

## MINERALOGIA E GEOCHIMICA DELLA PEGMATITE DEL GRANITO DI PREDAZZO: II - I FELDSPATI

FEDERICO LUCCHINI, NORIS MORANDI, MARIA CARLA NANNETTI,  
ROSSANA PIRANI, UMBERTO RESMI

Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università, P.zza S. Donato 1, Bologna

**RIASSUNTO.** — Vengono riportati i risultati di uno studio mineralogico, chimico e di stato strutturale di 31 campioni di pertiti e 4 campioni di plagioclasti provenienti da pegmatiti in filoni, vene o chiazze all'interno del granito di Predazzo.

Sui campioni è stato eseguito uno studio ottico, chimico (A.A., XRF e microsonda) e un'indagine diffrattometrica.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- i K-feldspati provenienti dalle pegmatiti presenti nel granito albitico e nel granito biotitico inequigranulare della zona *a* mostrano una composizione marcatamente anortoclastica, uno stato strutturale caratterizzato da alti valori di obliquità e un contenuto in Rb e un rapporto K/Rb che indicano un avanzato grado di differenziazione;
- i K-feldspati provenienti dalle aree *b* e *c* sono meno differenziati e risultano più coinvolti dalla attività di fluidi tardivi. Questo fenomeno risulta evidenziato dall'impoverimento in Rb, dalle correlazioni anomale tra alcuni elementi maggiori e in traccia e dalla dispersione dei valori della composizione globale e dello stato strutturale;
- buone correlazioni, attribuite ad una complessa azione di fluidi tardivi, sono state individuate tra il colore delle pertiti, il loro indice di obliquità e il contenuto in elementi maggiori e minori: a colore più scuro corrisponde alto indice di obliquità e mobilitazione di K, Na, Rb e forse di Ba.

**ABSTRACT.** — The mineralogy, chemistry and structural state of 31 perthites and 4 plagioclase samples coming from aplitic and pegmatitic dykes, veins and geodes in the Predazzo granite are examined.

The feldspars study was carried out by chemical (A.A., XRF and Microprobe), optical and X-ray analyses.

The results are as follows.

The feldspars occurring in dykes crossing the albite granite and the uneven-grained biotite granite (*a* zone) show bulk compositions (Or = 65%), structural state (higher obliquity) and trace geochemistry (especially Rb contents and K/Rb ratios) consistent with a marked differentiation.

The feldspars collected in the south area (*b* and *c* zones) are less differentiated and are more affected by complex metasomatic activities. This phenomenon is marked by lowering of Rb, by anomalous correlations among some major and trace elements, and by wider scattering in the bulk compositions and structural states.

Moreover good correlations between the color (darker) of the feldspars, their obliquity (higher) and chemical compositions (mobilization of K, Na, Rb and perhaps Ba) seems to be indicative of higher metasomatic activity.

### Premessa

Al seguito dello studio chimico-geochimico sui differenziati acidi (pegmatiti e apliti) inclusi nel granito di Predazzo, suddivisi e presi in esame all'interno di tre principali affioramenti (MORANDI et al., 1981), in questo lavoro viene esaminata, sotto gli aspetti del chimismo, della struttura e del contenuto in elementi minori, una casistica di: pertiti, pertiti in avanzato stato di trasformazione, plagioclasti in individui di grosse dimensioni.

Nella fig. 1 sono riportate le tre aree di affioramento individuate, e i singoli punti, con la loro simboleggiatura, indicano aree di campionamento dei differenziati pegmatitici ed aplitici, non necessariamente la localizzazione di un singolo campione. In riferimento alle tre zone, 13 campioni di pertite appartengono all'area *a*, 9 all'area *b* e 9 all'area *c*.

La scelta dei campioni è stata fatta soprattutto in base alle dimensioni dei cristalli e al loro colore che è bianco-rosa, oppure rosso mattone.

Per le caratteristiche mesoscopiche, di colore, di facies granitica che include il differenziato e per le indicizzazioni si rimanda alla tab. 1 della nota precedente (MORANDI et al., 1981).

TABELLA 1  
Composizione (% dell'elemento) delle perfiti

		K	Na	Ca	Mg	Fe	
a	035/01 <sup>^</sup>	6 <sup>^</sup>	9.77	2.60	0.08	0.036	0.189
	035/01	6	6.66	4.10	0.11	0.024	0.497
	035/05 <sup>^</sup>	7 <sup>^</sup>	9.98	2.48	0.06	0.035	0.228
	035/05	7	8.81	2.98	0.34	0.033	0.676
	035/06 <sup>^</sup>	8 <sup>^</sup>	9.83	2.58	0.04	0.027	0.214
	035/06	8	8.14	3.58	0.11	0.017	0.355
	036/01	9	10.46	2.14	0.13	0.097	0.238
	036/04	10	10.18	2.35	0.07	0.036	0.168
	036/06	11	10.48	2.12	0.11	0.080	0.254
	036/09	12	9.14	2.95	0.14	0.018	0.196
	031/11	13	9.97	2.37	0.23	0.024	0.245
	067/01	14	8.30	3.47	0.21	0.017	0.201
	067/02	15	7.95	3.70	0.26	0.018	0.241
		$\bar{x}$	9.20	2.88	0.16	0.035	0.285
		range	6.66-10.48	2.12-4.10	0.04-0.26	0.017-0.080	0.168-0.676
	s	0.32	0.18	0.025	0.007	0.040	
	C	1.16	0.65	0.089	0.025	0.146	
b	034/04	24	9.80	2.34	0.49	0.018	1.154
	034/06 <sup>^</sup>	25 <sup>^</sup>	12.44	0.85	0.20	0.024	0.364
	034/08 <sup>^</sup>	26 <sup>^</sup>	12.17	0.86	0.49	0.024	0.168
	034/08	26	9.98	2.28	0.41	0.018	0.147
	044/04	27	9.70	2.56	0.21	0.151	0.140
	044/06 <sup>^</sup>	28 <sup>^</sup>	12.01	0.79	0.75	0.030	0.231
	064/01 W	29	9.85	2.49	0.14	0.012	0.355
	064/03 W	30	9.21	2.92	0.17	0.019	0.221
	NP1	31	7.68	3.83	0.21	0.024	0.161
		$\bar{x}$	10.65	1.89	0.36	0.037	0.222
	range	9.70-12.44	0.79-2.92	0.14-0.75	0.012-0.151	0.140-0.364	
	s	0.47	0.32	0.076	0.016	0.032	
	C	1.32	0.89	0.21	0.046	0.091	
c	033/02	39	9.61	2.46	0.42	0.177	0.375
	033/05	40	9.27	2.67	0.13	0.084	0.084
	033/10	41	9.50	2.74	0.16	0.016	0.127
	043/01	42	8.98	3.05	0.16	0.025	0.134
	043/04	43	9.52	2.75	0.13	0.012	0.112
	043/07	44	9.23	2.89	0.14	0.009	0.121
	032/04	45	8.52	3.33	0.14	0.018	0.238
	062/01	46	8.50	3.24	0.29	0.061	0.312
	062/02	47	9.13	2.87	0.26	0.025	0.254
		$\bar{x}$	9.14	2.89	0.20	0.048	0.195
	range	8.50-9.61	2.46-3.33	0.13-0.42	0.009-0.177	0.084-0.375	
	s	0.14	0.09	0.033	0.018	0.034	
	C	0.41	0.28	0.10	0.055	0.103	
a+b+c	$\bar{x}$	9.57	2.62	0.22	0.040	0.241	
	range	6.66-12.44	0.79-4.10	0.04-0.75	0.009-0.177	0.084-0.676	
	s	0.22	0.14	0.029	0.007	0.023	
	C	1.21	0.77	0.16	0.040	0.124	

