

R. CRESPI - G. SCHIAVINATO

OSSERVAZIONI PETROGENETICHE
SUL SETTORE CENTRO-OCCIDENTALE
DEL MASSICCIO DI VAL MASINO-VAL BREGAGLIA (*)

Riassunto. — Sulla base di sistematiche ricerche a indirizzo petrogenetico condotte negli ultimi anni nel settore centro-occidentale del massiccio terziario di Val Masino-Val Bregaglia gli autori espongono una serie di nuove vedute sulla genesi e sull'evoluzione delle masse intrusive, nel quadro delle condizioni geologico-tettoniche regionali.

L'origine del massiccio, la cui presa di posizione è avvenuta con meccanismo intrusivo di tipo diapirico, è connessa con complessi fenomeni di anatessi; la facies originaria non doveva sostanzialmente differire da quella dell'attuale serizzo (diorte quarzifera). In epoca successiva alla messa in posto, con esclusione delle zone marginali al limite Sud del massiccio e di limitate aree interne, si verificò una estesa feldspatizzazione potassica, alla quale sono imputabili i caratteri peculiari dell'attuale ghiandone (granodiorite a facies porfirica).

Le singole fasi evolutive delle masse intrusive sono documentate da ben distinti cicli filoniani a carattere aplitico o pegmatitico. Con le manifestazioni filoniane più antiche, successive alla presa di posizione, sono connessi i corpi granitici di S. Fedelino, alla cui intrusione sono riferibili imponenti formazioni agmatitiche ad elementi di serizzo e, subordinatamente, di antiche migmatiti e metamorfiti. I fenomeni di feldspatizzazione sono ricollegabili con un ciclo filoniano, in prevalenza pegmatitico, manifestatosi in concomitanza con una fase di relativa plasticità delle masse intrusive. Filoni aplitici, sino a silexiti, posteriori alla formazione dei macrocristalli di feldspato potassico del ghiandone, segnano la fine di ogni attività.

Abstract. — In this paper are exposed some new hypothesis about genesis and evolution of the intrusive masses of Val Masino-Val Bregaglia (northern Lombardy), which result from systematic petrogenetic studies carried out during the last years in the westcentral part of their outcrop area.

In the genesis of these masses, whose intrusion is of diapiric type, were involved complex anatetic processes; the primitive composition might be quite similar to that of the actual « serizzo » (quartz diorite). The typical features of the actual « ghiandone » (porphyric granodiorite) derived from a widespread feld-

(*) Lavoro eseguito presso l'Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Milano, nel quadro dei programmi della Sezione IV del Centro nazionale di studi geologico-petrografici sulle Alpi del C.N.R.

spathization, which took place after the intrusion, with the exception for border areas near the southern boundary of the intrusive masses and for small inner zones.

The subsequent steps of the evolution are represented by distinctive systems of cross cutting dykes with aplitic or pegmatitic composition. With the oldest systems which took place after the intrusion are connected the granite bodies of S. Fedelino, whose emplacement was accompanied by widespread formation of agmatitic zones with elements of «serizzo» and, in lesser part, of older migmatites and metamorphites. The feldspathization processes may be related to a series of dykes with prevailing pegmatitic composition, which intruded in a rather plastic state of the intrusive masses. The end of the intrusive activity is marked by the emplacement of aplitic to silexitic dykes, after the formation of the K-feldspar porphyroblasts of the «ghandone».

Premessa.

Da alcuni anni sono in corso presso l'Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università di Milano ricerche geologico-petrografiche sulla parte italiana del massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia, allo scopo di definire i tipi litologici fondamentali, di stabilire i rapporti con le rocce incassanti e di trarre indicazioni sulle condizioni genetiche generali.

Le osservazioni preliminari ed i rilievi speditivi, estesi in un primo tempo all'intera area di affioramento dell'intrusione, hanno avuto inizio con i lavori di S. VENZO e G. FAGNANI (1954) e si sono successivamente sviluppati con il concorso diretto degli autori di questa nota e di altri collaboratori ⁽¹⁾.

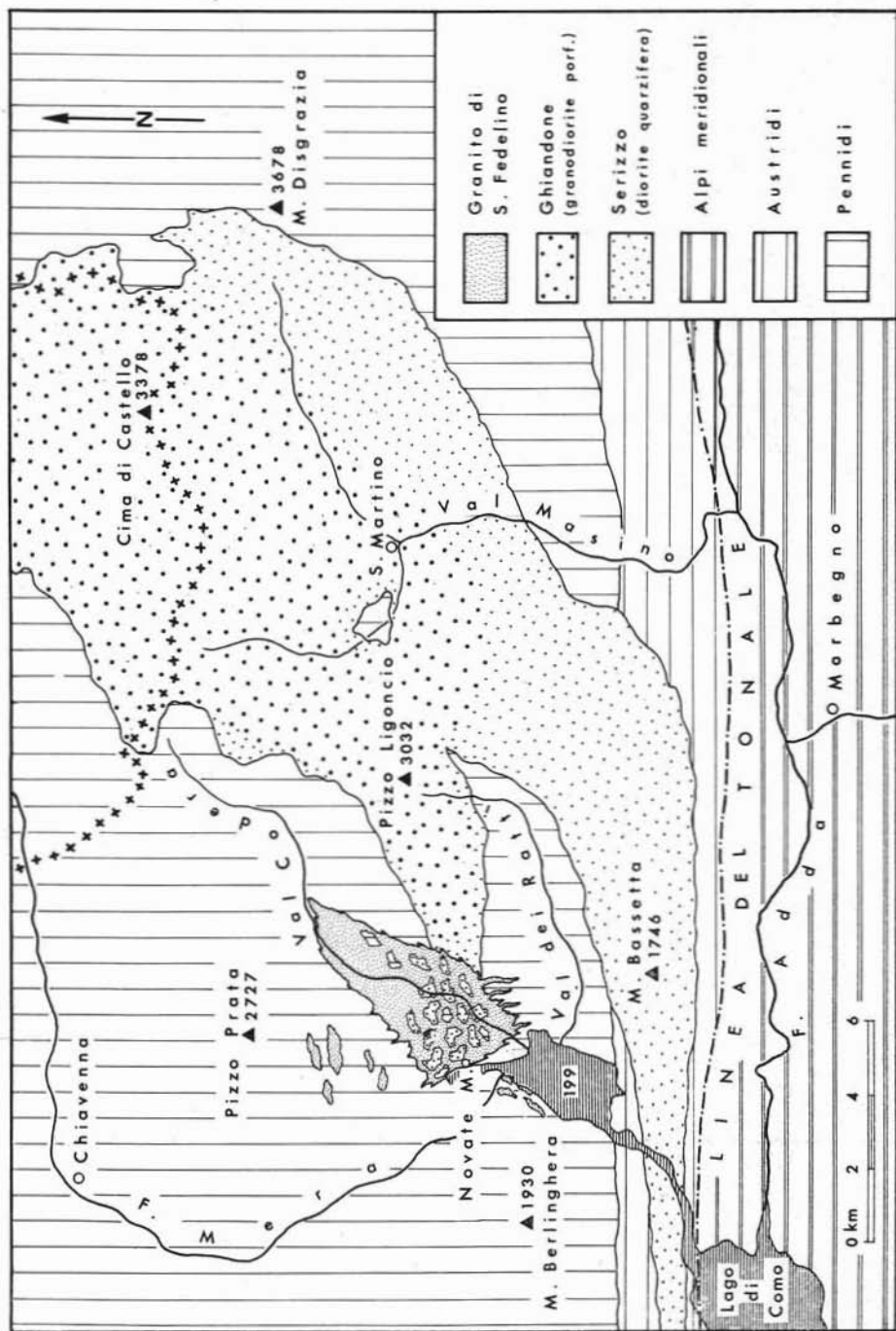
Si è giunti così alla formulazione di un certo numero di ipotesi di lavoro riguardanti il problema genetico generale, ipotesi parzialmente discordanti dalle interpretazioni finora formulate anche in epoca recente da parte di autori stranieri per la parte elvetica dello stesso massiccio. E' apparsa quindi l'opportunità di riprendere osservazioni sistematiche di campagna e rilievi di dettaglio, integrati da più approfondite ricerche di laboratorio.

Gli studi condotti nell'ambito di questo programma riguardano in particolare il settore centro-occidentale del massiccio, tra la Val Ma-

⁽¹⁾ Ai lavori di rilevamento geologico di dettaglio, tuttora in corso nella bassa Valtellina, partecipano alcuni rilevatori del Servizio Geologico d'Italia che, sotto la direzione di G. Schiavinato, hanno il compito di redigere il Foglio 18 (Sondrio) ancora mancante nella serie ufficiale della carta geologica d'Italia al 100.000

TAVOLA I

CARTINA GEOLOGICO-TETTONICA DELLA PARTE ITALIANA DEL MASSICCIO INTRUSIVO DI VAL MASINO-VAL BREGAGLIA



sino e la Val Codera: nel 1963 e nel 1964 venne riesaminata la media Val Masino; nel 1965 le ricerche, estese alla Valle dei Ratti ed alla bassa Val Codera, portarono ad una serie di osservazioni di grande interesse ai fini della successione nel tempo dei fenomeni petrogenetici. Particolarmente significativi a tale proposito si sono dimostrati, in Val dei Ratti ed in Val Codera, i rapporti tra i tipi litologici fondamentali del massiccio e tra questi ed i numerosi filoni acidi che li attraversano, ben visibili soprattutto nell'alto circo alla testata della Valle dei Ratti.

Il proseguimento verso N e verso W delle ricerche sul terreno e dello studio di laboratorio, in programma per i prossimi anni, consentirà di portare nuovi dati utili alla conoscenza dell'esteso massiccio intrusivo, sulla cui parte italiana si hanno solo studi per lo più poco recenti, di carattere petrografico-descrittivo, oppure di interesse locale.

I risultati finora raggiunti, fondati su larga base di documentazione, consentono tuttavia di delineare alcuni motivi fondamentali riguardanti la messa in posto e l'evoluzione delle masse intrusive; motivi che, pur passibili di ulteriori perfezionamenti con il progredire delle ricerche, dovrebbero mantenere in linea di massima la loro validità e servire come guida per ulteriori indagini sul massiccio ⁽¹⁾.

Introduzione.

Il massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia si sviluppa nella bassa Valtellina a N dell'Adda, in una zona all'incirca compresa tra la Val Masino e la Val Codera e si estende, in parte minore, in territorio elvetico, nell'alta e media Val Bregaglia, come risulta dall'annessa cartina al 200.000 ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Nel controllo finale delle nostre deduzioni abbiamo notato sostanziali concordanze con i principi generali esposti in un recentissimo trattato di WINKLER (1965), nel quale sono illustrati, tra l'altro, i risultati di una ricca serie di esperienze di laboratorio, in parte ancora inedite, che riguardano i processi metamorfici di vario tipo, sino all'anatessi, l'origine delle migmatiti e dei magmi granitici, i rapporti fra orogenesi e metamorfismo.

⁽²⁾ Evitiamo di proposito una sistematica rassegna della ricca bibliografia sul massiccio e sui problemi geologico-tettonici ad esso inerenti, rinviando per semplicità alle citazioni fornite da REPOSSI (1914, 1915, 1916) da BALCONI (1941) e da PICCOLI (1962), che fanno il punto delle conoscenze in tre momenti diversi dell'ultimo mezzo secolo.

Il corpo intrusivo presenta la sua massima estensione nell'alta Val Masino e va progressivamente assottigliandosi verso W sino a risolversi in una stretta fascia, della potenza di poche centinaia di metri, che si spinge sino nel Canton Ticino, all'altezza di Giubiasco.

I tipi litologici fondamentali sono una granodiorite a facies porfirica (*ghiaandone*), prevalente a N, una diorite quarzifera (*serizzo*), che costituisce una fascia al margine meridionale, ed un granito aplittico a due miche (*granito di S. Fedelino*) all'estremo margine sud-occidentale del massiccio.

Le conoscenze sul chimismo delle masse intrusive sono nel complesso insufficienti: mentre per la parte elvetica del massiccio esiste un certo numero di analisi (BURRI-NIGGLI, 1949, ecc.), alcune delle quali compiute di recente sulla base di sistematiche campionature (WEBER, 1957; WEIBEL, 1960), scarse sono quelle riguardanti la parte italiana e relative a sporadiche campionature oppure estese a zone troppo limitate del massiccio (BURRI-NIGGLI; PERETTI, 1939; BALCONI, 1941; PICCOLI, 1962).

L'età terziaria, tardo-orogena, dell'intrusione, unanimemente riconosciuta da tutti gli studiosi, è documentata su sicure basi geologiche: la sua presa di posizione si sarebbe verificata successivamente al parossismo dell'orogenesi alpina, dopo il sovrascorrimento delle falde austroalpine su quelle penniniche (CORNELIUS, 1928; STAUB, 1934, ecc.).

