppi sia l'individuazione del gruppo delle tonaliti del tipo T\*.

(2) L'analisi radiometrica di ~ 40 campioni (BORSI et al., 1978) che costituiscono il plutone delle Vedrette di Ries, ha messo in luce l'esistenza di 5 gruppi localizzati rispettivamente:  
 — Gruppo A a nord del lago di Anterselva (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0,7096 ± 0,0001; t = 30 ± 3 m.y.);  
 — Gruppo B nella valle di Riva (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0,7109 ± 0,0001; t = 23 ± 12 m.y.);  
 — Gruppo C nell'alta Defereggental (Austria) (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0,7089 ± 0,0001; t = 32 ± 7 m.y.);  
 — Gruppo D nel settore centro-orientale del plutone (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0,7098 ± 0,0004; t = 42 ± 43 m.y.);  
 — Gruppo E nella valle di Riva (<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr = 0,7207 ± 0,0005; t = 27 ± 21 m.y.).

Rivedendo le isocrone relative ai gruppi individuati sulla base dei dati geochimici, è possibile notare età diverse pur mantenendosi in un intervallo sostanzialmente post-eocenico.

### Conclusioni

Il comportamento geochimico degli elementi maggiori, minori e di alcuni dei più significativi elementi in traccia nelle rocce del plutone delle Vedrette di Ries ha permesso di stabilire quanto segue:

- nei diagrammi di variazione degli elementi maggiori e minori (% ossidi - D.I.) graniti, granodioriti, tonaliti e dioriti si distribuiscono in un'unica successione continua con limitate sovrapposizioni, e ciò farebbe supporre per questi litotipi una genesi per differenziazione da un unico magma capostipite;
- la variazione di Sr, Rb, Ca mette in evidenza la presenza di gruppi di rocce litologicamente eguali ma con contenuti sensibilmente diversi in Sr e sia pur più moderatamente anche in Rb. Questi gruppi si dispongono, negli appositi diagrammi, in tre successioni continue lungo curve parallele fra loro indicando così di essere i prodotti di normali « trends » di differenziazione.

I gruppi così definiti corrispondono sul terreno a masse arealmente ben delimitate delle quali solo la  $T_3$ - $GD_3$ - $G_3$  è parzialmente distinguibile in campagna per la presenza di granato nelle tonaliti ( $T_3$ ) e in alcune granodioriti ( $GD_3$ ). Tali masse si succedono con una certa regolarità lungo l'asse del plutone secondo un ordine che indica un graduale arricchimento in Sr da W verso E;

sono state prospettate tre ipotesi per spiegare i diversi caratteri geochimici delle masse che costituiscono il plutone delle Vedrette di Ries prendendo in considerazione i gruppi di tonaliti dato che solo in questi le diversità geochimiche trovano ampio riscontro nelle osservazioni petrografiche. Con i dati attualmente disponibili l'ipotesi più attendibile sarebbe quella relativa ad una anatessi di materiali cristallini diversi e/o a fenomeni di contaminazione. Per quanto riguarda la composizione dei materiali originari, il carattere peralluminifero di buona parte delle rocce delle Vedrette di Ries e la presenza, in alcuni litotipi, di granato (in equilibrio con il liquido - BELLINI et al., 1978), di plagioclasio con nuclei ricchi in Ca e di xenoliti (« resisters » di fusione) costituiscono altrettanti punti di analogia con i granitoidi « S-Type » di WHITE e CHAPPEL (1977) per i quali è ammessa una genesi per anatessi di materiali di composizione pelitica;

- le notevoli variazioni di  $K_2O$  osservabili nel diagramma di variazione di fig. 3 e la mancata coincidenza fra i gruppi che appaiono nel diagramma K-Rb (fig. 9) e quelli degli altri diagrammi sarebbero imputabili, con buona probabilità, a fenomeni secondari legati all'estrema mobilità del potassio.

*Ringraziamenti.* — L'autore desidera esprimere la propria gratitudine al Prof. B. ZANETTIN, Direttore del « Centro di Studio per i problemi dell'Orogeno delle Alpi orientali » del C.N.R. (Università di Padova), ai Prof. E. JUSTIN VISENTIN, F. P. SASSI e al Dr. E. M. PICCIRILLO per le proficue discussioni e per la lettura critica del manoscritto.