I campioni della zona *a* provengono prevalentemente da piccole concentrazioni pegmatitiche incluse nel granito albitico ed alcuni da pegmatiti filoniane di modesto spessore,

incluse nel granito biotitico inequigranulare, affiorante nelle parti a Nord e a Sud dell'area (fig. 1). I campioni della zona *b* e *c* sono concentrati per lo più nei grossi si-

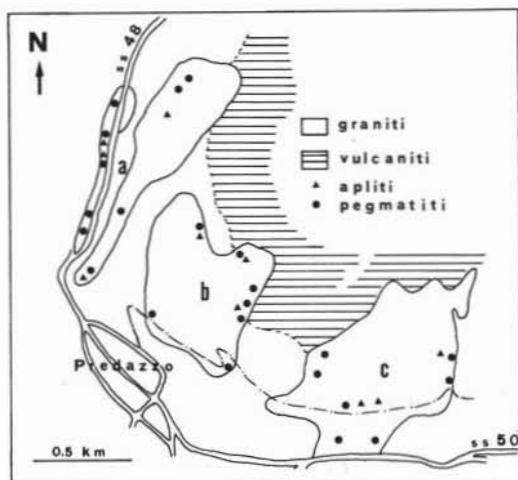


Fig. 1. — Aree di affioramento (*a*, *b*, *c*) del granito di Predazzo. I punti indicano le aree di campionamento dei differenziati aplitici (triangoli) e pegmatitici (cerchi) (da MORANDI et al., 1981).

stemi filoniani che intersecano in un caso il granito biotitico inequigranulare (zona *b*), nell'altro il microgranito (zona *c*) (già descritti in MORANDI et al., 1981). Alcuni esemplari della zona *c* fanno parte di chiazze pegmatitiche a grana media (Km 115 della SS 50) entro un granito biotitico inequigranulare povero in quarzo.

I plagioclasti analizzati provengono tutti dall'area *a*, poiché le pegmatite delle aree *b* e *c* non presentano mai paragenesi a plagioclasto.

Lo studio sperimentale è stato preceduto da un esame ottico per inquadrare le fasi mineralogiche separate a livello giaciturale e paragenetico in relazione al campione in toto e alla litofacies granitica includente.

### Metodologie sperimentali

Su ogni campione è stato fatto un primo arricchimento a mano del materiale utile; quindi si sono usate metodologie isopicnometriche e isodinamiche per separazioni su frazioni a granulometria fra  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{1}{4}$  di mm. Tutti i campioni separati sono stati trattati con acido acetico, diluito al 2%, per eliminare microgranulazioni diffuse di calcite evidenziate dall'esame ottico.

In tutti i campioni sono stati dosati <sup>(1)</sup> Na, K, Ca ed alcuni elementi minori (Mg, Fe, Rb, Ba, Sr, Cs, Pb, Li) riconosciuti in letteratura maggiormente legati alla cristallografia dei feldspati, in particolare di quelli tardivi. Alcuni plagioclasti (19, 49, 50) e la fase potassica smistata di una perthite (19) sono stati analizzati alla microsonda. Si è usata una microsonda elettronica ARL, mod. SEMQ con spettrometri a dispersione di lunghezza d'onda; si è operato su preparati tipo sezione sottile, opportunamente trattati e con l'indicazione dei soggetti e dei punti precisi da analizzare <sup>(2)</sup>.

Fra tutte le analisi puntuali eseguite si sono tenute valide quelle in cui il totale non indicava una difettosa messa a fuoco.

### Dati chimici

I dati chimici sono riportati in due tabelle (1 e 3), la prima relativa agli elementi maggiori, la seconda ai minori.

I singoli dati sono espressi in % in peso o in ppm e rappresentano i dati analitici ottenuti e normalizzati a 100, dopo la ricostruzione delle percentuali delle molecole Or, Ab, An.

In tab. 2 sono indicati: i valori Or, Ab, An riportati a 100; il parametro Q, che esprime la percentuale molare di silice libera nel materiale esaminato; il rapporto  $(Or+Ab+An)/Q$  e  $Or/(Ab+An)$ . In tabella 2 sono riportate anche la % molare di Or, valutata roentgenograficamente secondo ORVILLE (1967) e rappresentativa della composizione in Or complessiva della perthite, e quella di An letta sul grafico di SMITH e YODER (1956).

Nelle tabelle citate, i campioni sono raggruppati per zone e per ogni gruppo sono indicati i parametri statistici: media aritmetica ( $\bar{x}$ ), range, scarto quadratico medio ( $s$ ),

<sup>(1)</sup> Per qualche campione è stata estesa l'analisi a tutti i costituenti maggiori, per verificare la precisione e la validità delle ricostruzioni di Or, Ab, An e di Q (il quarzo è sempre presente anche nei grossi cristalli singoli, come riempimento di fratture o in associazioni mirmekitiche).

<sup>(2)</sup> Si ringraziano i Dott. CALANCHI e BARGOSI per la collaborazione prestata nella esecuzione delle analisi alla microsonda.