Discordi sono invece i pareri sulla genesi del massiccio: l'idea tradizionale della formazione per consolidamento di una massa fusa, seguita da numerosi geologi e petrografi venne negata da DRESCHER-KADEN e STORZ (1926, 1929, 1940) fautori di una genesi per granitizzazione con apporto di materia e successiva omogeneizzazione. Per questi autori infatti il massiccio, che secondo STAUB (1918) attraversa in discordanza le rocce incassanti, «squarciando» la struttura a falde della regione, è invece in linea di massima concordante. Per una genesi ultrametamorfica si pronuncia apertamente, in epoca più recente (1962), anche HOPPE, basandosi sullo studio degli zirconi del *ghiaandone* di Val Masino, nei quali è notevole la grande frequenza di nuclei più antichi.

Il massiccio di Val Masino-Val Bregaglia si sviluppa interamente a N della linea del Tonale, entro rocce prevalentemente metamorfiche, appartenenti a varie unità tettoniche austroalpine e penniniche (STAUB, 1946, 1956, 1958; WEIBEL, 1960); nella Val Bregaglia esso attraversa le coperture mesozoiche dei ricoprimenti penninici Adula, Tambo, Su-

retta e Margna, con evidenti fenomeni di termometamorfismo. Tali fenomeni di contatto sono generalmente più intensi nella parte occidentale del massiccio, dove, a causa della inclinazione verso E degli assi tettonici (STAUB, 1918), vengono a giorno livelli sempre più profondi.

Frequenti soprattutto nelle zone marginali del massiccio le zolle più o meno estese di rocce incassanti inglobate dall'intrusione; particolarmente potente lo xenolite di rocce migmatiche e di rocce verdi affioranti nella Valle dei Bagni del Masino, già studiate da uno degli autori del presente lavoro (CRESPI, 1965).

Rocce incassanti.

Le rocce con le quali il massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia viene in contatto nel settore centro-occidentale, tra la Valtellina e la media Val Codera, sono rappresentate da metamorfiti di zona relativamente profonda, da meso- a catazona, già in parte note dalla letteratura geologica e petrografica locale (REPOSSI, 1915, 1916; BALCONI, 1938, 1941; WENK, 1956; PICCOLI, 1962; ecc.).

Immediatamente a N della linea insubrica affiorano gli *Scisti del Tonale*, sotto forma di una fascia, con orientazione all'incirca E-W, che va progressivamente assottigliandosi verso occidente, riducendo la sua potenza da circa 2 Km, in Val Masino, a poche centinaia di metri in corrispondenza della Valle della Mera; secondo STAUB (1946) essi appartengono alla falda Campo delle Austridi medie. Si tratta di paragneiss a due miche o prevalentemente biotitici, talora granatiferi e sillimanitici, con intercalazioni di marmi, anfiboliti e pegmatiti, aventi direzione all'incirca E-W; nella zona in esame la facies è poco tipica, a causa dell'intensa laminazione tettonica.

Gli scisti del Tonale confinano a N con il *serizzo*, facies marginale dioritico-quarzifera del massiccio intrusivo, dotata di tessitura sensibilmente orientata, senza mostrare alcun fenomeno termometamorfico; si nota generalmente una concordanza di massima tra i piani di scistosità delle metamorfiti e l'orientazione del serizzo, il quale sovente si insinua in più punti, in apofisi concordanti, talora ripetute, della potenza da pochi centimetri ad alcuni metri, negli scisti incassanti. Localmente (a N di Cino) è possibile osservare al contatto un arricchimento negli scisti in feldspati ben visibili macroscopicamente, e la comparsa nel serizzo di cristalli listiformi di feldspato potassico, delle

dimensioni di alcuni mm, che conferiscono alla roccia un carattere analogo a quello del *ghiandone*.

Comuni, nella zona-limite scisti del Tonale-serizzo i fenomeni di laminazione e di cataclasi più o meno intense.

Più a oriente, nella Val Masino, si succedono, a N degli scisti del Tonale, formazioni austroalpine e pennidiche, rappresentate da metamorfiti con facies prevalentemente di gneiss occhiadipi. A monte degli scisti del Tonale, dopo una fascia di serizzo, seguono, in Val dei Ratti, formazioni metamorfiche che, secondo lo schizzo tettonico al 250.000 annesso alla carta geologica del Gruppo del Bernina di STAUB (1946) apparterrebbero a cinque distinti ricoprimenti austroalpini e pennidici: falda Bernina (Austridi inferiori); falda Sella (Pennidi supreme); falda Margna (Pennidi superiori); falda Suretta (Pennidi medie); falda Tambo (Pennidi inferiori). Sul terreno non è stato possibile riconoscere tutte le distinzioni tettoniche, e conseguentemente litologiche, introdotte da STAUB, in quanto le lenti di marmi e di serpentine, cui l'autore attribuisce il significato di elementi separatori di unità tettoniche, sembrano, almeno in parte, non ricoprire tale ruolo, potendo più semplicemente essere interpretate, in accordo con PICCOLI (1960, 1961), quali prodotti del metamorfismo regionale rispettivamente di originarie intercalazioni calcaree e di antichi corpi intrusivi ultra-femici. Il problema esula comunque dagli scopi del presente lavoro e sarà convenientemente ripreso in sede opportuna.

Immediatamente a N del serizzo si distingue, sul versante sinistro orografico della Valle dei Ratti, una formazione di gneiss biotitici o biotitico-muscovitici, talora sillimanitici, in facies da cataclastica a milonitica, il cui limite N corre all'incirca lungo il fondovalle. Appartenenti alla parte meridionale, più nettamente scistosa, della *Zona gneissica Verceia-S. Cassiano* di REPOSSI (1916), queste metamorfiti vennero recentemente denominate da PICCOLI (1962) *gneiss di Verceia* e definite come gneiss biotitico-anfibolici laminati.

I tipi più diffusi sono rocce di colore scuro per l'abbondante biotite, ricche talora di sillimanite visibile macroscopicamente, con frequenti vene quarzoso-feldspatiche concordanti, talora sinuose o minutamente pieghettate; oltre al quarzo, che costituisce il minerale più abbondante, sono composte da plagioclasio andesinico, biotite sovente in associazione con quantità variabili di muscovite e accessori vari (sillimanite in fasci subparalleli, epidoti, apatite, zircone, minerali opachi).

Frequenti i passaggi a tipi nettamente micascistosi e le intercalazioni concordanti, di varia potenza, di anfiboliti; del tutto subordinati e con diffusione sporadica gli gneiss biotitico-anfibolici assunti da PICCOLI come litotipo fondamentale.

Per questo insieme unitario di tipi litologici che si estendono da Verceia fino all'alta Valle dei Ratti adotteremo pertanto la denominazione formazionale: *Gneiss della Valle dei Ratti*.

Generalmente in facies cataclastica in tutta l'area di affioramento, gli gneiss in questione presentano, presso il limite N della formazione, imponenti fenomeni di deformazione meccanica che danno luogo a vere e proprie miloniti, in affioramenti di cospicua potenza, allineati in direzione all'incirca E-W: è possibile quindi individuare una importante linea di dislocazione con andamento subparallelo a quello della linea del Tonale. Lungo tale linea, che denominiamo *Linea della Valle dei Ratti*, sono frequenti, entro gli gneiss biotitici, numerose scaglie, anche di notevole potenza e sviluppo, di più compatte rocce di tipo gneissico granitoide, affioranti più a settentrione per vaste estensioni. Filoni di quarzo di varia potenza caratterizzano le zone più intensamente tettonizzate (Campione, il Mot, ecc.).

Segue a N degli gneiss della Valle dei Ratti una potente formazione di rocce gneissiche, per lo più granitoidi, che costituiscono in buona parte il versante destro orografico della Valle dei Ratti e riaffiorano al di là della Mera, sul versante occidentale del M. Berlinghera, corrispondenti ai litotipi che REPOSSI descrive come gneiss biotitici compatti o gneiss a due miche (*gneiss del Berlinghera*) e indica come tipici della parte mediana della zona Verceia-S. Cassiano, al nucleo dell'anticlinale formata dalle rocce della zona stessa; lo stesso autore le interpreta come rocce *aventi un'origine eruttiva o legata ad una vastissima iniezione* (1916, pag. 72).

Nella carta di PICCOLI tali rocce sono rappresentate come *gneiss di Verceia* in facies migmatite (flebiti e agmatiti) per azione del granito di S. Fedelino: l'autore denomina invece *gneiss del Berlinghera o valcondria* ⁽¹⁾ rocce ben diverse da quelle che REPOSSI designò con tale nome, e cioè gneiss anfibolico-biotitici. Con il rilevamento da noi compiuto nelle basse Valli Ratti e Codera è stato possibile stabilire che gli « gneiss del Berlinghera » di PICCOLI altro non sono se non una diorite quarzifera, sensibilmente orientata, perfettamente corrispon-

(¹) Vedi nota (2) in calce alla Tabella I.

TABELLA I.

Litotipi del versante orientale delle basse Valli dei Ratti e Codera
(Zona Verceia-S. Cassiano di Repossi): da S a N.

Zona Verceia-S. Cassiano ⁽¹⁾	REPOSSI (1914-1915-1916)	PICCOLI (1962)	CRESPI-SCHIAVINATO (1965)
	Gneiss e micascisti biotitici (fianco S dell'anticlinale del M. Berlinghera)	Gneiss di Verceia: gneiss biotitico-anfibolici laminati	Gneiss della Valle dei Ratti: gneiss biotitici, talora sillimanitici, generalmente laminati, localmente milonitici
	Gneiss compatti del M. Berlinghera: gneiss biotitici e a due niche (nucleo dell'anticlinale)	Gneiss di Verceia in facies fiblica e agmatitica al contatto con il granito di S. Fedelino	Gneiss migmatiti di M. Berlinghera M. Provinaccio: gneiss biotitici e a due niche d'aspetto granitoidale (migmatiti omogenee in prevalenza anastitiche)
		Gneiss del M. Berlinghera o valcondria ⁽²⁾ : gneiss anfibolico-biotitici in facies agmatitica	Serizzo: diorite quarzifera in blocchi nel granito di S. Fedelino (agnatiti)
		Gneiss di Samòlaco (v. sotto) in facies migmatitica	Gneiss migmatiti di M. Berlinghera M. Provinaccio
	Gneiss biotitici granatiferi a sillimanite e cordierite (fianco N dell'anticlinale)	Gneiss di Samòlaco: gneiss prevalentemente biotitici, talora con sillimanite	Gneiss biotitici con sillimanite, tipo Gneiss della Valle dei Ratti

⁽¹⁾ Secondo Repossi la Zona Verceia-S. Cassiano mostra evidenti analogie petrografiche con la Zona dioritico-kinzigitica Ivrea-Verbano, specie con la parte denominata da ARTINI e MELZI Zona occidentale degli gneiss Strona; l'autore tuttavia non si pronuncia apertamente per un collegamento tra le due formazioni. CATALISANO invece (1936) considera la Zona Verceia-S. Cassiano di Repossi come la prosecuzione orientale della formazione dioritico-kinzigitica (Zona Sesia orientale); tale attribuzione è seguita anche nel F° 17 (Chiavenna) della Carta Geologica d'Italia (1941).

⁽²⁾ Con il termine valcondria si designano localmente, come già chiarisce Repossi (1916, pp. 52, 63) rocce di vario tipo, incassanti il granito di S. Fedelino, il quale spesso ne include grossi strappi. Nella leggenda della Carta Geologica d'Italia la denominazione valcondria si riferisce agli gneiss biotitici compatti appartenenti, secondo gli autori, alla Zona Sesia orientale, che affiorano nella Valle della Mera. PICCOLI infine (1962) attribuisce lo stesso termine ai blocchi di diorite quarzifera (serizzo) inclusi nel granito di S. Fedelino.

dente al ben noto *serizzo*, che risulta inglobata, in blocchi di dimensioni variabili, nel granito di S. Fedelino.

Questo argomento sarà ripreso ed approfondito più avanti, nei paragrafi dedicati alle facies del massiccio intrusivo: il quadro riassuntivo della Tabella I può comunque dare un'idea più precisa al riguardo.

Le rocce in esame sono rappresentate in prevalenza da gneiss che mostrano chiare caratteristiche di migmatiti omogenee: si osservano tipi embrechitici e soprattutto anatessitici, a scistosità generalmente poco accentuata. Il carattere migmatico di tali rocce è manifesto soprattutto nell'alta Val dei Ratti, dove sono visibili, sulle vaste superfici messe a nudo dall'esarazione glaciale, e nei grossi massi franati dalle pareti, inconfondibili strutture di tipiche anatessiti ed embrechiti.

