
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

GIUSEPPE SCHIAVINATO

**Plutonismo e vulcanismo sul versante italiano delle
Alpi centrali ed orientali**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 52 (1972), n.4, p. 523–538.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1972_8_52_4_523_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

Petrologia. — *Plutonismo e vulcanismo sul versante italiano delle Alpi centrali ed orientali.* Nota (*) del Corrisp. GIUSEPPE SCHIAVINATO.

SUMMARY. — During the last ten years a new survey based on uniform geological assumptions has been made of a large area in the Central Alps, resulting in completing the Geological Map of Italy 1 : 100,000 as well as in careful, new investigations of some smaller areas of outstanding interest. With the support of these new data it is now possible to point out some peculiar features of the plutonic and volcanic activities which took place both during the Hercynian and the Alpine orogenesis on the Italian side of the Central and Eastern Alps.

The overall characteristics of the "Hercynotype" volcano-plutonic associations may be summarized as follows: (1) significant breadth of the occurrences, all dating back to late Hercynian times (270-300 my); to the South of the Insubric line l.s. they appear to be in their normal geological setting within the South-alpine schists, whilst to the North they form part of basement nappes; (2) great abundance of granites/rhyolites; (3) on the one hand migmatites within or around the plutonic rocks, and on the other hand plenty of anatexis phenomena with transitional boundaries developed in the granitoid complexes; (4) contact metamorphic aureoles with andalusite and cordierite often widespread round the plutons; (5) scarcity of basic or ultrabasic rocks related to the initial magmatism; (6) a rather intimate association between volcanic and plutonic rocks; (7) abundance of ignimbrites among the vulcanites: they are related to an explosive volcanic activity in a sub-aerial environment.

With the exception of the Adamello massif, located near the meeting point of the Tonale line with the Giudicarie line within the south-alpine schists and the Paleozoic and Mesozoic formations, the plutonic rocks related to the alpine orogenesis all lie to the North of the great tectonic line which divides the Pennides and Austrides from the southern Alps. In the same region many important ophiolitic masses outcrop also, bearing evidence of a significant initial (Mesozoic) basic magmatic activity. The main characteristics of the "Alpinotype" plutonic rocks are: (1) they stretch along a narrow belt fringing the Insubric line l.s.; they are aged synorogenic to late-orogenic; (2) the dominant rocks are granodiorites, quartz-diorites and tonalites, then granites and, sometimes, mafic rocks such as gabbrodiorites and gabbros; (3) migmatic and anatectic phenomena are rare, except in the Val Masino-Bregaglia massif where they are widespread and impressive; (4) significant differentiation processes acted within some plutons; moreover the contact metamorphic aureoles appear to be relatively wide when considering the size of the plutons and the type of the country rocks; (5) basic rocks which can be referred to the initial ophiolitic magmatism (100-200 my) are present; (6) genetical associations between volcanic and plutonic rocks are completely lacking.

The SW-Veneto volcanic province show distinctive, widespread occurrences of an activity of the late-orogenic type that began during the Austrian phase of the Alpine folding (Upper Cretaceous) and lasted until the Oligocene. These activities are connected with a large net of deep faults having a NW-SE trend. Radiometric dates on the extremely differentiated lavas of the Euganean district confirm the succession in time of magmas from basaltic to rhyolitic compositions, whilst the available petrological and petrochemical data testify, in favour of a simatic origin of the parental magma, which evolved to the other magmas by a process of contact anatexis.

INTRODUZIONE

Nel 1961 C. Burri pubblicava una efficace sintesi sui caratteri delle « province petrografiche postmesozoiche dell'Italia ». In questo lavoro l'Autore metteva in evidenza come sia essenziale, nello studio delle provincie

(*) Presentata nella seduta del 12 febbraio 1972.

petrografiche eruttive, trovare le correlazioni che intercorrono fra il processo geologico-tettonico e il tipo dell'associazione litologica ad esso geneticamente legato nel tempo e nello spazio; il che richiede che la regione presa in esame sia studiata scrupolosamente in modo che siano da considerarsi chiariti i fenomeni geologico-tettonici da un lato, quelli petrografici e chimici dall'altro; è altresì indispensabile che questo insieme di fenomeni non sia occultato da processi geologici più recenti.