TABELLA 2  
Ricostruzione molecole feldspatiche

	Or	Ab	An	% mol. Q	$\frac{Or+Ab+An}{Q}$	$\frac{Or}{Ab+An}$	Or(X Ray)	An(X Ray)	
ia	6*	68.5	31.0	0.6	13.2	6.6	2.2	72.5	1.3
	6	48.5	50.7	0.8	5.6	17.0	0.9	53.2	3.2
	7*	70.0	29.6	0.4	35.0	1.9	2.3	70.2	3.5
	7	62.1	35.6	2.3	48.5	1.1	1.6	53.7	5.5
	8*	68.9	30.8	0.3	27.2	2.7	2.2	68.3	1.8
	8	56.8	42.5	0.7	20.9	3.8	1.3	58.8	2.0
	9	73.6	25.6	0.9	12.2	7.2	2.8	73.5	2.3
	10	71.5	28.0	0.5	13.0	6.7	2.5	73.3	8.5
	11	73.7	25.5	0.8	34.9	1.9	2.8	74.5	5.7
	12	63.9	35.1	1.0	1.3	77.9	1.8	67.1	5.6
	13	70.1	28.4	1.5	6.1	15.3	2.3	71.4	3.2
	14	57.9	41.1	1.0	24.5	3.1	2.4	59.8	8.3
	15	55.4	43.7	0.9	21.7	3.6	1.2	58.8	6.6
	$\bar{x}$	64.7	34.4	0.9	20.3	11.4	2.0	65.8	4.4
	range	48.5-73.7	25.5-50.7	0.3-2.3	1.3-48.5	1.1-77.9	0.9-2.8	53.2-74.5	1.3-8.5
s	2.2	2.2	0.1	3.8	5.7	0.2	2.2	0.7	
C	8.0	7.9	0.5	13.7	20.6	0.6	7.8	2.4	
ib	24	68.7	27.9	3.4	1.5	67.5	2.2	71.4	5.6
	25*	88.4	10.2	1.4	31.2	2.2	7.6	90.0	-
	26*	86.3	10.4	3.3	18.5	4.4	6.3	91.2	-
	26	70.0	27.2	2.8	3.3	29.4	2.3	72.5	7.6
	27	68.0	30.6	1.5	2.8	34.6	2.1	70.0	7.6
	28*	85.3	9.5	5.2	21.2	3.7	5.8	88.2	-
	29	69.2	29.8	1.0	23.2	3.3	2.2	69.2	7.0
	30	64.2	34.6	1.2	16.8	10.0	1.8	64.0	8.5
	31	53.5*	45.2*	1.3	8.3	11.1	1.1	54.5	7.1
	$\bar{x}$	75.0	22.5	2.5	14.8	19.4	3.8	77.1	7.3
	range	64.2-88.4	9.5-34.6	1.0-5.2	1.5-31.2	2.2-67.5	1.8-7.6	64.0-91.2	5.6-8.5
s	3.5	3.7	0.5	3.9	8.2	0.8	3.8	0.5	
C	9.8	10.6	1.5	11.0	23.2	2.3	10.9	1.1	
ic	39	67.7	29.4	2.9	12.9	6.8	2.1	66.2	6.8
	40	66.0	33.1	0.9	0.3	343.8	1.9	69.2	0.8
	41	66.4	32.6	1.0	11.3	7.8	2.0	63.0	9.3
	42	62.7	36.2	1.1	15.6	5.4	1.7	68.2	11.0
	43	66.5	32.6	0.9	1.9	52.7	2.0	68.2	3.7
	44	64.5	34.5	1.0	22.2	3.5	1.8	64.0	5.5
	45	59.4	39.6	1.0	4.9	19.4	1.5	61.9	1.8
	46	59.4	38.6	2.0	22.9	3.4	1.5	56.5	5.0
	47	64.0	34.2	1.8	17.7	4.7	1.8	63.0	5.7
$\bar{x}$	64.1	34.5	1.4	12.2	49.7	1.8	64.5	5.5	
range	59.4-67.7	29.4-39.6	0.9-2.9	0.3-22.9	3.4-343.8	1.5-2.1	56.5-69.2	0.8-11.0	
s	1.0	1.1	0.2	2.8	37.1	0.1	1.3	1.1	
C	3.0	3.2	0.7	8.4	111.4	0.2	4.0	3.3	
ci +di	$\bar{x}$	66.8	31.7	1.5	16.1	25.0	2.4	68.0	5.4
	range	48.5-88.4	9.5-50.7	0.3-5.2	0.3-48.5	1.1-343.8	0.9-7.6	64.0-91.2	0.8-11.0
	s	1.6	1.7	0.2	2.1	11.6	0.3	1.7	0.5
	C	8.9	9.4	1.1	11.7	63.3	1.5	9.5	2.7

deviazione standard (C). In calce alla tabella vengono riferite anche le medie e i parametri statistici della campionatura complessiva.

Le composizioni dei K-feldspati e dei plagioclasti sono proiettate nel grafico di fig. 2.

Le principali osservazioni su questi primi dati riportati nelle tabelle 1 e 2 e nella fig. 2 sono:

— le pertiti K-feldspatiche delle pegmatiti presentano complessivamente un ampio intervallo di composizione: è sufficiente

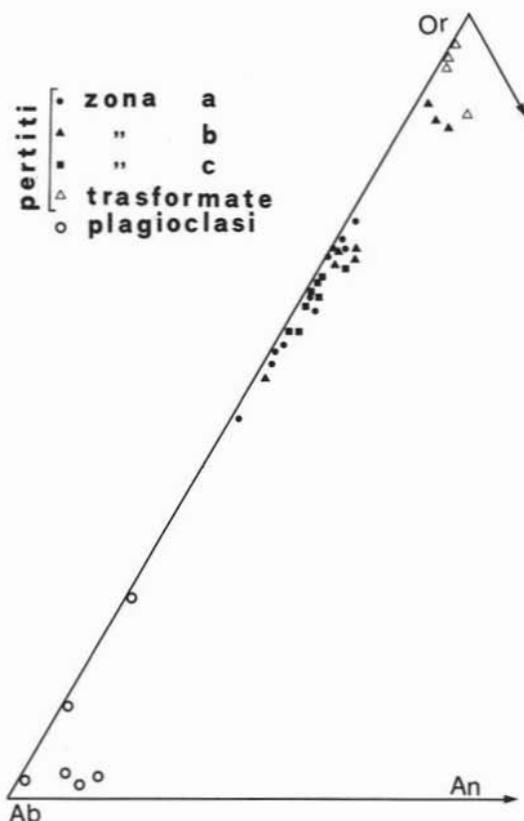


Fig. 2. — Diagramma Or-Ab-An con la proiezione dei punti rappresentativi la composizione di pertiti delle zone *a*, *b* e *c*, di pertiti trasformate e di plagioclasti.

osservare il range di K fra 6,7 e 12,4 % e di Na fra 0,8 e 4,1 %;

- Ca, Fe<sup>(3)</sup> e Mg, per i loro tenori bassi, sono da definirsi elementi minori;
- considerando separatamente ciascuna area le variazioni maggiori di K, e conseguentemente di Na, si osservano nell'area *a* e appaiono più modeste, nell'ordine, nella zona *c* e nella zona *b*;
- gli intervalli di variazione di Or e, rispettivamente, di Ab e An sono: Or = 48,5-88,4; Ab = 9,5-50,5; An = 0,3-5,2;
- la media più alta di Ab si ha nella zona

*a*; la più bassa nella zona *b*, specialmente per i campioni in giacitura filoniana inclusi nel microgranito e al contatto con la vulcanite;