Per l'insieme di questi tipi litologici adottiamo la denominazione formazionale di *Gneiss migmatiti di M. Berlinghera-M. Provinaccio*; tratteremo più avanti il problema dei rapporti tra tali rocce migmatitiche ed il granito di S. Fedelino che le attraversa.

I caratteri tessiturali e strutturali, nonchè la composizione mineralogica, sono del tutto simili a quelli delle migmatiti dell'estesa zolla di Bagni del Masino (CRESPI, 1965) le quali rappresentano evidentemente un lembo, isolato dall'intrusione del massiccio di Val Masino-Val Breghaglia, della formazione in esame. Come nella zona dei Bagni, anche nella Valle dei Ratti si individuano, entro le migmatiti, lenti di anfiboliti, oliviniti e serpentine, associate talora a calcari cristallini e a calcefiri, in alcuni casi localizzate lungo linee di dislocazione (Casten, N di Passo Primalpia). Per le strette analogie di facies ci esimiamo dal fornire ulteriori dettagli e rinviando alle descrizioni particolari contenute nel sopracitato lavoro.

Rocce intrusive.

Come già accennato nella parte introduttiva, i litotipi fondamentali del massiccio intrusivo sono: una diorite quarzifera (*serizzo*), una granodiorite a facies porfirica, per la presenza di individui listiformi di grandi dimensioni di feldspato potassico (*ghiaandone*) ⁽¹⁾ ed un gra-

⁽¹⁾ Gli autori italiani (REPOSSI, BALCONI, ecc.) impiegano, per questi due litotipi, rispettivamente i termini *serizzo* e *serizzo ghiaandone*: preferiamo anche per ragioni di chiarezza e di semplicità di esposizione, attenerci alle denominazioni locali *serizzo* e *ghiaandone*. E' opportuno a questo riguardo osservare che con il termine *serizzo* o *sarizzo* si indicano, nel linguaggio tecnico e commerciale, rocce compatte di varia natura, provenienti da diverse località dell'Italia settentrionale (Val Masino, Val Camonica, Val d'Ossola, ecc.).

nito aplitico a due miche (*granito di S. Fedelino*). Esamineremo nell'ordine questi tre litotipi, mettendone in evidenza i caratteri petrografici più salienti ed i rapporti reciproci, spaziali e temporali.

Il serizzo.

In molte zone periferiche del massiccio e talora anche nelle parti più interne dell'intrusione (Valle dei Bagni ad es.), si individua, accanto al prevalente ghiandone, una facies di colore più scuro, priva di porfiroblasti di feldspato potassico e con tessitura più o meno distintamente orientata ⁽¹⁾, che assume notevole sviluppo ai margini SE e S del massiccio, proseguendo per una trentina di Km verso occidente, al di là della Mera, sino al Canton Ticino, in forma di sottile fascia E-W compresa nelle metamorfiti. Nota con la denominazione locale (Val Masino) di *serizzo*, che adotteremo nel presente lavoro ed estenderemo a tutta l'area in esame, tale facies venne descritta, per quanto riguarda la parte svizzera degli affioramenti, come *sienite* (STUDER); *Hornblendegneiss* e *Syenitgneiss* (THEOBALD e ROLLE); *tonalite di Melirolo* (STAUB, WEBER, e altri autori svizzeri) e, nella parte italiana, *gneiss anfibolico* (MELZI); *diorite del Bassetta* (REPOSSI); *tonalite di Val Masino* (CORNELIUS); *diorite tonalitica* (PERETTI); *diorite quarzifera di tipo tonalitico* (BALCONI).

Al MELZI (1893) si deve una prima descrizione del litotipo; CORNELIUS (1915) e HIRSCHI (1920) se ne occuparono brevemente; REPOSSI (1915) esaminò dettagliatamente gli affioramenti della zona M. Bassetta-Sorico, distinguendovi alcune facies fondamentali, differenziabili in base alla struttura, alla grana, alla composizione mineralogica, al grado di laminazione subito. Si ebbero in seguito i lavori di MERLA (1935), PERETTI (1939) e BALCONI (1938, 1941); quest'ultimo autore distinse nella Valle dei Bagni una varietà chiara ed una scura, fornendone descrizioni microscopiche ed analisi chimiche in parte originali.

Tra i lavori più recenti ricordiamo il fondamentale studio di WEBER (1957) sugli affioramenti di *tonalite di Melirolo* tra il lago di Como e Giubiasco (Canton Ticino), oltre ad alcuni lavori di autori svizzeri: (WEIBEL, 1960; GANSSER e GYR, 1964).

(¹) Secondo Gb. DAL PIAZ e BIANCHI (1934) la tessitura parallela del serizzo e del ghiandone, da essi osservata in diversi punti della Val Masino, sarebbe di *origine primaria*, imputabile cioè a movimenti del magma verificatisi nel corso della cristallizzazione (pag. 212).

Della composizione mineralogica e chimica del litotipo in esame si sono occupati in particolare REPOSSI e BALCONI, per la regione a E della Mera e, in epoca più recente, dettagliatamente e con criteri moderni, WEBER, per la zona compresa tra la Mera e Giubiasco. Quest'ultimo autore riporta numerose analisi chimiche e modali dei differenti tipi che egli distingue in seno alla *tonalite di Melirolo*: tonalite massiccia, gneiss tonalitico, tonalite epidotica, gneiss tonalitico-epidotico.

Dall'esame dei dati riportati da WEBER e di quelli da noi elaborati durante le ricerche di laboratorio tuttora in corso, condotto sulla base delle più moderne classificazioni modali delle rocce magmatiche (RONNER, 1963), ci sembra più adeguata e comprensiva la denominazione di *diorite quarzifera*. Si deve tuttavia riconoscere un certo campo di variabilità nei rapporti tra i componenti mineralogici fondamentali, per cui buona parte dei tipi appartenenti alla formazione intrusiva in esame si colloca ai limiti del campo caratteristico delle dioriti, con tendenza verso il campo delle quarzodioriti e con qualche deviazione verso i tipi tonalitici. Ciò avviene quando il contenuto di anortite dei plagioclasì supera, sia pure di poco, il 45% An, pur rimanendo la percentuale del quarzo intorno o appena sopra il 10%, valore che è generalmente assunto come limite tra le dioriti da una parte e le quarzodioriti e tonaliti dall'altra. Il feldspato potassico è presente, se si eccettuano tipi di passaggio al ghiandone, in quantità del 2-3%, mentre per i componenti femici si hanno oscillazioni della biotite intorno al 15% e dell'orneblenda intorno al 12%. La clorite è sempre presente in piccole quantità, mentre l'epidoto può diventare, come appare evidente dai tipi definiti da WEBER, minerale caratteristico, presente in quantità anche superiore al 10% e ben riconoscibile anche ad occhio nudo.

Quanto alla genesi ed all'età del serizzo, si ritiene generalmente (STAUB, 1918; CORNELIUS, 1928; WEBER, 1957) trattarsi di una facies basica, più antica della porzione centrale più acida, con caratteri di intrusione alpina sintettonica. NOVARESE invece (1929) parla in favore di una intrusione preterziaria, mentre AMSTUTZ (1955) si discosta notevolmente dalle interpretazioni suesposte, considerando il serizzo come un'intrusione subvulcanica ercinica postorogenica. Recenti determinazioni di età assoluta sugli zirconi del serizzo, compiute da CHESSEX (1964) con il metodo « radiation damage » indicano un'età di 32-33 Ma.; questo dato conferma l'età sintettonica dell'intrusione dioritica, la cui presa di posizione sarebbe avvenuta all'incirca nell'Oligocene inferiore.

Il ghiandone.

Nella parte centrale e settentrionale del massiccio intrusivo, che comprende l'alta Val Masino e il fianco sinistro della media ed alta Val Bregaglia, assume netta prevalenza il tipo intrusivo a facies porfirica per macrocristalli di feldspato potassico, per il quale adottiamo, come già precisato nelle pagine precedenti, la denominazione abbreviata locale di *ghiandone*; anche il ghiandone, come il serizzo, presenta tessiture più o meno distintamente orientate (v. nota a pag. 37).

Dagli autori precedenti questo litotipo venne definito *Coderagranit* (THEOBALD); *gneiss porfiroide di Val Masino* (MELZI); *Disgraziagranit* (CORNELIUS); *Bergeller Granit* (STAUB); *Fornogranit* (DRESCHER-KADEN); *serizzo ghiandone* (autori italiani: REPOSSI, BALCONI, ecc.).

Il primo dettagliato studio petrografico risale al MELZI (1893); brevi descrizioni ne diedero successivamente CORNELIUS (1913), STAUB (1918) e HIRSCHI (1920). Fondamentali i lavori di DRESCHER-KADEN (1926, 1929, 1940), riguardanti essenzialmente la regione nord-orientale dell'intrusione (ghiacciaio del Forno) nei quali l'autore presenta numerosi dati di campagna e di laboratorio a sostegno della sua ipotesi sulla genesi anatettica del massiccio. Per la parte italiana le pubblicazioni di BALCONI (1938, 1941) portano nuovi elementi alla conoscenza dei caratteri mineralogici e chimici del ghiandone e dei suoi rapporti con la facies dioritico-quarzifera marginale. Tra i lavori più recenti, maggior interesse presentano quelli di WEIBEL (1960) sulla composizione chimica e modale delle rocce intrusive della parte N del massiccio e di GANSSER e GYR (1964) sugli xenoliti del ghiandone e sul problema della sua intrusione.

I numerosi dati esposti nello studio di WEIBEL, relativi ad una serie di campioni di galleria della zona dell'Albigna, insieme con quelli di altri tra gli autori citati e con quelli emersi dagli studi finora compiuti dagli autori della presente nota sull'abbondante materiale raccolto durante i rilevamenti nel settore italiano, forniscono un quadro sufficientemente completo delle caratteristiche del litotipo. Va subito messa in evidenza la grande variabilità di facies, dovuta soprattutto all'irregolare distribuzione dei cristalli di feldspato potassico: si possono infatti osservare tutti i passaggi dal tipico ghiandone a termini privi di feldspato potassico, riferibili al serizzo.

I dati chimici sul ghiandone, che, data la tessitura porfirica grossolana, dovrebbero essere basati su un numero molto elevato di analisi,

condotte su campioni di grandi dimensioni, non sono disponibili per l'intero massiccio: per la parte svizzera la serie unitaria di analisi eseguite da WEIBEL nell'ambito di circa 1.700 m di galleria indica per i campioni tipici un chimismo prevalentemente granodioritico. Per il versante italiano, dai dati finora a disposizione, risulta un chimismo compreso tra quello granodioritico e quello di tipi granitici (adamellitico, opdalitico, ecc. dei tipi magmatici di NIGGLI).

Il carattere prevalentemente granodioritico del ghiandone della zona dell'Albigna è confermato dalla composizione modale dei campioni più caratteristici del litotipo, che indica quale componente fondamentale (40% in media in vol.) un plagioclasio oligoclasico-andesinico, in associazione con il quarzo (all'incirca il 20%) e con il feldspato potassico, presente in media in quantità intorno al 20%, con punte verso il 40%; la biotite oscilla su valori dell'8-9%, mentre l'orneblenda è raramente presente. Per la parte italiana del massiccio il plagioclasio mostra composizione decisamente andesinica, mentre tra i componenti femici è generalmente presente, accanto alla biotite, l'orneblenda; i rapporti percentuali tra questi due minerali variano fortemente.

Gli accessori più abbondanti sono gli epidoti, la titanite e l'apatite, meno diffusi nella serie esaminata da WEIBEL.

Il minerale più caratteristico del ghiandone è il feldspato potassico, che si presenta in cristalli idiomorfi di grandi dimensioni (da 3-4 cm, in media, a oltre 10 cm), tabulari secondo (010), sovente ricchi di inclusioni di plagioclasio idiomorfo, quarzo, biotite e orneblenda. Comuni le geminazioni secondo la legge di Carlsbad, ben visibili macroscopicamente. I caratteri ottici variano, anche in uno stesso individuo, da quelli dell'ortoclasio a quelli del microclino; sempre presenti le associazioni micro- o criptopertitiche.

L'origine dei macrocristalli idiomorfi di feldspato potassico è tuttora controversa. I fenomeni di ricristallizzazione allo stato solido, ai quali sarebbe dovuta secondo alcuni autori la struttura grossolanamente porfirica del ghiandone, sarebbero di portata del tutto locale secondo WEIBEL, che si pronuncia per una genesi magmatica del feldspato potassico, la cui formazione sarebbe avvenuta dopo la fase principale della cristallizzazione, favorita dalla presenza di acqua in condizioni ultracritiche.