Questo insieme di esigenze sembrava, intorno agli anni sessanta, sufficientemente realizzato nelle formazioni di natura intrusiva ed effusiva legate all'orogenesi alpina nel settore mediterraneo, ed in particolare in quello italiano, che l'Autore considerava come la zona meglio studiata del grande corrugamento terziario.

Tale affermazione era senza dubbio fondata, considerando nel suo insieme il quadro geologico della penisola ma non era sufficientemente verificata, a mio avviso, proprio nel settore centroalpino che forma l'oggetto di questa Nota.

Base indispensabile per la soluzione dei problemi geologico-petrografici connessi alla definizione delle provincie petrografiche è, naturalmente, una moderna cartografia geologica realizzata con criteri unitari e, specie per le formazioni cristalline, arricchita da un largo sostegno di dati analitici.

Dieci anni or sono la carta geologica ufficiale del territorio italiano, pubblicata dal Servizio geologico nazionale alla scala 1 : 100.000, risultava ancora largamente incompleta e, in molti settori, obsoleta e superata; sicché, mediante uno speciale provvedimento (legge 3 gennaio 1970, n. 15), fu varato un piano decennale di collaborazione fra il Servizio geologico ed alcuni Istituti universitari per il rilevamento *ex novo* o l'aggiornamento di 140 Fogli al 100.000. Fra quelli che non erano mai stati rilevati rientrano Fogli situati al confine italo-svizzero e corrispondenti ad aree di grande importanza sia per la geologia regionale sia per una corretta impostazione di problemi generali di ordine petrologico, petrogenetico e minerogenetico. Mi riferisco in modo particolare ai Fogli 8 «Bormio», 18 «Sondrio» e 19 «Tirano» per i cui territori erano disponibili solo rappresentazioni geologiche incomplete, eterogenee nella scala e nelle finalità, spesso limitate a schemi con riferimenti topografici molto vaghi.

A fronte di questa non brillante situazione esistevano generalmente, per la parte svizzera, ottime carte geologiche, talora anche molto dettagliate come quelle ben note di Staub per il Bernina e la Val Bregaglia.

Il piano generale per il completamento e l'aggiornamento della carta Geologica d'Italia al 100.000 si è concluso nei termini previsti, anche per le regioni alpine, durante lo scorso decennio.

Difficoltà ed incertezze si sono incontrate nella fase di coordinamento per la adozione di criteri rigidamente formazionali nei terreni cristallini e si sono moltiplicate nelle regioni alpine, in modo particolare nella «Zona di radice», a causa delle complicazioni tettoniche e della successione, talora molto fitta, di scaglie con evidenti ripetizioni (Schiavinato *et al.*, 1970).

Un altro elemento che ha contribuito ad assicurare un notevole progresso nelle conoscenze geologico-strutturali del versante italiano delle Alpi è costituito dalla disponibilità dei dati stratigrafici ricavati da un gran numero di lavori stradali, gallerie per impianti idroelettrici e perforazioni effettuate nel sottosuolo della Pianura Padana per ricerche petrolifere.

La nuova cartografia geologica ed il gran numero di ricerche scientifiche di campagna e di laboratorio, già concluse o in corso, consentono di fare fondate messe a punto e di impostare in termini abbastanza chiari il problema dei rapporti fra orogenesi e magmatismo nel settore centro-orientale delle Alpi.

INQUADRAMENTO TETTONICO

Come è ben noto, il versante italiano delle Alpi centrali ed orientali è dominato da una fondamentale linea di dislocazione che, a grandi linee, decorre da W ad E per alcune centinaia di km ed assume nei vari tratti nomi diversi come: l. del Canavese, l. S. Jorio, l. del Tonale, l. delle Giudicarie, di Pusteria, del Gail delle Karawanke (fig. 1).

Questa linea, che nel tratto compreso fra Ivrea e Dimaro viene spesso indicata come *linea insubrica*, rappresenta il più importante fenomeno strutturale della catena alpina (Gansser, 1968); separa le Alpi meridionali dalle Austridi e dalle Pennidi e, per la maggior parte del suo sviluppo, segna un passaggio netto nelle strutture, nelle formazioni, nel tipo di metamorfismo, fra le regioni che si trovano a N e a S di essa.