- i campioni 31 e 27, 29, 30, più ricchi in Ab, provengono da chiazze di dimensioni più modeste, contenute nel granito biotitico inequigranulare che ha la maggior diffusione in questa zona e nel granito albitico a grana media, presente in una piccola area nella parte Nord dell'affioramento. La zona *c* è caratterizzata dall'intervallo di variazione più ristretto sia nel caso dei campioni provenienti dal filone, sia dalle piccole lenti pegmatitiche all'interno del granito biotitico inequigranulare alla base dell'affioramento;
- il tenore più basso di An si rileva in *a*; di poco maggiore in *c*; in media più alto e più variabile in *b*, dove è più alto anche il rapporto Or/(Ab+An);
- le pertiti più chiare risultano in genere notevolmente meno sodiche, anche quelle provenienti da grossi monocristalli in cui è stato possibile separare frammenti a colorazione più chiara e frammenti a colorazione più scura, mettendo in evidenza una correlazione diretta fra intensità di colore e tenore in sodio;
- complessivamente, e nell'ambito delle singole aree, le composizioni più anortoclastiche si trovano in campioni di pegmatite a grana medio-piccola con paragenesi complesse; questa caratteristica di composizione (che si manifesta nelle tessiture più smistate e spesso con distribuzione a domini irregolari degli smistamenti) è ampiamente nota e attribuita alle pegmatiti complesse;
- gli anortoclasti più sodici provengono dalla zona *a*; in particolare dalle piccole porzioni dell'affioramento in cui la litofacies granitica è biotitico-inequigranulare.

Il campione 31, proveniente dalla zona *b*, appartiene ad una pegmatite drusiforme, a grana grossolana, a paragenesi complessa e particolarmente idrotermalizzata in cui la lepidolite è in grossi pacchetti di lamine; quarzo, calcite e fluorite sono in cristalli euedrali, la calcite è rosa e con un tenore in MnO su-

(3) Fe è espresso come Fe<sup>3+</sup> e il dosaggio di Fe<sup>2+</sup> non è stato eseguito, date le difficoltà e l'incertezza nel dosaggio di Fe<sup>2+</sup> in bassissime concentrazioni.

TABELLA 3  
*Elementi minori (in ppm) nelle pertiti*

	Rb	Ba	Sr	Cs	Pb	Li	
a	6 <sup>^</sup>	1023	48	6	19	24	78
	6	594	41	14	7	13	45
	7 <sup>^</sup>	1607	63	15	23	35	190
	7	857	73	31	13	24	27
	8 <sup>^</sup>	2058	65	16	21	20	100
	8	885	53	18	11	14	22
	9	581	330	92	11	21	48
	10	616	330	94	10	19	18
	11	658	270	91	12	19	18
	12	445	41	10	8	17	17
	13	688	69	21	9	16	12
	14	708	201	82	9	15	12
	15	488	113	44	9	14	16
	$\bar{x}$	862	131	41	12	19	46
	range	445-2058	41-330	6-94	7-23	13-24	12-190
s	130	31	9,7	1,4	1,6	14,1	
C	468	111	35	5,2	6,0	51	
b	24	384	61	49	5	26	27
	25 <sup>^</sup>	541	178	131	7	32	135
	26 <sup>^</sup>	493	170	153	9	30	116
	26	334	138	133	4	31	34
	27	239	87	56	7	18	19
	28 <sup>^</sup>	391	132	74	10	53	118
	29	696	209	129	9	27	20
	30	553	417	227	9	22	14
	31*	1472	26	5	31	17	280
	$\bar{x}$	454	174	119	7	30	60
	range	239-696	61-417	49-227	4-10	18-53	14-135
s	51	39	21	0,8	3,7	18,6	
C	145	109	59	2,1	10,5	52	
c	39	409	77	96	5	33	25
	40	415	44	326	6	23	15
	41	414	57	29	6	27	24
	42	455	55	29	8	30	19
	43	329	88	60	9	15	11
	44	754	56	29	6	29	24
	45	583	38	9	10	16	27
	46	767	208	117	9	19	28
	47	737	103	53	8	18	21
	$\bar{x}$	540	81	83	7	23	22
range	329-767	38-208	9-326	5-10	15-33	11-28	
s	57	17	32	0,6	2,2	1,9	
C	173	52	97	1,7	6,6	5,7	
E+D+G	$\bar{x}$	657	127	74	10	23	43
	range	239-2058	41-417	6-326	4-23	13-53	11-190
	s	68	18	13	0,8	1,5	8,1
	C	372	100	71	4,4	8,5	45

\* campione non conteggiato nelle elaborazioni statistiche

- periore a 1 %; sono infine assai diffuse le granulazioni e le spalmature di ossidi e solfuri di ferro e di rame;
- il rapporto  $(Or + Ab + An)/Q$ , estrapolato, è estremamente variabile sia nel caso di individui mesopertitici singoli, sia di campioni rappresentativi di cristalli pertitici di medie dimensioni, sia di associazioni mirmekitiche;
  - la percentuale di  $Q$  molare, che ha significato analitico particolarmente nei campioni costituiti da grossi individui singoli, esprime l'estensione della implicazione quarzo-feldspatica nella pegmatite, specialmente se del tipo semplice: il parametro risulta tuttavia variabile e non correlabile con caratteri mesoscopici o compositivi della pertite stessa;
  - le pertiti delle pegmatiti risultano, nella media complessiva, più anortoclasiche di quelle dei graniti corrispondenti <sup>(4)</sup>, soprattutto nelle zone *a* e *c*; nella zona *b* alcune pertiti di pegmatiti mono- o bimineraliche mostrano talora valori di  $Or$  molto elevati;
  - la percentuale di  $Or$ , ottenuta dai dati chimici, trova buona corrispondenza nei dati roentgenografici relativi, secondo il metodo di ORVILLE (1967).

TABELLA 4

*Elementi alcalini e ricostruzione molecole feldspatiche di pertiti trasformate*

	K	Na	Ca	Or	Ab	An
26	13.17	0.48	0.11	93.4	5.8	0.8
32	8.63	0.18	2.92	96.4	3.4	0.2
25	10.26	0.44	0.74	87.4	6.4	6.2
48	13.07	0.42	0.11	94.5	5.2	0.3

Nella tab. 4 si riportano i dati chimici e le relative estrapolazioni delle molecole  $Or$ ,  $Ab$ ,  $An$ , per quattro grossi individui singoli di pertiti in avanzato stato di trasformazione; in tab. 7 sono riportati i tenori di alcuni ele-

menti minori, espressi in ppm. Dall'osservazione dei dati risulta evidente l'impoverimento in  $Na$  (% di  $Or$  tra 88 e 96), come conseguenza dell'effetto deutero. Lo studio roentgenografico ha messo in evidenza la modifica dell'associazione  $K$ -feldspato + quarzo in  $K$ -feldspato + quarzo + mica e/o caolinite, che corrisponde a una mobilitazione con allontanamento di  $Na$  e apporto di  $Al$ .