Sulle principali ipotesi riguardanti la genesi del ghiandone, e dell'intero massiccio, ci siamo brevemente intrattenuti nella parte in-

troductiva, alla quale rinviando; l'argomento verrà ripreso e approfondito nelle considerazioni conclusive.

Per quanto riguarda l'età terziaria del ghiandone, documentata geologicamente, si hanno recenti conferme su basi geocronologiche. GRÜNENFELDER e STERN (1960), applicando il metodo del Pb/ α sugli zirconi della granodiorite della zona dell'Albigna, determinarono una età oligocenica di 25 ± 10 Ma. e CHESSEX (1964) utilizzando, sempre sugli zirconi, il metodo « radiation damage » un'età di 21 e 24 Ma., corrispondente al Miocene inferiore. Tuttavia, come è dimostrato da CITA (1953, 1957, 1958), ciottoli di ghiandone compaiono entro livelli della gonfolite di Como, databili per via micropaleontologica al limite Oligocene inferiore-Oligocene medio: la presa di posizione del ghiandone non dovrebbe pertanto essere posteriore all'Oligocene inferiore (più di 30 Ma.).

Questa discordanza di dati sarebbe dovuta tra l'altro, secondo CHESSEX, alle condizioni di temperatura e pressione alle quali è avvenuta l'intrusione, che avrebbero determinato un graduale risanamento dei danni prodotti alla struttura dello zircone e di conseguenza una determinazione di età inferiore a quella reale.

Rapporti tra serizzo e ghiandone e tra questi e le rocce incassanti.

Già MELZI, nel suo lavoro del 1893 sulla Val Masino, nota che è possibile osservare in più punti della valle un regolare e graduale passaggio dal serizzo al ghiandone, senza alcun netto limite tra i due tipi litologici: dal ghiandone ad es. si passa al serizzo per progressivo impoverimento del feldspato potassico macrocristallino e parallelo aumento dell'anfibolo. Le ricerche di BALCONI (1941), estese a buona parte del massiccio di Val Masino-Val Bregaglia compreso in territorio italiano, confermano *l'assoluta continuità nello spazio tra le due rocce*, tra le quali si nota sovente *un passaggio diretto, nello spazio di pochi decimetri, senza alcuna traccia di quei fenomeni di contatto che certamente si osserverebbero se nell'intrusione delle due formazioni ci fosse stata una discontinuità, per la quale la massa granitica più recente avesse investito la massa dioritica già solidificata* (pag. 280).

Le nostre osservazioni coincidono in parte con quelle dei sopracitati autori. Anche se il caso più frequente è quello del passaggio graduale e insensibile dall'uno all'altro tipo litologico, non è tuttavia del tutto infrequente (Val di Mello ad es.) la presenza di un limite piuttosto netto tra serizzo e ghiandone, generalmente sottolineato da una

sottile fascia biotitica, senza che, peraltro, si possano osservare fenomeni di deformazione meccanica. In alcuni casi le due facies si alternano ripetutamente, in fasce più o meno larghe, abbastanza nettamente separate tra loro (Circo del Desénigo, v. Tav. II, fig. 3). Sull'interpretazione di questi fenomeni avremo modo di ritornare nel paragrafo conclusivo.

I contatti con le rocce incassanti sono sempre netti, generalmente accompagnati da fenomeni cataclastici per lo più di modesta entità. E' il caso ad es. del contatto fra serizzo e gneiss migmatici sul versante meridionale della cresta ad W del Passo di Spluga (alta Valle dei Ratti), dove solo l'esame microscopico mette in evidenza lievi variazioni strutturali che si esauriscono nell'ambito di pochi metri.

Fenomeni di deformazione meccanica molto accentuata si osservano invece sul versante destro della stessa valle; il passaggio dal serizzo alle migmatiti, entrambi in facies milonitica, è qui segnato da un caratteristico canale ad U, largo 10-15 m, che corre in direzione EW, 1 Km circa a S del Sasso Manduino.

La tessitura orientata del serizzo è particolarmente accentuata nelle zone marginali del massiccio e si presenta in genere concordante con la scistosità delle metamorfiti. Come già accennato nella descrizione degli Scisti del Tonale, sovente il serizzo sfuma in una serie di apofisi più o meno potenti entro le rocce metamorfiche incassanti, in buona concordanza con le scistosità delle stesse.

Gli inclusi nel serizzo e nel ghiandone.

Nelle rocce intrusive del massiccio di Val Masino-Val Bregaglia, particolarmente nelle zone marginali, sono molto frequenti gli inclusi di varia natura, con dimensioni variabilissime, da pochi centimetri a più di 1 Km.

Già abbiamo accennato all'estesa zolla metamorfica di Bagni del Masino (oltre 1500 m nel senso della massima dimensione); altri inclusi di grandi proporzioni, dell'ordine di grandezza delle decine di metri, generalmente di tipo gneissico-biotitico, sono stati osservati, entro al serizzo, nel settore orientale del massiccio, nell'alta Valle di Sasso Bisolo (zona del rifugio Ponti).

Anche nel settore centro-occidentale gli inclusi possono raggiungere dimensioni ragguardevoli: è il caso ad es. dell'allineamento di rocce anfiboliche, inglobate nel ghiandone, che attraversa in direzione all'incirca E-W l'alta Valle dei Ratti, intorno a q. 2500-2600 (a N

del rifugio Volta). Si tratta di una serie di lenti discontinue e frammentate (potenza 30-50 m; sviluppo in direzione 50-100 m), derivanti verosimilmente dallo smembramento di un unico corpo anfibolitico. In questi affioramenti sono visibili in più punti caratteristiche facies agmatitiche, diadisitiche, epibolitiche e nebulitiche (v. Tav. III, fig. 1).

Una parte degli inclusi, rappresentata da rocce di varia natura, mostra chiaramente di derivare dall'inglobamento di porzioni più o meno estese di rocce incassanti (*xenoliti esogeni* di GANSSEER e GYR, 1964); generalmente limitati alle zone periferiche dell'intrusione, tali inclusi presentano scarse o nulle trasformazioni mineralogiche e strutturali.

Gli inclusi più caratteristici, diffusi in tutta l'area di affioramento del serizzo e del ghiandone, presentano comunemente l'aspetto di rocce anfiboliche e anfibolico-biotitiche, a tessitura più o meno distintamente orientata e forma lenticolare più o meno allungata oppure ovoidale, simili, in molti casi, a comuni anfiboliti: le loro dimensioni sono per lo più dell'ordine di grandezza di pochi decimetri. Essi corrispondono, per giacitura e per caratteri mineralogico-strutturali a quelli che GANSSEER e GYR definiscono *xenoliti endogeni*.

Nella maggioranza dei casi tali inclusi sono disposti parallelamente all'orientazione delle rocce incassanti, con le quali mostrano in genere contatti molto netti.

Secondo gli autori suddetti gli *xenoliti endogeni* sarebbero testimoni di una fase precoce di segregazione basica del massiccio intrusivo, precedente alla formazione del serizzo, nel quale risultano inglobati. Per la maggior parte gli inclusi che si osservano nella regione cui si riferisce il presente lavoro, vanno interpretati come resti di rocce anfiboliche che, come avviene in tante altre aree di ultrametamorfismo, si sono in parte sottratte ai processi anatettici con i quali è in relazione la genesi delle principali masse intrusive, oppure come lembi di rocce incassanti, di varia natura, ma prevalentemente gneissico-biotitiche, inglobati nel corso della intrusione (v. ad es. Tav. III, fig. 1 e Tav. VI, fig. 3).

Il granito di San Fedelino e le sue agmatiti.

Nella regione sud-occidentale del massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia, viene a giorno, sulle sponde del lago di Novate Mezzola e sui versanti della bassa Val Codera, il granito aplitico a due miche noto nella letteratura regionale con il nome di *granito di S. Fe-*

delino, altrimenti denominato *granito di Riva* (STUDER, THEOBALD, autori italiani meno recenti) oppure *Novate-Granit* (autori di lingua tedesca).

Nella carta geologica del ROLLE (1881) il granito in parola è rappresentato come una massa unitaria, estesa su un'area continua, accompagnata da numerose apofisi filoniane. Analoga è la rappresentazione cartografica datane dal MERLA (1935), in parte riprodotta nel F° Chiavenna della Carta Geologica d'Italia (1941), mentre secondo il REPOSSI (1916), *il granito si presenta sotto forma di potenti banconi sensibilmente paralleli, diretti pressapoco da nord a sud ed inclinati non fortemente a est, separati da non meno potenti masse gneissiche* (pag. 149). Solo nelle immediate vicinanze di Novate, dove le cave si addentrano profondamente nella massa granitica, i banconi tendono a fondersi insieme in una massa unitaria. In accordo con REPOSSI, PICCOLI (1962) rappresenta in carta un complesso di grandi bancate di potenza rilevante (dai 20 ai 100 m), separate tra loro da *septa* di migmatiti, che si riuniscono nella zona del M. Avedé e presso le località di Codera e Cola formando un unico corpo intrusivo con sviluppo spaziale continuo.

Le nostre osservazioni confermano in parte le idee di REPOSSI e di PICCOLI, almeno per la zona meridionale degli affioramenti, dove effettivamente si possono distinguere vari potenti filoni granitici entro gli gneiss migmatiti di M. Berlinghera-M. Provinaccio; meno rispondente alla realtà è invece la rappresentazione del versante sud-occidentale del M. Avedé, dove gli affioramenti granitici non assumono forma di regolari bancate entro a rocce gneissiche, come indicano REPOSSI e PICCOLI, ma costituiscono una grandiosa agmatite con prevalenza della parte granitica, sviluppata dal fondovalle del T. Codera (ca. 400 m s.l.m.) sino alla vetta del M. Avedé (1405), ad elementi di dimensioni variabili da pochi cm a parecchie decine di m, costituiti in grande maggioranza da serizzo (Tav. III, figg. 2 e 3, Tav. IV).

Le rocce incassanti le grandi bancate di granito nella zona del M. Avedé sono costituite, secondo REPOSSI, *da gneiss del Berlinghera* (in prevalenza gneiss a due miche, molto compatti, di probabile *origine eruttiva*). Secondo PICCOLI esse invece sono rappresentate da gneiss grossolani anfibolico-biotitici ⁽¹⁾: a tali rocce egli attribuisce la stessa

⁽¹⁾ PICCOLI fornisce (pag. 14 e 15) una analisi chimica di un campione proveniente dalla cava La Foppa presso Novate Mezzola. Benchè tale analisi riveli un chimismo tonalitico, quale è come si è visto, quello del serizzo, e benchè identici a

denominazione di *gneiss del Berlinghera* impiegata, per tipi litologici diversi, da REPOSSI. Già abbiamo visto come gli *gneiss del Berlinghera* di PICCOLI, che peraltro al M. Berlinghera non affiorano, corrispondano perfettamente al ben noto serizzo, facies marginale dioritico-quarzifera del massiccio terziario di Val Masino-Val Bregaglia. A tale proposito è degno di nota ricordare come REPOSSI (1916) avesse già messo in evidenza la esistenza nella zona, in seno al granito, di gneiss anfibolici con netto carattere di ortogneiss dioritici. A pag. 63 del suo lavoro del 1916 l'autore scrive: *alcuni di questi gneiss anfibolici (affioranti tra la Valle di Campo Mezzola e la bassa Val Codera) ... hanno un aspetto esterno che ricorda incontestabilmente quello delle forme meno massicce della diorite del M. Bassetta. E l'esame microscopico conferma pressochè interamente questa analogia.* Più avanti (pag. 65): *L'esame di un campione proveniente dalla Motta di Avedé ... avente una grana piuttosto grossolana ed una tessitura relativamente massiccia, mette in evidenza nella roccia, in modo anche più marcato ... una analogia di composizione con la diorite del M. Bassetta, e precisamente con le facies più spiccatamente dioritiche.* Secondo l'autore (pag. 63): *vien fatto di immaginare una correlazione più o meno stretta di origine tra tali gneiss anfibolici e la grande massa granodioritica della Val Masino, da cui dipende la vasta propaggine dioritica Sorico-M. Bassetta.*

E' tuttavia da notare come REPOSSI, pur avendo osservato la presenza nella zona del M. Avedé di rocce in tutto simili al serizzo e intravisto un probabile rapporto genetico tra queste e la *diorite del M. Bassetta*, non ne abbia riconosciuto la grande diffusione nè intuito (1916!) il vero significato geologico.

Come già messo in evidenza da REPOSSI e da PICCOLI, nella media Val Codera gli affioramenti granitici mostrano una maggiore continuità, costituendo un unico corpo intrusivo.