Nella zona centrale si osserva ad esempio che, mentre le rocce situate immediatamente a S della linea presentano un metamorfismo regionale prealpino, quelle a N di essa sono caratterizzate da azioni metamorfiche sicuramente alpine. Ciò risulta anche da accurati controlli di età assoluta.

Nonostante il suo aspetto recente denunciato dalle miloniti riferibili a movimenti da tardo- a post-alpini essa corrisponde certamente ad una antica frattura profonda ringiovanita dai movimenti legati all'orogenesi alpina.

L'insieme dei dati riguardanti la tettonica e la litologia delle aree a N ed a S della linea insubrica indicano che, almeno per il settore qui considerato, la regione meridionale risulta fortemente abbassata rispetto a quella settentrionale (circa 10 km); inoltre, evidenti striature orizzontali sulle miloniti che accompagnano la grande faglia testimoniano di movimenti tardivi laterali in senso orario. Pur rappresentando un fenomeno strutturale imponente e legato ad almeno due cicli orogenetici, la linea insubrica è sorprendentemente inattiva dal punto di vista sismico.

Lungo questa fondamentale linea che delimita a N le Alpi meridionali e le dinaridi, o a distanza relativamente modesta da essa, al N e al S, affiorano numerose formazioni plutoniche e vulcaniche sul cui significato intendo intrattermi in questa Nota. Esiste sull'argomento una estesissima letteratura, soprattutto per quanto concerne le caratteristiche petrografiche e petrochimiche delle singole formazioni, e non mancano autorevoli tentativi di sintesi; ma mi sembra che le recenti acquisizioni di ordine geologico, derivate dalle

revisioni cartografiche sopra ricordate, ed i numerosi nuovi dati di cronologia assoluta, consentano di impostare in termini più corretti tutto il problema e di fornire un quadro che, senza avere la pretesa di essere definitivo, sembra più aderente alle attuali concezioni relative ai rapporti fra magmatismo ed orogenesi. Non meno importanti, in questo tentativo di portare qualche chiarimento alla impostazione generale del problema, sono i risultati conseguiti nell'ultimo decennio nel campo della petrologia sperimentale ed in quello del controllo, effettuato con metodi sempre meno qualitativi, su una estesa casistica mondiale relativa ai fenomeni di metamorfismo, differenziazione magmatica, granitizzazione, anatessi ecc.

Nel già citato lavoro di C. Burri sulle provincie postmesozoiche dell'Italia vi è un capitolo dedicato alla « provincia alpina giovane » nel quale sono trattate alla stessa stregua, come intrusioni sinorogenetiche o tardive, plutoniti che sono oggi ritenute in parte terziarie, in parte sicuramente erciniche; ed anche in lavori molto recenti a carattere geochimico (Gudlach, Karl e Müller, 1967) o con finalità petrografico-tettoniche (Baggio, 1969) esistono evidenti discordanze per quanto concerne la attribuzione delle singole masse eruttive, situate lungo la grande dislocazione, ai cicli magmatici dai quali hanno avuto origine.

Queste discordanze, talvolta clamorose, sono obiettivamente, spiegabili quando si pensi che, nell'area considerata, si sono sovrapposti almeno due atti orogenetici, il che ha portato alla incorporazione e talora alla riattivazione di rocce e di strutture erciniche o preerciniche nelle catene montuose alpine.

PLUTONISMO E VULCANISMO PREALPINO

Procedendo per grandi linee passiamo in rassegna, da W ad E, le principali formazioni eruttive, incominciando da quelle che, sulla base delle attuali conoscenze, sono attribuibili all'orogenesi ercinica (fig. 1).

I cosiddetti massicci granitici dei Laghi e del Biellese costituiscono gli ammassi principali in cui è frazionato, entro alle rocce cristalline del Massiccio dei Laghi, il grande batolite granitico che si estende, con andamento all'incirca NE-SW, dal Lago Maggiore allo sbocco della Valle dell'Orco. Le masse principali sono quelle di Mergozzo, di Montorfano, di Baveno, di Quarna, di Alzo, della Bassa Valsesia e, estrema propaggine occidentale, quella di Belmonte.