TABELLA 5

*Elementi alcalini e ricostruzione molecole feldspatiche di plagioclas*

	K	Na	Ca	Or	Ab	An
16	1.74	7.59	0.12	11.8	87.4	0.8
17	3.79	6.34	0.12	25.8	73.4	0.8
18	0.37	8.47	0.10	2.5	96.9	0.6
19	0.46	7.86	0.72	3.2	92.0	4.8
49	0.28	8.18	1.13	1.8	91.0	7.2
50	0.42	7.75	1.32	2.9	88.5	8.6

Per quanto riguarda i plagioclas, questi si trovano in paragenesi nelle pegmatiti in chiazze e, in grossi cristalli, solo nella parte terminale a Sud della zona *a*. Le composizioni in elementi maggiori di tre campioni analizzati chimicamente e di tre cristalli analizzati alla microsonda (due dei quali provenienti dallo stesso campione di roccia) sono riportate in tab. 5; nella tab. 8 sono indicati i tenori degli elementi minori espressi in ppm relativamente ai primi tre campioni.

Due dei campioni (16 e 18) analizzati per via chimica presentano composizioni plagioclasiche con un tenore in  $Or$  coerente con l'estensione della soluzione solida fra molecole feldspatiche; uno (17) è con ogni probabilità rappresentativo di una situazione anti-pertitica. Tutti, poi, hanno composizioni a basso tenore in  $An$ .

### Studio roentgenografico

Le indagini roentgenografiche, così come nello studio dei differenziati aptitici (MORANDI et al., 1981), sono state indirizzate a fornire indicazioni di carattere strutturale.

Su undici campioni, scelti opportunamente nelle diverse zone e rappresentativi di composizioni differenti, si sono calcolate, sulla base delle sequenze dei  $d$  in tutto l'intervallo

<sup>(4)</sup> Dallo studio di DEL MONTE et al. (1965) si ricavano per le pertiti dei graniti, nei tre affioramenti qui individuati, i seguenti valori medi per  $Or$  molare: zona *a*,  $\bar{x} = 82,8$ ; zona *b*,  $\bar{x} = 73,6$ ; zona *c* = 76,6.

TABELLA 6  
 Costanti cristallografiche di pertiti:  
 valori medi e dati di due campioni

	Pertiti $\bar{x}$	Pertite n. 31	Plagioclasio n. 18
$a(\text{\AA})$	$8,59 \pm 0,01$	$8,57 \pm 0,01$	$8,13 \pm 0,01$
$b(\text{\AA})$	$12,99 \pm 0,01$	$12,96 \pm 0,01$	$12,79 \pm 0,01$
$c(\text{\AA})$	$7,210 \pm 0,005$	$7,221 \pm 0,005$	$7,151 \pm 0,005$
$\alpha$	$89^{\circ}56' \pm 3'$	$90^{\circ}42'$	$94^{\circ}16'$
$\beta$	$116^{\circ}02' \pm 5'$	$115^{\circ}54'$	$116^{\circ}31'$
$\gamma$	$90^{\circ}05' \pm 5'$	$87^{\circ}51'$	$87^{\circ}47'$
$v(\text{\AA})$	$723 \pm 1$	$721 \pm 1$	$664 \pm 1$

di  $2\theta$  fra  $20^{\circ}$  e  $70^{\circ}$ , le costanti reticolari con il metodo dei minimi quadrati; in tab. 6, poichè le differenze fra i campioni sono risultate non significative, sono riportati esclusivamente i valori medi e gli scarti relativi dalla media; insieme a questi dati sono riportati anche quelli relativi al campione 18, che si differenzia sensibilmente dagli altri, e le costanti reticolari ottenute per un campione di plagioclasio (18).

A tutti i campioni poi, si sono applicati i metodi di determinazione dello stato strutturale proposti da GOLDSMITH e LAVES (1954), WRIGHT (1968), RAGLAND (1970) e si è potuto osservare che:

— il campione 31 ha lo stato strutturale di un microclino intermedio, presentando la netta separazione delle coppie di riflessi  $131\text{-}\bar{1}\bar{3}\bar{1}$  e  $130\text{-}\bar{1}\bar{3}\bar{0}$ . I valori dei  $d$  per tali riflessi e i  $\Delta$  relativi calcolati sono risultati rispettivamente:

$d_{131} = 3,029 \text{ \AA}$ ;  $d_{\bar{1}\bar{3}\bar{1}} = 2,963 \text{ \AA}$ ;  $\Delta = 0,82$ ;  
 $d_{130} = 3,819 \text{ \AA}$ ;  $d_{\bar{1}\bar{3}\bar{0}} = 3,718 \text{ \AA}$ ;  $\Delta = 0,78$ .  
 L'applicazione inoltre della formula di Ragland, che utilizza i riflessi 060 ( $2\theta = 41,83^{\circ}$ ) e 204 ( $2\theta = 50,60^{\circ}$ ) ha portato a determinare analogamente un  $\delta = 0,86$ ;

— tutti gli altri campioni presentano un valore di obliquità basso, e comunque variabile da  $\Delta \cong 0$  a  $\Delta \cong 0,45$ . La fig. 3 illustra l'andamento di questa variazione: dall'alto verso il basso si osserva la

modalità di comparsa graduale prima dello splitting poi dello sdoppiamento netto dei riflessi  $131\text{-}\bar{1}\bar{3}\bar{1}$ . Nei primi due campioni si individua un semplice allargamento, alla base sinistra del picco, da cui si ricava un  $\Delta \leq 0,20$ ; nel terzo e nel quarto campione è via via più marcata la comparsa dello splitting fino a un vero sdoppiamento e si può valutare un  $\Delta$  compreso fra 0,20 e 0,30.

Per valori di  $\Delta$  fra 0,40 e 0,45 lo sdoppiamento è netto e le intensità dei due riflessi sono confrontabili;

- all'interno di questo moderato intervallo di valori di obliquità, i dati più alti prevalgono per le pertiti della zona  $a$ , che sono più marcatamente sodiche (tutte inferiori a 70 % di Or), per i campioni più intensamente colorati e provenienti dalle aree apicali, nelle parti Nord e Sud dell'area;
- le pertiti della zona  $b$ , ricche in Or, hanno stato strutturale pseudomonoclinico: anche in questa zona le pertiti con % Ab più alta presentano obliquità moderatamente maggiore;

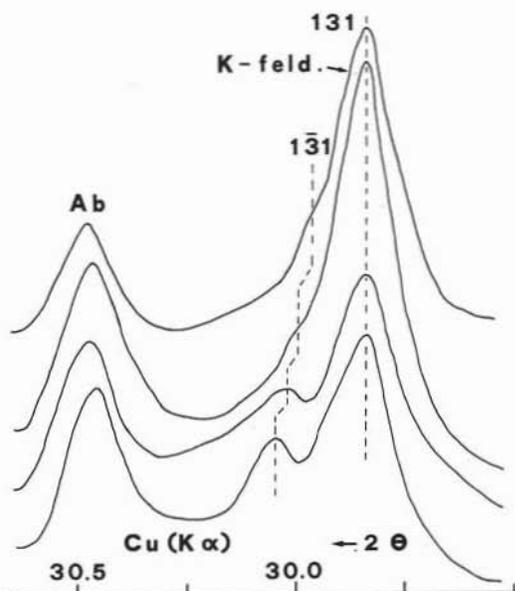


Fig. 3. — Rappresentazione grafica (dall'alto al basso) del progressivo sdoppiamento e della variazione di intensità dei riflessi  $131$  e  $\bar{1}\bar{3}\bar{1}$  nel K-feldspato, in rapporto al parallelo incremento dell'indice di obliquità. Dall'alto al basso i campioni sono: 26, 10, 45, 8.