La composizione mineralogica qualitativa del granito di S. Fedelino è abbastanza ben conosciuta. Brevi descrizioni petrografiche si devono a VIOLA (1887) e a BOLLA (1891); dettagliatamente se ne occuparono in seguito REPOSSI (1916), che ne distinse alcune varietà e, in epoca più recente, BALCONI e PICCOLI.

quelli del serizzo siano i caratteri macro- e microscopici, l'autore interpreta la roccia come uno gneiss *derivante verosimilmente dal metamorfismo di dislocazione di un sedimento calcareo-argilloso o di una vulcanite mesosilicica.*

Mancano tuttavia del tutto, nella letteratura petrografica, dati sulla composizione mineralogica quantitativa: solo PICCOLI dà notizia di un'analisi modale, senza tuttavia riportare i valori. Alcune indicazioni al riguardo si possono trarre dallo studio, tuttora in corso, del materiale da noi raccolto: le analisi volumetriche compiute su campioni tipici indicano quali minerali prevalenti il quarzo, presente in quantità intorno al 40%, un plagioclasio di tipo oligoclasico (30-35% in volume), ed il feldspato potassico, che raggiunge il 20%. Netamente subordinati i minerali micacei, tra i quali la muscovite è in genere più abbondante della biotite (5-6% contro 2% circa); poco frequenti l'apatite, lo zirconio, la titanite e il granato, quest'ultimo con diffusione locale.

Scarsamente nota è la composizione chimica del granito di S. Fedelino, documentata da una sola analisi di BALCONI; un'altra analisi, compiuta da HEZNER e riportata da NIGGLI et al. (1930), relativa a un campione proveniente dalla Val Codera e del tutto simile a quella eseguita da BALCONI, si riferirebbe, secondo quest'ultimo autore, al granito in esame. Da questi dati emerge un chimismo di tipo granitico engadinitico (magmi leucogranitici di NIGGLI). Un più adeguato quadro petrochimico di questa roccia, notissima per i suoi impieghi tecnici, sarà fornito a conclusione delle ricerche in corso.

Il granito di S. Fedelino è generalmente ritenuto una differenziazione tardiva in senso leucocrato del massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia; esso va considerato, secondo PICCOLI, *un granito da tardo cinematico a postcinematico, confrontabile con quelli classici studiati da SEDERHOLM nella Finlandia meridionale*.

Secondo GANSSE e GYR (1964), il granito in esame è il prodotto di una mobilitazione tardoalpina, prossimo per età alle rocce del massiccio, con le quali peraltro non presenta alcun rapporto genetico diretto.

Da parte nostra possiamo senz'altro confermare l'età più recente del granito di S. Fedelino, rispetto a quella del serizzo e del ghianzone, come è documentato dai rapporti di giacitura (agmatiti di serizzo con neosoma granitico): per quanto riguarda gli eventuali rapporti genetici con il massiccio di Val Masino-Val Bregaglia non ci sembra possibile considerare, alla luce delle nostre ipotesi, serizzo, ghianzone e granito di S. Fedelino quali normali prodotti di differenziazione magmatica.

Sull'argomento ritorneremo nel paragrafo conclusivo.

E' interessante a questo punto chiarire i rapporti tra il granito di S. Fedelino e le rocce migmatiche, prevalentemente di tipo omogeneo, che affiorano al contatto. Secondo PICCOLI esiste un indubbio legame genetico tra granito e migmatiti; solo per qualche raro caso egli ammette per queste ultime un'età più antica del granito. Dalla memoria dell'autore e dalla carta geologica al 12.500 annessa, risulta infatti che gli affioramenti di rocce migmatiche (flebiti e agmatiti) si sviluppano esclusivamente nelle immediate vicinanze dei corpi granitici, ai quali si dovrebbe pertanto la facies migmatica attuale delle metamorfiti incassanti.

Ciò non corrisponde alla realtà dei fatti, in quanto le rocce migmatiche conservano la loro facies anche a grandi distanze dai corpi granitici, estendendosi a occidente lungo tutta la Valle dei Ratti e per decine di Km a oriente verso il Canton Ticino, con quella monotona costanza di facies e con quell'ormai ben noto quadro di litotipi, di strutture e di tessiture che è proprio delle migmatiti estese su scala regionale.

Si tratta pertanto di rocce migmatiche più antiche del granito di S. Fedelino, alla cui azione si deve soltanto la formazione di limitate migmatiti eterogenee, di tipo agmatitico, epibolitico e diadisitico, nelle formazioni incassanti. Come già esposto nelle pagine precedenti, adottiamo per le rocce in parola la denominazione formazionale: *Gneiss migmatiti di M. Berlinghera-M. Provinaccio*; essi corrispondono agli «gneiss lepontini» (Pennidico profondo) di WENK (1955, 1956) che appartengono all'«Unterbau» delle Alpi.

I filoni.

Nelle incisioni vallive, e soprattutto negli ampi circhi alle testate delle valli, si osserva una ricca serie di filoni acidi di varia natura, particolarmente abbondanti entro al ghiandone, meno diffusi e potenti nel serizzo e nelle rocce incassanti. In base ai rapporti reciproci di intersezione è stato possibile stabilire una successione temporale di alcuni tipi fondamentali. Tra i vari gruppi di filoni caratterizzati, alcuni rivestono particolare importanza ai fini dell'interpretazione petrogenetica del massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia. Notevole è la completa assenza di filoni meso- e iposilicici.

Esamineremo ora, incominciando dai più antichi, i tipi fondamentali di filoni, mettendone in evidenza i caratteri di maggiore interesse petrogenetico, in rapporto con il meccanismo dell'intrusione e con la evoluzione delle masse intrusive. In questa descrizione comprendiamo anche manifestazioni di particolare significato genetico, delle quali non si trova cenno alcuno nelle opere degli autori precedenti: per renderne più agevole la descrizione adotteremo per esse la denominazione provvisoria di « pseudo-filoni ».

1 - *Pseudofiloni*.

Tipici del ghiandone e del tutto assenti nelle metamorfiti incassanti il massiccio, costituiscono corpi geologici apparentemente simili ai filoni per lo sviluppo spaziale, ma rivestono significato ben diverso. Dai rapporti di intersezione, ripetutamente controllati, risulta indubbia la loro preesistenza ad ogni manifestazione sicuramente filoniana. Caratteristica ne è la tessitura parallela alle salbande, messa in evidenza da letti biotitici più o meno continui, talora con spessore di alcuni mm; il colore in massa è grigio chiaro e la grana generalmente minuta, ma sensibilmente variabile da punto a punto. La potenza, generalmente limitata, da 2-3 cm sino a 30 cm, può variare in modo notevole anche nello stesso corpo, con formazione di caratteristici rigonfiamenti e strozzature. In alcuni pseudofiloni si nota una tessitura zonata, parallelamente alle salbande, a fasce alternate femiche e quarzoso-feldspatiche, in rapporto con fenomeni di penetrazione, lungo i piani di allineamento dei componenti lamellari, di soluzioni acide successive (v. Tav. V).

La giacitura è generalmente subverticale, sensibilmente discordante rispetto all'orientazione fondamentale del ghiandone, data dai cristalli di anfibolo, con la quale forma in genere angoli intorno ai 30-40°; essa è in netta discordanza anche rispetto agli inclusi anfibolici. In molti casi, specialmente quando esistono letti continui di biotite, si osserva alle salbande degli pseudofiloni un forte addensamento di macrocristalli di feldspato potassico, che solo in rari casi riescono a penetrare in essi.

I corpi geologici in esame sono sovente fagliati, con rigetti anche superiori al metro, e nettamente tagliati da tutti i filoni acidi di vario tipo che attraversano il ghiandone e le altre rocce della regione (Tav. V).

L'esame microscopico di una porzione di pseudofilone nella zona di salbanda mette in evidenza una chiara struttura milonitica completamente risanata, documentata da cristalli tondeggianti di plagioclasio immersi in un fitto aggregato subparallelo di lamine biotitiche (v. figg. 1 e 2).

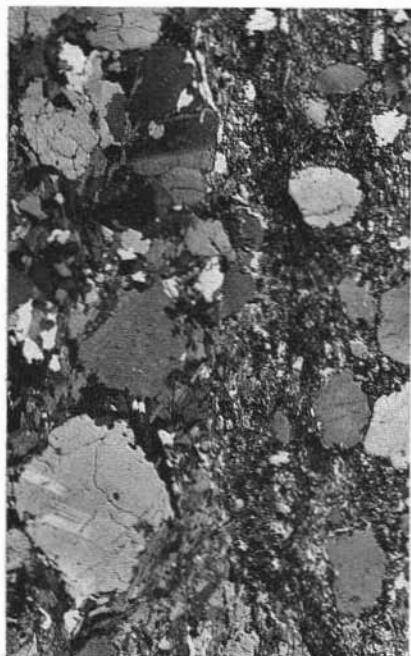


Fig. 1.



Fig. 2.

Microfotografie della zona di salbanda di uno *pseudofilone* dell'alta Valle dei Ratti.

Nella fig. 1 (Nicols +, ingr. 22) è ben visibile, nella parte destra, la struttura milonitica con successivo risanamento. La fig. 2 (Nicols +, ingr. 65) mostra un particolare del soggetto precedente (settore in alto a destra): porfiroclasti di plagioclasio sono immersi in un aggregato di fondo prevalentemente biotitico con struttura pseudofluidale.

L'insieme dei caratteri di età relativa, giacitura, tessitura e struttura microscopica portano ad interpretare le manifestazioni in parola come una testimonianza di *piani di movimento entro una massa semi-solida*, dotata di una certa plasticità d'insieme, lungo i quali si sono ve-

rificati fenomeni di risanamento. Sulle conseguenze geologiche di questa interpretazione avremo occasione di ritornare nelle considerazioni conclusive.

2 - *Filoni granitico-aplitici.*

Si rinvencono sia nel ghiandone, sia nel serizzo e nelle metamorfiti: costituiscono la prima vera manifestazione filoniana connessa con il massiccio di Val Masino-Val Bregaglia. Il colore è grigio chiaro sino a biancastro, la grana è minuta e molto uniforme: quarzo, feldspato potassico e plagioclasio oligoclasico sono i componenti fondamentali, associati a quantità variabili di muscovite e biotite, talora sensibilmente orientate. La potenza varia da pochi cm a 10 m e oltre, ma rimane rigorosamente costante per uno stesso corpo filoniano per lunghi tratti; frequenti le faglie, con rigetti sino al metro, che talora spezzettano i filoni scaglionandone i frammenti (v. Tav. V e Tav. VI, fig. 2).

I filoni granitico-aplitici che attraversano il ghiandone presentano sovente alle salbande, più di frequente degli pseudofiloni, addensamenti di microcristalli di feldspato potassico, che solo in rarissimi casi riescono a svilupparsi anche all'interno del corpo filoniano (v. Tav. VI, fig. 4). In alcuni casi l'addensamento si verifica ad una sola salbanda, generalmente quella verso N. Frammenti di filoni granitico-aplitici si rinvencono talvolta isolati nella massa del ghiandone (v. Tav. VI, fig. 1).

Come risulta dai caratteri descritti, i filoni in esame si sono originati in una massa rocciosa rigida (potenza rigorosamente costante); tale massa divenne di nuovo plastica (frammenti di filoni isolati e dispersi in essa) in una successiva fase della sua evoluzione, alla quale è riferibile la formazione dei macrocristalli di feldspato potassico (addensamento degli stessi contro i filoni granitico-aplitici competenti e sporadica penetrazione in essi).

Questi filoni presentano evidenti analogie di composizione chimico-mineralogica, nonchè palesi rapporti di continuità, con i corpi granitici di S. Fedelino, con i quali mostrano indubbio legame genetico.

3 - *Filoni pegmatitici e filoni zonati aplitico-pegmatitici.*

Si sviluppano prevalentemente nel ghiandone: presentano grana generalmente grossolana e risultano composti da quarzo, feldspato potassico sovente di colore leggermente rosato, muscovite, in lamine con frequente disposizione normale alle salbande, e granato in piccolissimi cristalli. La potenza è molto variabile, da pochi cm a molti m (4-5 e

più) anche nell'ambito di uno stesso filone, con formazioni di accennuati rigonfiamenti e strozzature; anche la direzione è in genere fortemente variabile.

Spesso associati alle pegmatiti, in fasce subparallele, a formare un unico corpo filoniano, e generalmente coevi, o di poco più recenti (rigetti, attraversamenti), sono filoni aplitici di limitata potenza (40-50 cm al massimo) a grana finissima e uniforme, caratterizzati dalla costante presenza di piccolissimi cristalli di granato. In tali associazioni pegmatite-aplite prevale generalmente alle salbande il tipo pegmatitico.