Queste plutoniti appaiono costantemente intruse entro le metamorfiti nella zona di transizione fra la « serie dei Laghi » e la « serie dioritico-kinzigitica ». In alcuni casi si hanno aureole di contatto abbastanza estese (circa

Fig. 1. - Schema geologico della regione centro-orientale delle Alpi. Sono distinte, entro le grandi unità tettoniche, plutoniti e vulcaniti erciniche (300-270 my), triassiche (230 my) ed alpine (42-18 my) affioranti a N ed a S della grande linea di dislocazione che, con nomi vari (v. testo) decorre per centinaia di km dal Piemonte alla Val Pusteria. Per semplicità non sono rappresentate le ofioliti i cui problemi di genesi e di età (120-100 my) sono ben noti e documentati nella letteratura.

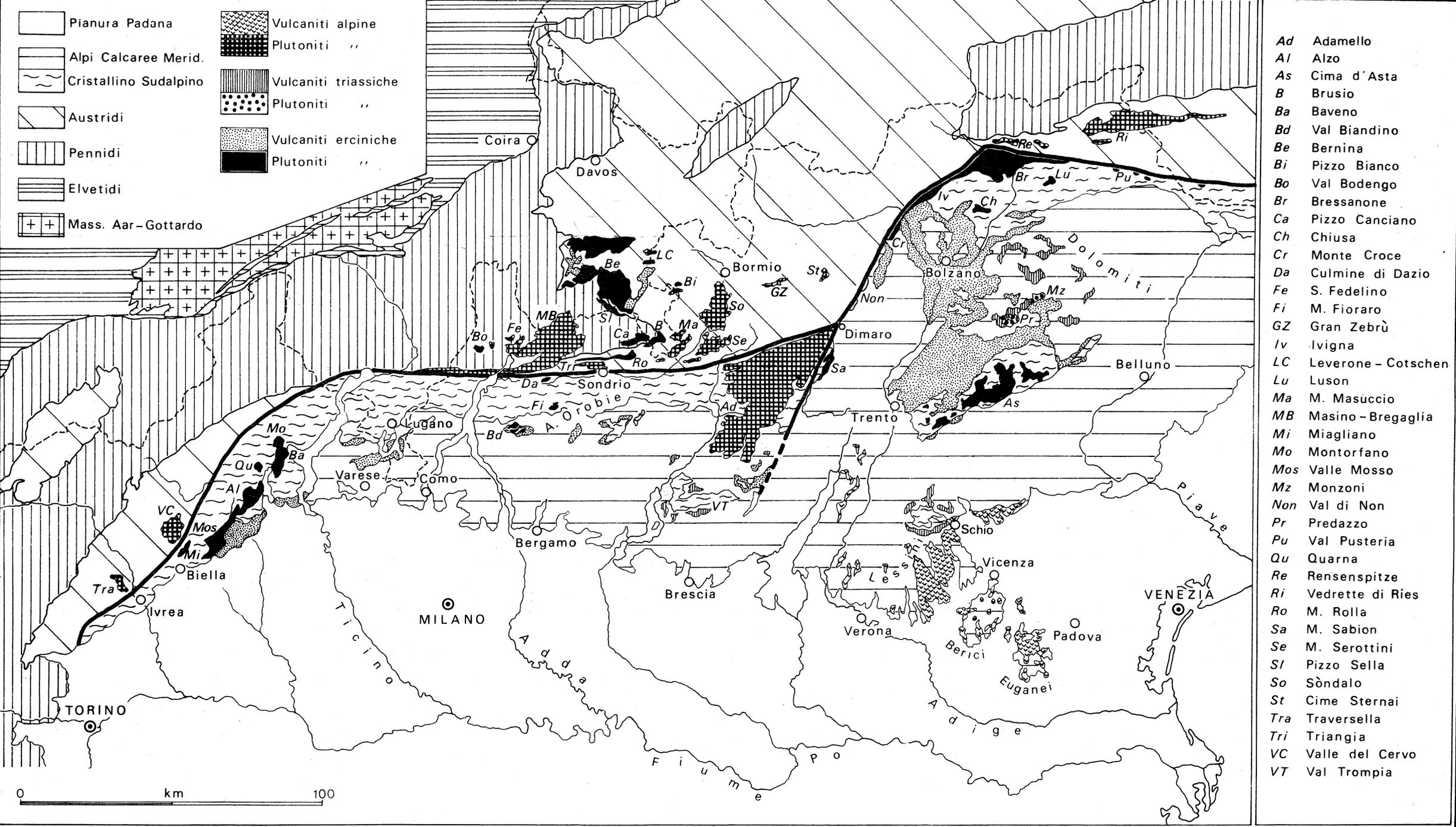


Fig. 1.