— i campioni della zona *c* hanno obliquità variabile, minore per le pertiti in giacitura filoniana e più elevata per quelle contenute nelle chiazze pegmatitiche incluse nel granito biotitico inequigranulare.

Le pertiti dei graniti (DEL MONTE et al., 1965), la cui percentuale in Or è in media più alta (i valori più elevati di Or si rilevano nella zona *a*) e comunque mai inferiore a 75 %, presentano ovunque  $\Delta \cong 0$ ; il rapporto Na/K sembra quindi direttamente correlabile con il grado di obliquità.

TABELLA 7  
*Elementi minori e rapporti  
nelle pertiti trasformate*

	Rb	Sr	Ba	Cs	Pb		K/Na	K/Rb	Sr/Ba
26	294	54	63	10	34		27.4	448	0.9
32	280	52	64	9	38		47.9	308	0.8
25	506	97	144	17	31		23.3	203	0.7
48	475	37	53	12	48		31.1	275	0.7

TABELLA 8  
*Elementi minori e rapporti nei plagioclasii*

	Rb	Sr	Ba	Cs	Pb	Li		K/Na	K/Rb	Sr/Ba
16	186	33	35	6	5	7		0.2	94	0.9
17	339	31	28	5	24	6		0.6	112	1.1
18	10	14	10	4	6	33		0.04	370	1.4

### Elementi minori

Il tenore degli elementi minori nelle fasi feldspatiche delle pegmatiti è riportato nelle tabelle 3, 7 e 8. In queste sono presi in esame tutti i campioni di pertiti analizzate (tab. 3), 4 campioni di pertiti in avanzato stato di trasformazione (tab. 7) e 3 campioni di plagioclasio (tab. 8). Le medie di rapporti fra elementi (maggiore-minore; minore-minore), relative alle tre singole aree, sono riportate nella tab. 9; nelle tab. 7 e 8 sono riferiti i valori degli stessi rapporti per i campioni di pertiti trasformate e per i plagioclasii.

La ricerca di correlazioni geochimiche fra elementi nelle fasi mineralogiche analizzate è estesa anche ai differenziati aptitici e alle diverse litofacies granitiche, utilizzando per questi ultimi i dati analitici relativi riportati

dalla letteratura (PAGANELLI et al., 1964; LUCCHINI et al., 1971; MORTEN et al., 1974; MORANDI et al., 1981).

Le correlazioni geochimiche nelle pertiti sono state inoltre ricercate attraverso la costruzione di quattro matrici: una per la popolazione complessiva e tre per le zone esaminate singolarmente. Le osservazioni più salienti sono riassunte nella tab. 10.

I principali rilievi che si estraggono dall'insieme dei dati sono:

- le pertiti delle pegmatiti, così come i differenziati aptitici, presentano tenori alti di Li, Pb e, in modo meno marcato, di Cs;
- nella casistica complessiva e nelle aree singole, i valori relativi alla maggior parte degli elementi dosati si distribuiscono in un arco piuttosto ampio;
- alcuni elementi ed alcuni rapporti (per es., Mg, Ba, Ca, Rb; K/Ca, K/Rb), analizzati in curve cumulative, mostrano tendenza alla bimodalità: questo rilievo è però soltanto indicativo;
- i campioni di pertiti pegmatitiche, correlate al granito biotitico inequigranulare (che compare con diffusione differente in tutte e tre le zone), mostrano una maggiore coerenza nel comportamento geochimico;
- Rb delle pertiti, soltanto nella zona *a*, ha tenori e rapporti indicativi di differenziazione più spinta nei confronti del granito (fig. 4); nella zona *b* (con più evidenza) e nella zona *c* (soprattutto nei campioni provenienti dai filoni) appare invece impoverito, talora anche notevolmente;
- Ba, in alcuni campioni della zona *a* e in generale nella zona *b*, mostra valori particolarmente elevati, superiori a quelli che caratterizzano il granito; Sr tende pure ad arricchirsi, ma in maniera irregolare, portando a rapporti Sr/Ba anormali e talora invertiti;
- dei tre campioni di plagioclasio analizzati chimicamente e provenienti dall'area *a*, due hanno rapporto K/Rb coerente con la tendenza alla differenziazione, uno del tutto anormale ed elevato; i K-feldspati trasformati hanno, nel complesso, comportamento geochimico irregolare, ma tutti risultano assai impoveriti in Rb.

TABELLA 9  
*Medie dei rapporti fra elementi nelle pertiti*

	K/Na	K/Rb	K/Ba	Rb/Sr	Rb/Ba	Sr/Ba	
ia	$\bar{x}$	3.4	127	1177	50	12	0.3
	range	1.6-4.9	48-205	317-2229	6-171	2-32	0.1-0.4
	s	0.3	13	187	15.7	2.7	0.02
	C	1.1	47	673	53.1	9.6	0.08
ib	$\bar{x}$	7.9	257	808	4	3	0.7
	range	3.1-15.2	142-406	221-1607	2-8	1-6	0.5-1.0
	s	2.0	29	148	0.7	0.5	0.05
	C	5.6	83	419	1.8	1.4	0.16
ic	$\bar{x}$	3.2	186	1436	17	8	1.4
	range	2.6-3.9	111-289	409-2242	1-65	4-15	0.2-7.4
	s	0.2	21	196	6.5	1.4	0.76
	C	0.4	63	587	19.6	4.1	2.28
a+b+c	$\bar{x}$	4.4	179	1166	28	8	0.7
	range	1.6-15.2	48-406	221-2242	1-171	1-32	0.1-7.4
	s	0.6	15	111	7.5	1.4	0.23
	C	3.1	81	607	40.9	7.5	1.29

Il grado e il numero delle correlazioni geochimiche vengono espressi con maggiore chiarezza nelle matrici (tab. 10). In queste i motivi più significativi sembrano i seguenti:

- in generale, oltre alcune correlazioni geochimicamente prevedibili fra elementi maggiori e fra alcuni maggiori e i minori (per es. K-Pb), si rilevano quasi tutte le correlazioni positive possibili fra Rb, Cs, Pb e Li e in più l'anomala correlazione positiva Sr-Ba, mentre mancano quelle K-Rb, K-Ba, K-Sr;
- solo nella zona *a*, diverse coppie conservano correlazioni significative; in particolare la coppia Sr-Ba che rimane tale anche nella zona *b*;
- nella zona *b* decresce il livello di significatività per alcune coppie di elementi minori; compare invece la correlazione Fe-Rb, che è diretta, contrariamente alla prevedibilità geochimica;
- la coppia K-Rb non è mai significativa, neppure nelle singole aree; solo nella zona *c* presenta una correlazione a basso

livello e invertita nel senso della prevedibilità geochimica;

- nell'insieme, quindi, anche dalla matrice si rileva: la possibilità di distinguere la zona *a*, più differenziata, dalle zone *b* e *c* che lo sono meno; il comportamento geochimico anomalo di alcuni elementi della zona *c* caratterizzato da scarse correlazioni, anche invertite di segno; la situazione intermedia della zona *b* relativamente al segno delle correlazioni, ma con scostamenti quantitativamente più marcati per alcune coppie di elementi (per es., Rb-Ba, Sr-Ba). Le pegmatiti delle zone *b* e *c*, come il granito che le include, hanno quindi il carattere di differenziati meno tardivi; le pegmatiti della zona *b* mostrano inoltre segni evidenti di una storia genetica più complessa.

La maggior parte delle osservazioni fin qui raccolte appaiono riassumibili nel diagramma K/Rb di fig. 4, in cui sono stati indicati per confronto anche i dati relativi ai differenziati di tipo aplitico e ai graniti.

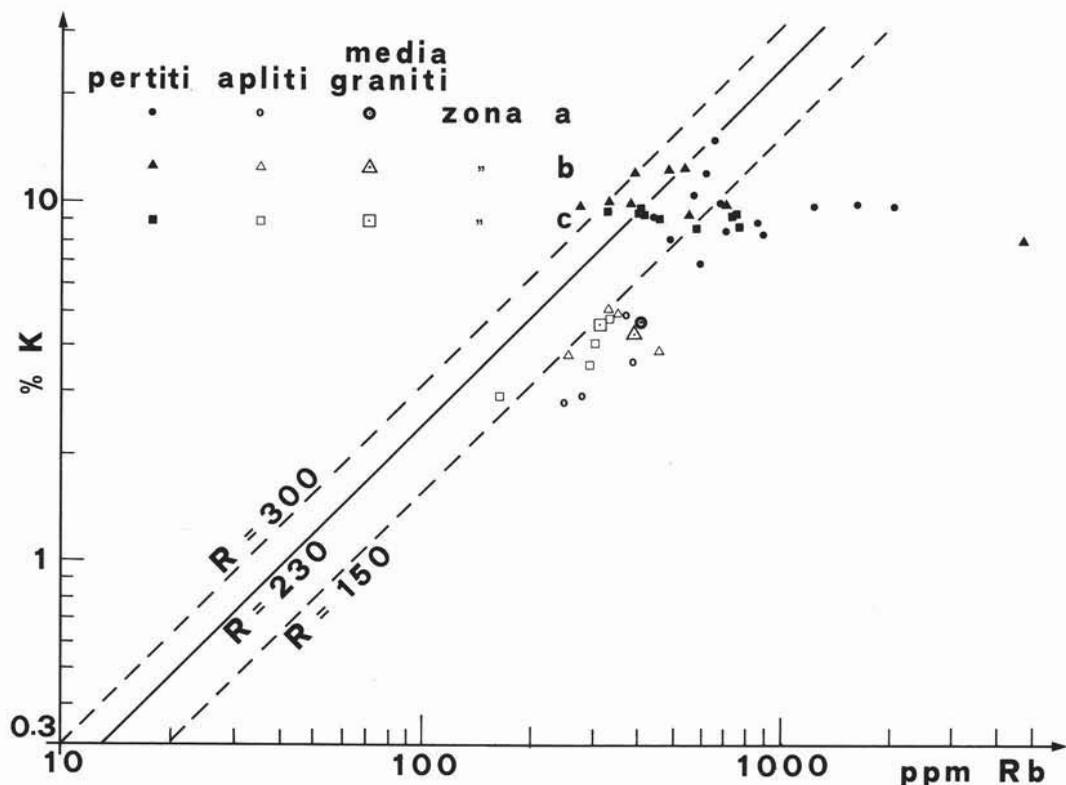


Fig. 4. — Confronto del rapporto K/Rb nei differenziati aplitici e pegmatitici e nei graniti delle zone *a*, *b* e *c*.

In questo grafico risultano chiaramente osservabili:

- lo spostamento graduale dell'intervallo di variazione del rapporto K/Rb delle pertiti. Questo rimane compreso nella zona di arricchimento per la zona *a* (AHRENS, 1954; TAYLOR et al., 1956), risulta estremamente disperso ed esteso nell'area di impoverimento per la zona *b*, presenta una situazione intermedia sia pure indicativa di impoverimento per la zona *c*;
- il comportamento simile nelle aplitici, che presentano gli stessi trends di variazione, sia pure in maniera più contenuta e senza sconfinare nell'area di impoverimento.

Se si osserva poi la posizione delle pertiti della zona *a*, e della loro media, queste cadono nel campo delle pertiti da pegmatiti (FORNASERI, 1980) e sono spostate più a destra rispetto alla media dei corrispondenti graniti e delle loro pertiti (MORTEN et al., 1974); le aplitici della stessa area invece presentano lo stesso grado di differenziazione.

## Conclusioni

Lo studio dei differenziati aplitici e pegmatitici e delle loro fasi feldspatiche, inclusi nel granito di Predazzo, ha fornito alcuni elementi utilizzabili per formulare ipotesi di carattere genetico.

In particolare tale studio sembra confermare la variazione del grado di differenziazione fra litofacies poste sul lato Ovest dell'affioramento (zona *a*) e quelle che si distribuiscono a Sud nella direzione della SS 50 (zone *b* e *c*), variazione già ipotizzata in studi petrografici e geochemici sul granito (PAGANELLI et al., 1964; EMILIANI et al., 1964 e 1968; LUCCHINI et al., 1971; MORTEN et al., 1974).