Con i filoni in esame, e particolarmente con le pegmatiti, sono da porre in rapporto i macrocristalli di feldspato potassico del ghiandone i quali, come si è visto poc'anzi, si addensano contro i filoni granitico-aplitici penetrandovi in alcuni casi: essi si sarebbero formati, in concomitanza con le manifestazioni pegmatitiche, in una massa ancora relativamente plastica, come risulta dai caratteri di giacitura delle pegmatiti stesse (direzione e potenza fortemente variabili).

4 - *Filoni aplitici.*

Frequenti soprattutto nelle rocce intrusive, presentano grana finissima e composizione essenzialmente quarzoso-feldspatica; localmente sono biotitici e sempre microgranatiferi. Potenza per lo più di pochi cm, talora di 4-5 dm; nell'ambito di uno stesso filone potenza e direzione sono rigorosamente costanti. Caratteri distintivi tipici sono la patina giallastra di alterazione, il netto oggetto rispetto alle rocce incassanti sulle superfici di erosione glaciale e la fitta fratturazione secondo i piani perpendicolari alle salbande, che porta alla formazione di blocchetti grossolanamente parallelepipedi. Sovente troncano i cristalli di feldspato potassico, risultando perciò chiaramente di genesi successiva.

I caratteri dei filoni in esame indicano un'iniezione entro un mezzo ormai rigido, che aveva già conseguito la tessitura attuale a grandi feldspati di potassio (*ghiandone*): i filoni aplitici, ed i filoni di quarzo di cui al punto successivo, segnano la fine delle complesse manifestazioni che hanno accompagnato l'intrusione del massiccio di Val Masino-Val Bregaglia.

5 - *Filoni di quarzo.*

Diffusi prevalentemente nelle rocce intrusive, sono caratterizzati, sulle superfici di erosione, da un netto oggetto rispetto alle rocce incassanti e dalla patina di alterazione limonitica. La potenza (intorno a 50 cm - 1 m) e la direzione sono assolutamente costanti.

Sono queste le principali fasi filoniane in connessione genetica con il massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia, facilmente differenziabili tra loro in base alle condizioni di affioramento e ai caratteri petrografici. Tali fasi sono indicate nel testo, nella Tabella II e nelle figure con i numeri da 1 a 5.

Altre manifestazioni, peraltro di minore portata e interesse, difficilmente caratterizzabili ed interpretabili, compaiono in più punti (v. ad es. i filoncelli 2a nella Tav. V); su di essi si potranno forse ricavare nuove indicazioni con il proseguimento delle ricerche di campagna in altri settori del massiccio.

La Tabella II fornisce un quadro riassuntivo dei caratteri più salienti dei cinque gruppi dei filoni da noi descritti e interpretati: ne risultano con evidenza le loro condizioni genetiche ed i rapporti con la successione delle fasi di evoluzione del massiccio.

Considerazioni conclusive.

Nel presente lavoro, che ha carattere di una prima e rapida messa a punto dei problemi geologico-tettonici inerenti alla genesi, alla presa di posizione e all'evoluzione del massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia, viene di proposito evitata una approfondita trattazione di singoli argomenti: ciò verrà fatto in seguito, con adeguata documentazione di osservazioni di campagna e di dati sperimentali, possibilmente estesi a tutti i settori del massiccio. Sulla sola base di quanto esposto nelle pagine precedenti e di alcuni risultati che riteniamo ormai definitivamente acquisiti dai lavori di altri autori, è tuttavia possibile tracciare un quadro schematico di eventi facilmente controllabili sul terreno, sui quali possono fondarsi ipotesi petrogenetiche, in parte nuove, relative alle singole formazioni ed all'intero massiccio.

1) Il massiccio presenta, in base ai rapporti di giacitura con le rocce incassanti, i caratteri di una intrusione di tipo diapirico.

2) La massa principale, al momento dell'intrusione, era caratterizzata da una certa rigidità, come dimostrano evidenti tracce di piani di scorrimento subverticali (*pseudofiloni*, v. figg. 1 e 2 e Tav. V). La scarsa omogeneità, i caratteri tessiturali, il quadro geologico d'insieme (*inclusi* di ogni dimensione, in stadi diversi di evoluzione, spesso

TABELLA II.

Filoni acidi nel settore centro-occidentale del massiccio di Val Masino-Val Bregaglia.
(Quadro riassuntivo)

SucceSSIONE temporale	Composizione	Grana	Tessitura	Potenza	Giacitura	Caratteri particolari e significato petrogenetico
1) Pseudofiloni	quarzo, feldspati, biotite	sensibilmente variabile, generalmente minuta	orientata, talora listata	da 2-3 cm a 30 cm, notevolmente variabile nello stesso corpo	generalmente sub-verticale	Struttura milonitica alle salbande. Preesistenza, in base ai rapporti di intersezione, ad ogni manifestazione filoniana. <i>Piani di movimento in una massa semisolidi dotata di una certa plasticità d'insieme.</i>
2) Filoni granitico-aplitici	quarzo, feldspati, biotite, muscovite	minuta e uniforme	sovente orientata	da pochi cm a 10 m e oltre, rigorosamente costante per uno stesso corpo filoniano	immersione generalmente a Est; inclinazione da media a piccola	Azione di barriera alla feldspatizzazione. <i>Iniezioni in una massa rigida precedente alla formazione dei macrocristalli di K-feldspato.</i>
3) Filoni pegmatitici e filoni misti aplitico-pegmatitici	quarzo, feldspati, muscovite, granato	da grossolana a minuta (aplitici)	massiccia (pegmatiti) o listata (filoni misti)	da pochi cm a 4-5 m e oltre, notevolmente variabile nello stesso corpo filoniano	variabile	<i>Iniezioni in una massa relativamente plastica, contemporaneamente alla formazione dei macrocristalli di K-feldspato.</i>
4) Filoni aplitici	quarzo, feldspati, granato, localmente biotite	finissima e uniforme	massiccia	da pochi cm a 40-50 cm, rigorosamente costante per uno stesso corpo filoniano	variabile	Netta fratturazione normale alle salbande. Troncamento di macrocristalli di feldspato potassico. <i>Iniezioni in una massa rigida successivamente alla formazione dei macrocristalli di K-feldspato.</i>
5) Filoni di quarzo	essenzialmente quarzo	finissima e uniforme	massiccia	fortemente variabile da filone a filone	variabile	Netta fratturazione normale alle salbande. <i>Iniezioni finali in una massa rigida</i>

con caratteristiche facies diaditiche, epibolitiche, nebulitiche, (vedi Tav. III, fig. 1), la mancanza di sicure manifestazioni filoniane meso- e iposiliciche sono tutti elementi probanti di una genesi anatettica.

3) In contrasto con la mancanza di filoni basici il massiccio è straordinariamente ricco (eccezion fatta per il margine meridionale) di *filoni acidi* di venute diverse, ben riconoscibili sul terreno nella loro successione temporale, che testimonia cicli di attività posteriori alla messa in posto del massiccio e fasi ben definite della sua evoluzione (v. Tavv. V e VI).

4) Gli attuali litotipi delle masse fondamentali hanno composizione chimico-mineralogica che mediamente rientra nei campi delle dioriti quarzifere (*serizzo*) e delle granodioriti (*ghiardone*). Entrambi, e particolarmente il serizzo, presentano tessiture orientate. Dai rapporti serizzo-ghiardone e ghiardone-filoni, si deduce che la genesi dei porfiroblasti feldspatici del ghiardone è successiva alla messa in posto del massiccio ed è compresa fra le manifestazioni filoniane più antiche di tipo granitico-aplitico e quelle più recenti di tipo aplitico; essa è palesemente connessa con la principale fase pegmatitica (v. Tav. II fig. 3 e Tavv. V e VI).

5) *Il granito di S. Fedelino*, che si distingue per la pronunciata omogeneità ed è ricollegabile ai filoni più antichi che attraversano il massiccio, crea imponenti *formazioni agmatitiche* (v. Tav. IV), i cui elementi, poco o per nulla influenzati dal granito, sono costituiti in grande prevalenza da serizzo e, subordinatamente, da gneiss biotitici o da antiche migmatiti omogenee (*Gneiss migmatiti di M. Berlinghera-M. Provinaccio*) dell'Unterbau delle Alpi (v. Tav. III figg. 2 e 3).

6) In conclusione il massiccio intrusivo di Val Masino-Val Bregaglia, nel settore centro-occidentale, presenta i caratteri di una massa piuttosto eterogenea che, in condizioni di avanzata anatessi, si intruse, sotto l'effetto della tettonica tardoalpina, entro formazioni metamorfiche delle Pennidi e delle Austridi. La composizione primitiva corrispondeva verosimilmente a quella del *serizzo*.

Dopo la messa in posto ed il successivo irrigidimento della massa, si ebbero iniezioni filoniane granitico-aplitiche accompagnate dalla intrusione di un esteso corpo granitico omogeneo (granito di S. Fedelino), anch'esso con caratteri di prodotto anatettico che, all'estremo margine centro-occidentale, diede origine ad imponenti agmatiti. Ad

una successiva fase di attività sono riferibili manifestazioni pegmatitiche, cui fecero riscontro, nella porzione centro-settentrionale del massiccio, ridivenuta più plastica, estese azioni di feldspatizzazione. Ad esse sono riferibili i porfiroblasti di feldspato potassico che caratterizzano la facies *ghiaandone*.

Rare apliti granatifere di scarsa potenza, che attraversano indisturbate tutte le formazioni precedentemente citate, e filoni di quarzo che spesso si infiltrano nelle zone di disturbo tettonico, segnano la fine di ogni attività.

Milano, Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università.
Dicembre 1965.

BIBLIOGRAFIA

- AMSTUTZ A. - « Pennides au N e NW du lac de Côme (note préliminaire) ». *Arch. Sc. Genève*, 8, (1955).
- BALCONI M. - « Contributo allo studio petrografico delle Valli del Masino e di Chiavenna ». *Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett.*, 71, (1938).
- BALCONI M. - « Ricerche petrografiche sulla regione del Serizzo ». *Periodico di Mineralogia*, 12, (1941).
- BOLLA A. - « Il gneiss centrale della Valtellina ». *Rend. Acc. Lincei Cl. Sc. Fis. Mat. Nat.*, 7, (1891).
- BONARDI E. - « Il gruppo cristallino dell'Albigna e del Disgrazia ». *Rend. R. Ist. Lomb. Sc. Lett. s. 2ª*, 15, (1882).
- BURRI C. e NIGGLI P. - « Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens-Zweiter Hauptteil: der Chemismus der postophiolitischen Eruptivgesteine ». *Schw. Sp. Verlag, Zürich*, (1949).
- CASASOPRA S. F. - « Studio petrografico dello Gneiss granitico Leventina (Valle Riviera e Valle Leventina, Canton Ticino) ». *Schw. Min. Petr. Mitt.*, 19, (1939).
- CASASOPRA S. F. - « Brevi cenni sulla genesi del granito di Leventina (Riviera e Leventina, Canton Ticino) ». *Schw. Min. Petr. Mitt.*, 28, (1948).
- CATALISANO S. - « Appunti di geologia alpina. I risultati dei rilevamenti geologici eseguiti in Lombardia (Foglio 1 : 100.000 Chiavenna) con alcune notizie sulla prosecuzione orientale della zona dioritico-kinzigitica nell'alto bacino lariano (zona Sesia orientale) ». *Boll. R. Uff. Geol. Ital.*, 61, (1936).
- CHESSEX R. - « Détermination d'âge sur des zircons de roches des Alpes et des Apenins par la méthode des " radiation damage " ». *Schw. Min. Petr. Mitt.*, 44, (1964).
- CITA M. B. - « Studi stratigrafici e micropaleontologici sulle formazioni comprese fra il Nummulitico ed il Pliocene nel territorio di Varese ». *Boll. Serv. Geol. Ital.*, 75, (1953).