400 m per il granito di Baveno); in altri casi, minerali già considerati come prodotti di contatto (andalusite, cordierite, spinello) sono in effetti componenti normali delle metamorfite incassanti (Sacchi, 1962).

L'età ercinica, supposta da Novarese sulla base di osservazioni geologiche, è stata di recente confermata con metodi radiometrici (granito di Mont'Orfano, Rb/Sr, biotite, 274 ± 11 my).

Complesso e dibattuto è il problema dei rapporti cronologico-genetici tra il granito e la serie vulcanica permiana dei « porfidi quarziferi » con i quali costituisce un caratteristico complesso plutono-vulcanico. Le vulcaniti permiane comprendono rocce piroclastiche, ignimbriche e laviche in proporzioni variabili (Fritz e Govi, 1963). L'attività vulcanica che ha dato origine a queste rocce è stata perciò prevalentemente di tipo esplosivo, ed accompagnata da nubi ardenti; manifestazioni iniziali sono le porfiriti basali mentre modeste lave di porfidi quarziferi sono intercalate nella serie. La deposizione del complesso vulcanico è avvenuta in ambiente continentale sub-aereo, e cioè in condizioni analoghe a quelle delle manifestazioni dell'intero ciclo vulcanico permiano nelle Alpi meridionali.

Per quanto concerne la successione temporale fra plutonismo e vulcanismo nel complesso in esame è ormai ben dimostrata la priorità dell'attività magmatica intrusiva principale rispetto alle manifestazioni vulcaniche. Ulteriori precisazioni (Bertolami, 1965) hanno portato a distinguere una fase granitica principale, prevulcanica, ed una seconda fase, limitata alla periferia del massiccio granitico e caratterizzata da porfidi granitici, graniti aptitici microgranulari, e graniti rossastri a grana media, a contatto con la serie vulcanica; ad una parte almeno di questa i graniti della seconda fase risultano geneticamente posteriori.

Nel massiccio granitico del Biellese i vari tipi di granito sono localmente associati a plaghe di migmatiti. Ciò si verifica anche per le piccole masse di tonalite di Miagliano, a N di Biella, intrusa entro le rocce basiche ed ultrabasiche della serie dioritico-kinzigitica fra la linea del Canavese e quella della Cremosina. Si tratta di una facies ad anfibolo ben sviluppato accompagnata da migmatiti a paleosoma gneissico-anfibolico minuto. Per questa tonalite i dati di cronologia assoluta ottenuti mediante misure sulla biotite (Carraro e Ferrara, 1968) indicherebbero un'età alpina, e ciò in contrasto con i caratteri generali e le condizioni geologico-tettoniche del piccolo affioramento. Va rilevato al riguardo che, nelle regioni alpine, non è raro il caso di ottenere dalla biotite età inferiori a quelle della roccia, in relazione ad eventi tettonici successivi alla messa in posto del corpo intrusivo.

La descrizione dettagliata delle plutoniti e delle vulcaniti a SW della linea del Canavese ha lo scopo di fornire elementi di guida per un rapido cenno alle altre analoghe manifestazioni legate all'orogenesi alpina.

Procedendo verso oriente, sempre a S della linea insubrica, si trovano le note formazioni porfiriche del Luganese, con età e caratteristiche analoghe a quelle del Biellese e, più a W, limitati affioramenti di plutoniti acide nel Cristallino sudalpino delle Alpi Orobie in Val Biandino e al M. Fioraro. Per

questo, come per il « granito » di Dazio, in Valtellina, associato a gneiss granitici e dioritici, esistono elementi sufficienti per escludere un'età alpina.