## BIBLIOGRAFIA

- BECKE F. (1892) - *Petrographische Studien am Tonalit der Rieserferner*. Tscher. Min. Petr. Mitt., 13, 379-433.
- BECKE F. (1912) - *Chemische Analysen von kristallinen Gesteinen aus Zentralkette der Ostalpen*. Denkschr. k. Akad. Wiensch., 75, 153-229.
- BELLIENI G. (1977) - *Caratteri geobarometrici delle intrusioni granitiche del plutone delle Vedrette di Ries (Rieserferner) (Alto Adige orientale) alla luce dei sistemi sperimentali Q-Or-Ab-An-H<sub>2</sub>O*. Rend. Soc. It. Miner. Petrol., 33 (2), 631-645.
- BELLIENI G., COMIN CHIARAMONTI P., VISONÀ D. (1976) - *Contributo alla conoscenza del plutone delle Vedrette di Ries (Alpi orientali)*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 351-370.
- BELLIENI G., MOLIN G. M., VISONÀ D. (1978) - *Genesi ed evoluzione dei granati nei complessi intrusivi di Bressanone e delle Vedrette di Ries (Alto Adige orientale)*. In corso di stampa.
- BIANCHI A. (1934) - *Studi petrografici sull'Alto Adige orientale e regioni limitrofe*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, 10, 1-243.
- BORSI S., DEL MORO A., SASSI F. P., ZIRPOLI G. (1973) - *Metamorphic evolution of the Austroalpine rocks to the south of the Tauern Window (Eastern Alps): radiometric and geo-petrologic data*. Mem. Soc. Geol. It., 12, 549-571.
- BORSI S., DEL MORO A., SASSI F. P., ZIRPOLI G. (1978) - *On the age of the Vedrette di Ries (Rieserferner) massif and its geodynamic significance*. Geol. Rund., in print.
- CALLEGARI E., DE PIERI R., MEZZACASA G., PICCIRILLO E. M. (1974) - *Potassium feldspars from the igneous rocks of the Adamello massif (Northern Italy). I. Chemical data*. Mem. Ist. Geol. Miner. Univ. Padova, 31, 3-34.
- DAL PIAZ G. B. (1934) - *Studi geologici nell'Alto Adige orientale e regioni limitrofe*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, 10, 1-242.
- DE VECCHI G. P., PICCIRILLO E. M., QUARENI S. (1968) - *Contributo all'analisi rapida di rocce mediante fluorescenza ai raggi X*. Rend. Soc. It. Miner. Petrol., 24, 217-228.
- FAURE G., POWELL J. L. (1972) - *Strontium isotope geology*. Springer-Verlag, Berlin.
- FLOOD R. H., SHAW S. E. (1977) - *Two «S-Type» granite suites with low initial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ratios from the New England batholith, Australia*. Contr. Min. Petr., 61, 163-173.
- GREEN T. H. (1976) - *Experimental generation of cordierite or garnet-bearing granitic liquids from a pelitic composition*. Geology, pp. 85-88.
- GREEN T. H. (1977) - *Garnet in silicic liquids and its possible use as a P-T indicators*. Contr. Min. Petr., 65, 59-67.
- HALL A. (1967) - *The distribution of some major and trace elements in feldspars from the Rosses and Ardara granite complexes, Donegal, Ireland*. Geochim. Cosmochim. Acta, 31, 835-848.
- HEIER K. S., TAYLOR S. R. (1959) - *Distribution of Li, Na, K, Rb, Cs, Pb and Tl in southern Norwegian pre-Cambrian alkali feldspars*. Geochim. Cosmochim. Acta, 15, 284-304.
- HENRY B. (1975) - *Microtectonique et anisotropie de susceptibilité magnetique du massif tonalitique des Rieserferner-Vedrette di Ries (Frontière italo-austriache)*. Tectonophysics, 27, 155-165.
- LEEMAN W. P. (1976) - *Petrogenesis of Mc Kinney (Snake River) olivine tholeiite in light of rare-earth element and Cr/Ni distributions*. Geol. Soc. Amer. Bull., 87, 1582-1586.
- KARL F. (1959) - *Vergleichende petrographische Studien an den Tonalit-Graniten der Höhen Tauern und der Tonalit-Graniten einiger periadriatischer Intrusiv massive*. Jb. Geol. Bundesanstalt Wien, 102, 1-192.
- MORGANTE S. (1933) - *La differenziazione chimica del massiccio intrusivo delle Vedrette di Ries (Alto Adige)*. Atti Ist. Veneto, SS.LL.AA., 93, 215-247.
- NOCKOLDS S. R. (1966) - *The behaviour of some elements during fractional crystallization of magma*. Geochim. Cosmochim. Acta, 30, 267-278.
- NOCKOLDS S. R., ALLEN R. (1953) - *The geochemistry of some igneous rock series*. Geochim. Cosmochim. Acta, 4, 105-142.
- SCHOKLITSCH K. (1933) - *Gesteinkundliche und geologische Studien im Gebiete zwischen Venediger- und Rieserferner-Gruppe*. Jb. Miner., 66, 226-274.

- SEN N., NOCKOLDS S. R., ALLEN R. (1959) - *Trace elements in minerals from rocks of the S. Californian batholith*. Geochim. Cosmochim. Acta, 16, 58-78.
- STRECKEISEN A. (1976) - *Classification of the common igneous rocks by means of their chemical composition. A provisional attempt*. N. Jb. Miner. Mh., 1, 1-15.
- TAYLOR S. R. (1965) - *The application of trace element data to problems in petrology*. Phys. Chem. Earth, 6, 133-214.
- TAYLOR S. R., EMELEUS C. H., EXLEY C. S. (1956) - *Some anomalous K/Rb ratios in igneous rocks and their petrological significance*. Geochim. Cosmochim. Acta, 10, 224-229.
- TAYLOR S. R., HEIER K. S. (1958) - *Alkali elements in potash feldspar from the pre-Cambrian of Southern Norway*. Geochim. Cosmochim. Acta, 13, 293-302.
- TAYLOR S. R., HEIER K. S. (1960) - *The petrological significance of trace element variations in alkali-feldspars*. Report 21st. Intern. Geol. Congr., Norden, 14, 47-61.
- THORNTON C. P., TUTTLE O. F. (1960) - *Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation index*. Amer. Journ. Sci., 258, 664-684.
- TUREKIAN K. K., KULP J. L. (1956) - *The geochemistry of strontium*. Geochim. Cosmochim. Acta, 10, 245-296.
- WALDMANN L. (1929) - *Ein kordieritreicher kinzigit vom Rieserferner-Tonalit in Osttirol*. Mitt. Geol. Ges., 22, 1-5.
- WHITE A. J. R., CHAPPEL B. W. (1977) - *Ultrametamorphism and granitoid genesis*. Tectonophysics, 43, 7-22.