- CORNELIUS H. P. - «Geologische Beobachtungen in den Italienischen Teilen des Albigna - Disgraziamassivs». *Geol. Rdsch.*, 6, (1915).
- CORNELIUS H. P. - «Zur Kenntniss der Wurzelregion im unteren Veltlin». *N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, 40, (1915).
- CORNELIUS H. P. - «Zur Altersbestimmung der Adamello und Bergeller Intrusion». *Sitzb. Akad. d. Wiss. Wien, Math.-Nat. Kl.* 137, (1928).
- CORNELIUS H. P. e CORNELIUS-FURLANI M. - «Die insubrische Linie vom Tessin bis zum Tonalepass». *Denkschr. d. Akad. d. Wiss. Wien*, 102, (1930).
- CRESPI R. - «Migmatiti e rocce verdi di Bagni del Masino (Sondrio)». *Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett.*, 99, (1965).
- DAL PIAZ GB.-BIANCHI A. - «Monografia geologico-petrografica sull'Alto Adige orientale e Regioni limitrofe». *Mem. Ist. Geol. R. Univ. Padova*, X, (1934).
- DAL VESCO E. - «Genesi e metamorfosi delle rocce basiche ed ultrabasiche nell'ambiente mesozonale dell'orogene pennidico - Studio petrografico della catena Gaggio-Basal (Canton Ticino)». *Schw. Min. Petr. Mitt.*, 33, (1953).
- DE QUERVAIN F.-FRIEDLAENDER C. - «Chemismus schweizerischer Gesteine». *Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser.*, 20, (1942).
- DE QUERVAIN F.-JENNY V. - «Chemismus schweizerischer Gesteine». *Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser.*, 34, (1956).
- DRESCHER KADEN F. H.-STORZ M. - «Ergebnisse petrographische-tektonischer Untersuchungen im Bergeller Granit». *N. Jb. Min. Petr. Geol.*, Beilage Band, 54, (1926).
- DRESCHER KADEN F. H.-STORZ M. - «Zur Tektonik und Genese des Bergeller Massivs (Versuch zur Behebung einiger Einwände)». *Zbl. Min. Petr. Geol.*, (1929).
- DRESCHER KADEN F. H. - «Beiträge zur Kenntniss der Migmatit und Assimilationsbildungen sowie der synantetischen Reaktionsformen. I Über Schollenassimilation und Kristallisationverlauf im Bergeller Granit». *Chemie der Erde*, 12, (1940).
- GANSSE A.-GYR T. - «Über Xenolithschwärme aus dem Bergeller Massiv und Probleme der Intrusion». *Eclogae geol. Helv.*, 57, (1964).
- GRÜNENFELDER M.-STERN T. W. - «Das Zirkon-Alter des Bergeller Massivs». *Schw. Min. Petr. Mitt.*, 40, (1960).
- HIRSCHI H. - «Radioaktivität einiger Schweizergesteine». *Vierteljarsch. d. Naturf. Gesell.*, Zurigo, 65, (1920).
- HOPPE G. - «Die akzessorischen Zirkone aus Gesteinen des Bergeller und des Adamello-Massivs». *Chemie der Erde*, 22, (1962-63).
- MALARODA R.-SCHIAVINATO G. - «Osservazioni preliminari sui fenomeni di anatessi nel settore italiano del Massiccio dell'Argentera (Alpi Marittime)». *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 76, (1957).
- MALARODA R.-SCHIAVINATO G. - «Le anatessiti dell'Argentera». *Rend. Soc. Min. Ital.*, 14, (1958).
- MALARODA R.-SCHIAVINATO G. - «Agmatiti e migmatiti anfiboliche omogenee nel settore meridionale del Massiccio dell'Argentera». *Rend. Soc. Min. Ital.*, 16, (1960).

- MELZI G. - « Ricerche geologiche e petrografiche sulla Valle del Masino ». *Giorn. Min. Crist. Petr.*, 4, (1893).
- MERLA G. - « Le formazioni cristalline tra l'alto Lario e la Val Bregaglia (Nota preliminare) ». *Boll. R. Uff. Geol. Ital.*, 60, (1935).
- NIGGLI P. - « Probleme der alpinen Gesteinsmetamorphose ». *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 30, (1950).
- NIGGLI P.-DE QUERVAIN-F. WINTERHALTER R. U. - « Chemismus schweizerischer Gesteine ». *Beitr. Geol. Schw. Geotech. Ser.*, 14, (1930).
- NOVARESE V. - « La zona del Canavese e le formazioni adiacenti ». *Mem. descr. carta geol. d'Italia*, 22, (1929).
- NOVARESE V.-CATALISANO S.-MERLA G.-MINUCCI E. - « Carta geologica d'Italia, Foglio Chiavenna », Roma, (1941).
- PERETTI L. - « Diorite tonalitica e granito filoniano di Bagni del Masino ». *Atti R. Acc. Lincei*, Vol. 29, (1939).
- PICCOLI G. - « Osservazioni preliminari sulle migmatiti del granito di S. Fedelino (prov. di Sondrio) ». *Rend. Soc. Min. Ital.*, 13, (1957).
- PICCOLI G. - « Metasomatismo e migmatiti nelle rocce verdi di Novate Mezzola (Sondrio, Alpi Lombarde) ». *Rend. Soc. Min. Ital.*, 17, (1961).
- PICCOLI G. - « Le migmatiti del granito di S. Fedelino ». *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova*, 22, (1962).
- REPOSSI E. - « Osservazioni geologiche e petrografiche sulla bassa Valle della Mera. (Alpi Lombarde). Nota preliminare ». *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.*, 53, (1914).
- REPOSSI E. - « La bassa Valle della Mera - Studi petrografici e geologici ». *Mem. Soc. Ital. Sc. Nat.*, 8, (1915-16).
- ROLLE F. - « Uebersicht der geologische Verhältnisse der Landschaft Chiavenna in Oberitalien ». *Wiesbaden*, (1878).
- ROLLE F. - « Das südwestliche Graubünden und nordöstliche Tessin ». *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz.*, 23, (1881).
- RONNER F. - « Systematische Klassifikation der Massengesteine ». *Springer Verlag*, (1963).
- STAUB R. - « Geologische Karte der Val Bregaglia (Bergeller) 1917-1918, 1:50.000 ». *Geol. Spezialkarte 90, Schweiz. Geol. Komm.*
- STAUB R. - « Geologische Beobachtungen am Bergeller Massiv ». *Vijschr. Natf. Ges.*, 63 (1918).
- STAUB R. - « Übersicht über die Geologie Granbündens ». *Geol. Führer Schweiz.*, (1934).
- STAUB R. - « Geologische Karte der Bernina Gruppe und ihrer Umgebung in Oberengadin, Bergeller, Val Malenco, Puschlav und Livigno 1:50.000 ». *Spezialkarte 118, Schweiz. Geol. Komm.*, (1946).
- STAUB R. - « Grundlagen und Konsequenzen der Verteilung der spätereozänen Massive in alpinen Raum ». *Eclogae Geol. Helv.*, 49, (1956).
- STAUB R. - « Klippendecke und Zentralapennin, Beziehungen und Probleme ». *Beitr. Geol. Karte Schweiz.*, 103, (1958).
- STUDER B. - « Geologie der Schweiz - I. Mittelzone und südliche Nebenzone der Alpen ». *Berna-Zurigo*, (1851).

- THEOBALD G. - « Geologische Beschreibung der südöstlichen Gebirge von Graubünden ». *Beitr. Geol. Karte Schweiz.*, (1866).
- VENZO S. - « Osservazioni preliminari sul rilevamento delle tavolette Verceia e Villa di Chiavenna (Foglio Sondrio) ». *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 75, (1956).
- VENZO S.-FAGNANI G. - « Notizie sul rilevamento del foglio geologico Sondrio ». *Boll. Serv. Geol. d'Italia*, vol. LXXVI, (1954).
- VIOLA C. - « Fisiografia del granito di S. Fedelino ». *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 6, (1887).
- WEBER J. - « Petrographische und geologische Untersuchungen des Tonalitzuges von Melirolo-Sorio zwischen Tessental und Comersee ». *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 37, (1957).
- WEIBEL M. - « Chemismus und Mineralzusammensetzung von Gesteinen des nördlichen Bergeller Massivs ». *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 40, (1960).
- WEIBEL M.-LOCHER T. - « Die Kontakgesteine im Albigna und Fornostollen (nördl. Bergeller Massiv) ». *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 44, (1964).
- WENK E. - « Die lepontinische Gneisregion und die jungen Granite der Valle della Mera ». *Eclogae Geol. Helv.*, 49, (1956).
- WINKLER H. G. F. - « Die Genese der metamorphen Gesteine ». *Springer Verlag*, (1965).

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II

- Fig. 1. — *Gneiss migmatici di M. Berlinghera-M. Provinaccio*: Val dei Monti, a SE di S. Giorgio. Anatessite biotitica pieghettata con piani di movimento sinmigmatici, attraversata in discordanza da un filoncello aplitico. E' questo il litotipo più comune della formazione migmatica.
- Fig. 2. — *Gneiss migmatici di M. Berlinghera-M. Provinaccio*: alta Valle dei Ratti a q. 2600 circa, a SW del M. Spluga. Epiboliti a vene pieghettate di neosoma quarzoso-feldspatico, con accenno a fenomeni di « boudinage ». Questo tipo di migmatite eterogenea presenta comunemente paleosoma anfibolitico, talora gneissico-biotitico a grana minuta.
- Fig. 3. — A N di Primalpia, q. 2200 circa, ai piedi del M. Desénigo. Alternanze tra *serizzo* e *ghiaione*; ben visibili gli inclusi anfibolici isoorientati. Tali alternanze, che si ripetono nella zona per vaste estensioni, sembrano riferibili a fenomeni di feldspatizzazione selettiva, in rapporto con originarie inomogeneità tessiturali.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA III

- Fig. 1. — Allineamento di inclusi anfibolitici nel ghiandone: alta Valle dei Ratti, q. 2500 circa, a N del rifugio Volta. Alcuni inclusi sono parzialmente riassorbiti (facies nebulitiche, a destra in basso ed in alto); in altri (a sinistra in alto) penetrano macrocristalli di feldspato potassico. Il fenomeno si ripete per alcuni Km lungo una fascia diretta all'incirca E-W, nella quale si osservano continue alternanze di facies epibolitiche, diadisitiche, agmatitiche e nebulitiche.
- Fig. 2. — Versante SW del M. Avedé. Agmatite ad elementi angolosi di diorite quarzifera (*serizzo*) cementati da granito in due distinte facies; la più recente ha i caratteri tipici del granito di S. Fedelino.
- Fig. 3. — Presso la vetta del M. Avedé. Agmatite ad elementi lentiformi di *serizzo* cementati dal granito di S. Fedelino. Si notino le nette troncature a spigoli vivi degli elementi di *serizzo* e la mancanza di azioni di contatto, sottolineata dai fenomeni di erosione selettiva.



Fig. 1.

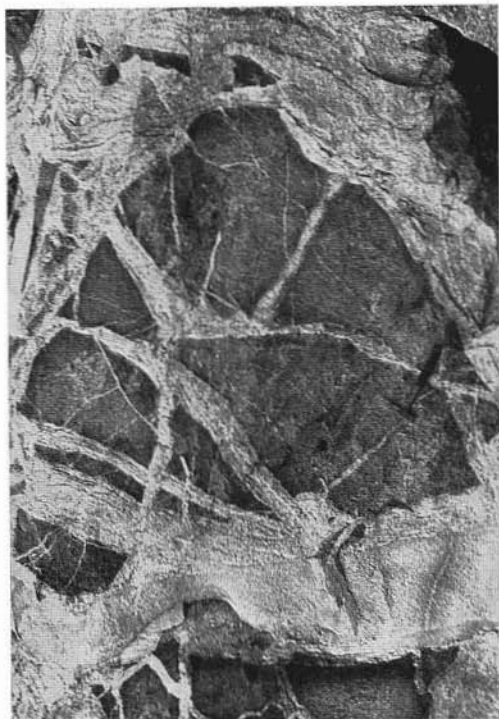
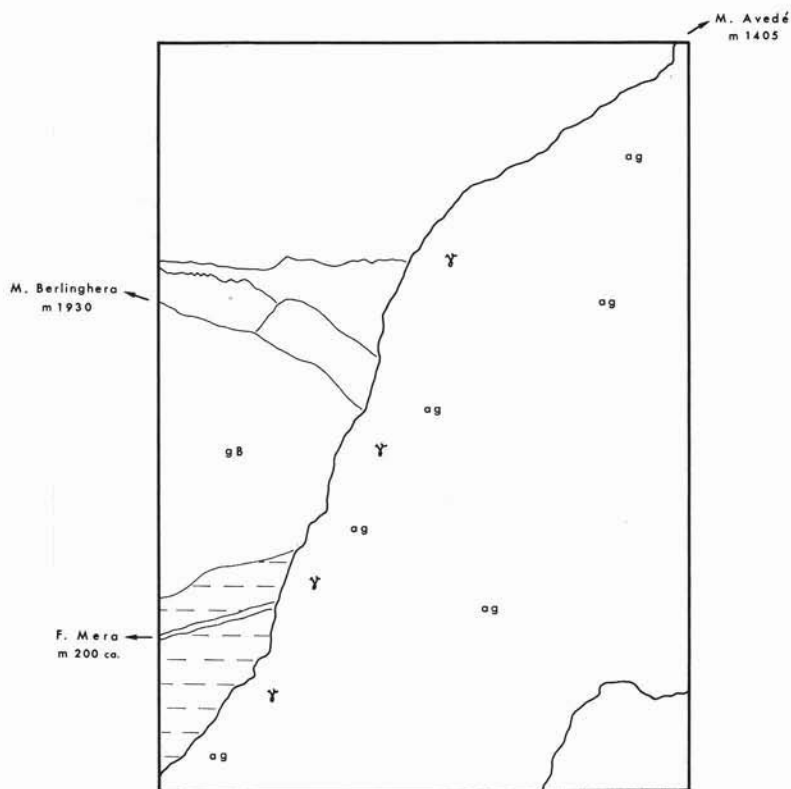


Fig. 2.