Elementi indicativi in questo senso sono: la composizione marcatamente anortoclasica delle pertiti (fino alla condizione strutturale di antipertiti) nella zona *a*, il rilievo di paragenesi a due feldspati; il loro stato strutturale con obliquità maggiore di quella delle pertiti dei graniti e, più irregolarmente, di

TABELLA 10

Significatività delle correlazioni fra elementi minori nelle pertiti, suddivise per zone

	Na	Ca	Fe	Rb	Sr	Ba	Cs	Pb	Li
K	▲	-	-	-	-	-	-	○	-
	▲	-	-	-	-	-	-	○	●
	▲	-	-	△	-	-	△	-	-
	▲	○	-	-	-	-	-	●	●
Na	-	-	-	-	-	-	-	△	-
	-	-	-	-	-	-	-	△	▲
	-	▲	-	-	-	-	●	▲	▲
Ca	-	-	○	-	-	-	-	-	△
	-	-	-	-	-	-	-	●	-
	-	●	-	▲	-	-	△	●	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	●	-	-	-	-	-	○
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rb	-	-	-	-	-	-	●	○	●
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	△	-	-	●	-	●
Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	●	△	-	-
Ba	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	-	-	-	-	-	-	-	▲	-
Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	●	●
	-	-	-	-	-	-	-	-	●

significatività

- positiva > 98%
- ▲ negativa "
- positiva > 95%
- △ negativa "

quella delle zone *b* e *c*; il tipo delle associazioni complesse e fortemente idrotermalizzate; il basso tenore di Ca; il comportamento geochimico di Rb.

Sembrano osservazioni significative inoltre le correlazioni di questi parametri con l'intensità della colorazione delle pertiti: la deuteresi sembrerebbe responsabile dell'aumento del colore, cui si accompagnerebbero modifiche dello stato strutturale (tendenza a un aumento dell'obliquità) e mobilizzazione di elementi maggiori e minori (K, Na, Rb, forse Ba).

Litofacies includente e granulometria della pegmatite apparirebbero caratteri condizionanti la situazione mineralogica e geochimica dei differenziati: la facies biotitico-inequivgranulare, entro cui la pegmatite, di grana media, ha carattere di pegmatite complessa, presenterebbe le maggiori regolarità di differenziazione.

Nelle giaciture filoniane, con strutture zonate e paragenesi mono- e bimineraliche, l'azione dei fluidi tardivi, pneumatolitici fino ad idrotermali, sembrerebbe invece aver alterato in grado maggiore i trends di distribuzione degli elementi maggiori e minori; non è possibile tuttavia generalizzare la regolarità in questi cambiamenti che, nei due filoni, rispettivamente zona *b* e zona *c*, risultano differenti, soprattutto quantitativamente:

nella zona *b*, maggiore impoverimento in Rb e aumento di Or (e quindi di K) nella pertite, aumento e massima variabilità di Ba ed Sr; nella zona *c*, mancanza di tenori alti di Ba ed Sr, scomparsa (fino anche all'inversione del segno) di quasi tutte le correlazioni geochimicamente prevedibili.

Le ipotesi portate dalla letteratura a motivazione dell'impoverimento di Rb o dei tenori anomali di Ba (HEIER e TAYLOR, 1958; WEDEPOHL, 1969; KARNIN, 1980), che d'altronde non sono univoche, non risultano applicabili a tutte le situazioni che si rilevano in queste rocce. A questo riguardo vanno tuttavia sottolineati: il ritrovamento, al contatto di alcune lenti filoniane (per es., filone della zona *b*), di vulcaniti in giacitura normale o filoniana e la frequente intercalazione, con sfumature, di bande di microgranito fra pegmatite e litofacies granitica. Alla mobilizzazione operata dai fluidi, probabilmente ricchi in Ba — e in Pb nei momenti più tardivi —, possono essersi sovrapposti fenomeni locali di metasomatismo che possono aver creato, di volta in volta, le situazioni complesse e particolari, soprattutto di geochimica e di struttura, che sono state rilevate.

Ricerca condotta con il contributo finanziario del C.N.R. (Contr. n. 79.00463.05 e n. 79.00080.05).

## BIBLIOGRAFIA

- AHRENS L.H. (1954) - *Minor elements in rocks*. Nature, Lond., 174, 811-816.
- DEL MONTE M., PAGANELLI L., TIBURTINI R. (1965) - *The feldspars from Predazzo granite (North Italy)*. Miner. Petr. Acta, 11, 91-109.
- EMILIANI F., VESPIGNANI BALZANI G.C. (1964) - *Sr and Ba distribution in Predazzo granite (Italy)*. Miner. Petr. Acta, 10, 81-109.
- EMILIANI F., VESPIGNANI BALZANI G.C. (1968) - *Titanium distribution in the Predazzo granite (Italy)*. Miner. Petr. Acta, 14, 1-22.
- FORNASERI M. (1980) - *Lezioni di Geochimica*. Ed. Eredi Virgilio Veschi, Roma.
- GOLDSMITH J.R., LAVES F. (1954) - *The microcline-sanidine stability relations*. Geoch. Cosm. Acta, 5, 1-19.
- HEIER K.S., TAYLOR S.R. (1959) - *Distribution of Li, Na, K, Rb, Cs, Pb and Ti in southern Norwegian pre-Cambrian alkali-feldspars*. Geoch. Cosm. Acta, 15, 284-304.
- KARNIN W.D. (1980) - *Petrographic and geochemical investigations on the Tsaobismund pegmatite dyke, South-West Africa/Namibia*. N. Jb. Miner. Mh., H 5, 193-205.
- LUCCHINI F., MORTEN L., ROSSI P.L. (1971) - *K/Rb ratio in the intrusive rocks of the petrographic province of Predazzo (North Italy)*. Miner. Petr. Acta, 17, 55-73.
- MORANDI N., NANNETTI M.C., PIRANI R., RE-SMI U. (1981) - *Pegmatiti e apliti nel granito di Predazzo*. Rend. Soc. It. Min. Petr., 37, 793-811.
- MORTEN L., ROSSI P.L. (1974) - *Rapporto K/Rb delle pertiti e delle biotiti del granito di Predazzo, Val di Fiemme, Trento*. Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. sc. fis. mat. e nat., S. VIII, 61, 1-6.
- ORVILLE P.M. (1967) - *Unit cell parameters of the microcline-low albite and the sanidine-high albite solid solution series*. Amer. Miner., 52, 55-86.

- PAGANELLI L., TIBURTINI R. (1964) - *The Predazzo granite, North Italy*. *Miner. Petr. Acta*, 10, 57-79.
- RAGLAND P.C. (1970) - *Composition and structural state of the potassic phase in perthites as related to petrogenesis of a granitic pluton*. *Lithos*, 3, 167-189.
- SMITH J.R., YODER H.S. (1956) - *Variations in X-ray powder-diffraction patterns of plagioclase feldspars*. *Amer. Miner.*, 41, 632-647.
- TAYLOR S.R., EMELEUS C.H., EXLEY C.S. (1956) - *Some anomalous K/Rb ratios in igneous rocks and their petrological significance*. *Geoch. Cosm. Acta*, 10, 224-229.
- WEDEPOHL K.H. (1969) - *Handbook of geochemistry*. II (2, 3, 4, 5), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- WRIGHT T.L. (1968) - *X-ray and optical study of alkali feldspar: II An X-ray method for determining the composition and structural state from measurement of 2  $\theta$  values for three reflections*. *Amer. Miner.*, 53, 88-104.