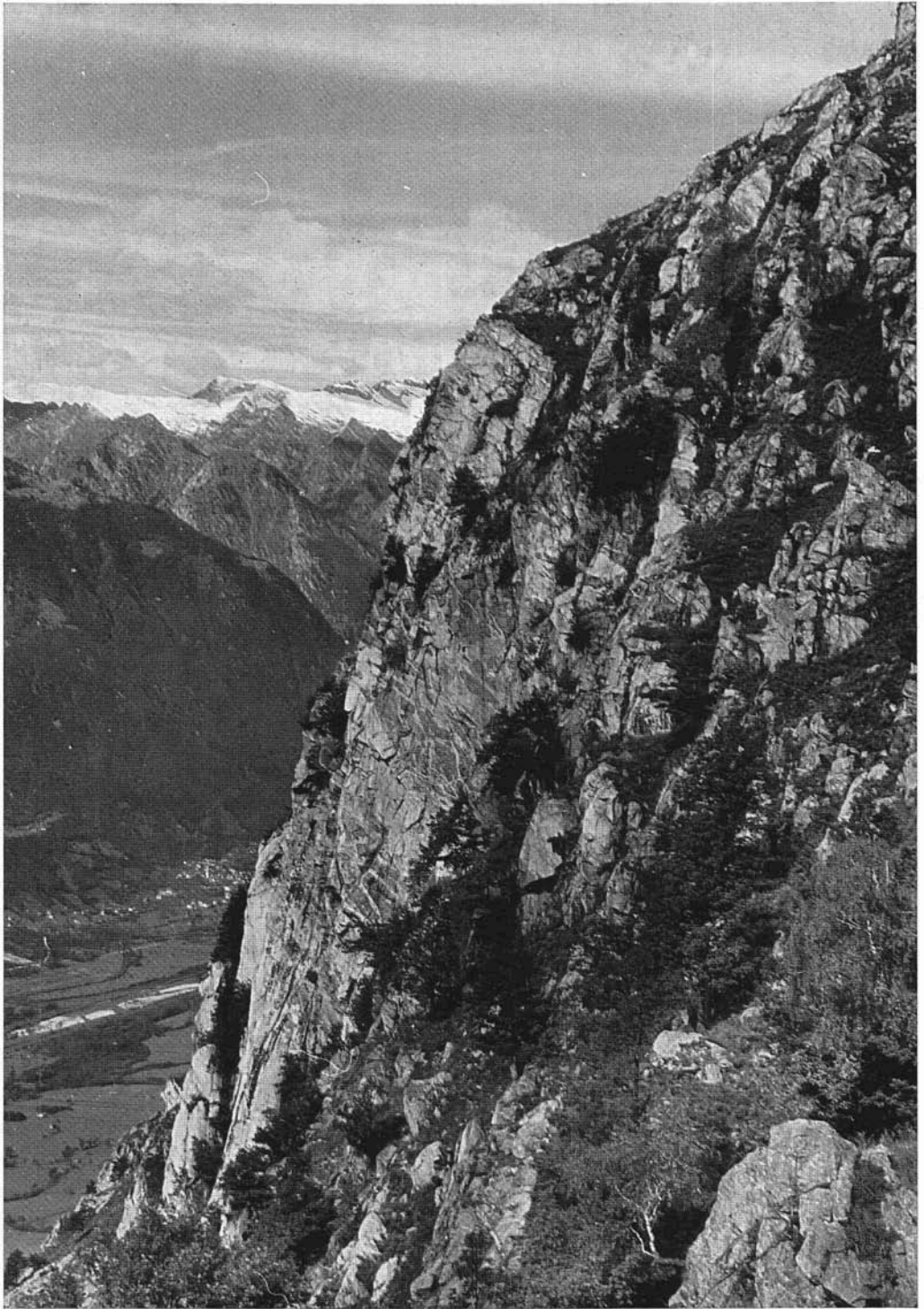


Fig. 3.

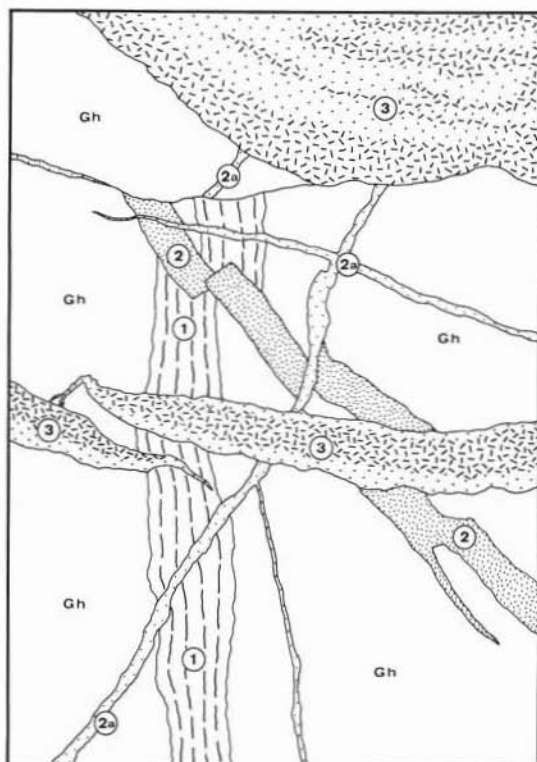
SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA IV



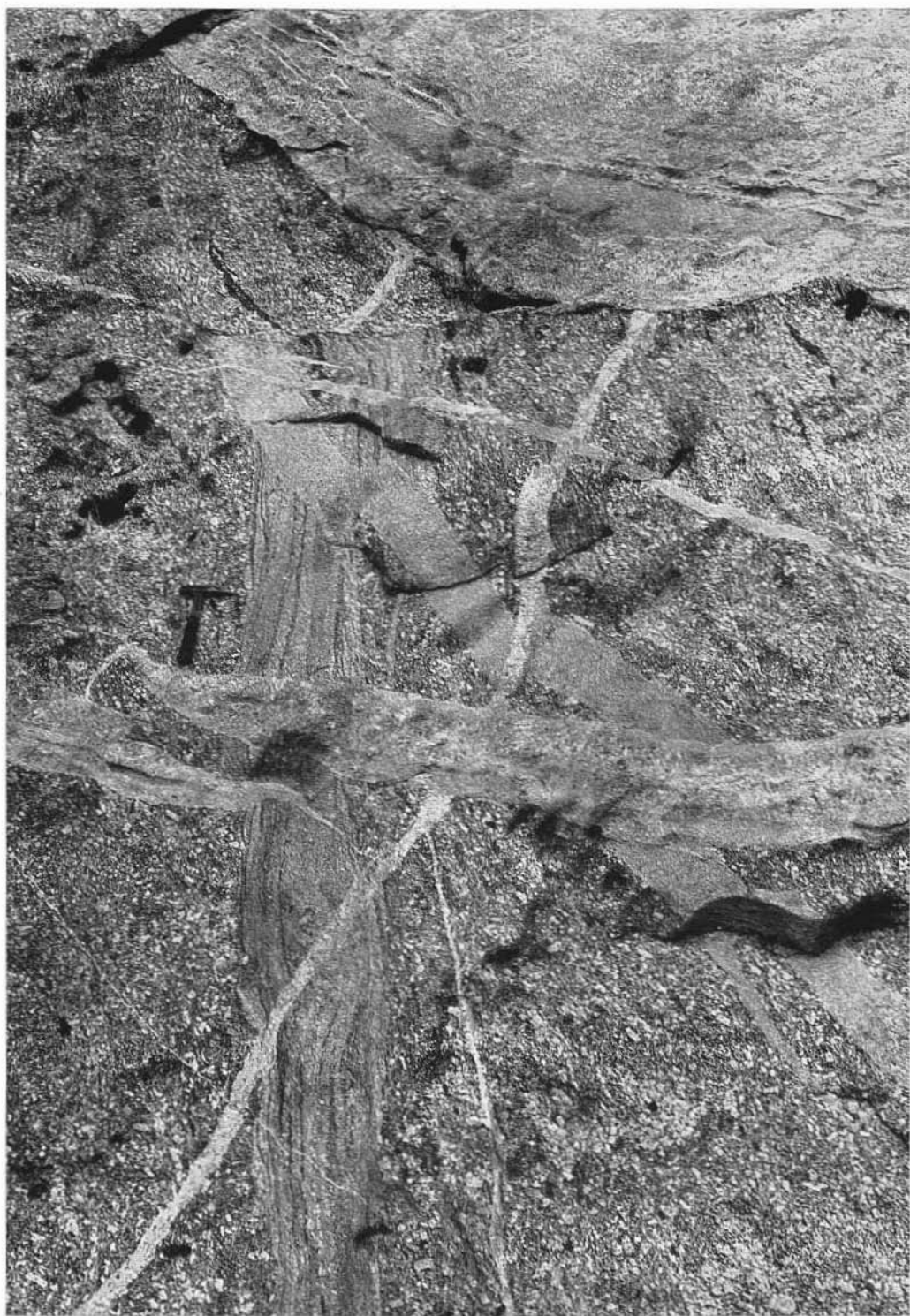
Parete SW del M. Avedé. Sul ripidissimo versante, che da m 1405 (vetta del M. Avedé) scende alla valle della Mera (m 200 circa), sono ben visibili gigantesche agmatiti (ag) ad elementi angolosi di diorite quarzifera (*serizzo*), cementati dal *granito di S. Fedelino* (γ). Lo sviluppo della vegetazione rende visibile nella fotografia solo alcune plaghe agmatitiche, che in realtà interessano tutta la parete. In secondo piano, nella parte sinistra della fotografia, il versante E del M. Berlinghera, costituito dagli *Gneiss migmatici di M. Berlinghera-M. Provinaccio* (gb).



SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA V



Parete di *ghandone* (Gh) attraversato da molteplici filoni (1 km circa a NW della Capanna Volta, in Val dei Ratti). Sono ben riconoscibili i seguenti corpi geologici, contrassegnati nello schizzo, nel testo e nella Tabella II (alla quale rimandiamo per i caratteri generali ed il significato petrogenetico), dagli stessi numeri progressivi: 1 = Pseudofilone verticale listato, con rari grossi cristalli di feldspato potassico; 2 = Filone di granito aplitico ripetutamente fagliato; 2a = Filoncetti aplitici atipici; 3 = Filoncetti pegmatitici e filoni misti aplitico-pegmatitici. La successione temporale delle sopradescritte fasi è chiaramente deducibile dai reciproci rapporti di intersezione.



SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA VI

- Fig. 1. — Alta Valle dei Ratti, q. 2400 circa, a N del rifugio Volta. Frammento angoloso di filone granitico-aplitico tipo 2 (vedi Tabella II e Tav. V) isolato nel ghiandone. Il fenomeno documenta una condizione di plasticità assunta dalla roccia inglobante dopo l'iniezione e la fagliatura del filone. In basso a destra un filone pegmatitico tipo 3.
- Fig. 2. — Alta Valle dei Ratti, q. 2400 circa, a N del rifugio Volta. Filoni pegmatitici tipo 3 che attraversano un filone granitico-aplitico tipo 2 spezzettato e disarticolato nel ghiandone. Alle salbande del filone granitico-aplitico è visibile un addensamento di macrocristalli di feldspato potassico la cui genesi, evidentemente successiva a quella del filone, è da ricollegare alle fasi pegmatitiche.
- Fig. 3. — Val Masino, presso S. Martino. Incluso anfibolico nel ghiandone: ben visibili l'isoorientamento dell'incluso con i minerali femici del ghiandone ed il forte addensamento di macrocristalli di feldspato potassico da un lato dell'incluso, che funge da ostacolo ai fluidi feldspatizzanti.
- Fig. 4. — Alta Valle dei Ratti, q. 2470, sopra il rifugio Volta. Macrocristalli di feldspato potassico penetrano per breve tratto alla salbanda di un filone granitico-aplitico tipo 2. Viene quindi confermato che le manifestazioni filoniane tipo 2, ricollegabili al granito di S. Fedelino, precedono i fenomeni di feldspatizzazione che conferiscono la facies attuale al ghiandone.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.