A N della linea insubrica, sempre nelle Alpi Centrali, troviamo il complesso granitoide di Val Bodengo, con migmatiti e gneiss a muscovite e biotite, che, in base a datazioni assolute, presentano un'età di 315 ± 45 m.a. (Blattner, 1965). Altre plutoniti e vulcaniti riferibili al ciclo magmatico ercinico sono comprese nella falda Bernina in senso stretto ed affiorano in prevalenza in territorio svizzero; esse comprendono rocce varie, dai graniti del Julier, ai graniti con monzoniti e banatiti della serie di Brusio, alle gabbrodioriti ed alle facies effusive con porfidi quarziferi della serie del Piz Trovat e del Diavolezza-Sassa Quadra. In territorio italiano vanno ricordati i graniti e le granodioriti del Pizzo di Canciano, le dioriti e le quarzodioriti di Cima Painale, le gabbrodioriti dell'alta Val Fontana, i graniti e le granodioriti del M. Rolla.

Nonostante le complicazioni derivanti dalla tettonica alpina a falde, gli smembramenti ed i metamorfismi che hanno colpito in varia misura la formazione ora citata, si può ancora affermare che si tratta di un complesso di plutoniti, prevalentemente acide, associate a vulcaniti aventi composizione di porfidi quarziferi.

Procedendo sempre a grandi linee ci portiamo oltre il punto di confluenza della linea insubrica con la linea delle giudicarie e, nella regione a SE di questa dislocazione, ed a S della linea della Pusteria, troviamo un altro gruppo di vulcaniti e plutoniti riferibili al magmatismo ercinico.

In Alto Adige, fra Brunico in Val Pusteria e Lana, presso Merano, su una distanza di circa 80 km, affiora un plutone granitico intruso negli scisti delle Alpi meridionali. I contatti con le filladi sudalpine sono primari ed indisturbati mentre a settentrione le masse intrusive principali, che corrispondono ai massicci di Bressanone, del Picco di Ivigna, di M. Croce sono per lo più in contatto tettonico con le formazioni cristalline delle Austridi. Il tipo litologico fondamentale è un granito aplitico, passante a granodiorite ricco di « schlieren ».

Al margine settentrionale e nord-occidentale del complesso Bressanone-Ivigna-M. Croce si ha un graduale passaggio verso una fascia di rocce basiche (dioriti, gabbrodioriti e gabbri anfibolici) a tessitura parallela.

L'età dell'intrusione, ampiamente dibattuta in passato (Gb. Dal Piaz, 1942), è ora ritenuta tardo-ercinica in base alle determinazioni di cronologia radiometrica: M. Croce 275 ± 4 my, Ivigna 291 ± 2 my, Bressanone 281 ± 6 my (Borsi, Del Moro e Ferrara, 1972). La composizione isotopica iniziale dello Sr, simile per i tre massicci (valore medio 0,709) conferma l'unità genetica oltreché cronologica delle intrusioni. È da notare che misure su minerali separati (biotite) hanno dato per Ivigna età apparenti inferiori (120-250 my) e, in una fascia periferica di tonalite orientata, appena 47 my).

Sulla prosecuzione sud-occidentale ed orientale del plutone di Bressanone-Ivigna-M. Croce, lungo la linea delle Giudicarie e della Pusteria, si trovano numerose masserelle tonalitiche deformate e cataclassate.

Esse affiorano in Pusteria, Val di Non, Val di Sole e nell'Alta Val Rendena. Qui, la granodiorite del M. Sabion, considerata fino a pochi anni or sono una propaggine dell'Adamello, e perciò terziaria, è oggi datata come tardo-ercinica ($269-275 \pm 9$ my).

Sempre nelle filladi e nei paragneiss delle Alpi meridionali, a S del massiccio granitico di Bressanone, affiorano, su limitata estensione, le plutoniti dioritiche di Chiusa e quarzodioritiche di Luson la cui età prealpina sembra fuori discussione (Lenardon, 1962).

Al bordo meridionale delle Alpi dolomitiche, fra il gruppo delle Pale di S. Martino e la catena di Lagorai, vi è il plutone di Cima d'Asta nel quale si notano passaggi gradualmente da prevalenti tipi granodioritico-granitici verso facies quarzodioritico-tonalitiche, al bordo sudoccidentale, e verso graniti porfirici, al contatto con gli scisti sudalpini. Caratteristiche migmatiti compaiono nella zona di vetta di Cima d'Asta. Il metamorfismo termico esercitato dalla massa intrusiva ha prodotto sugli scisti incassanti una vasta aureola di cornubianiti granitifere ad andalusite e cordierite. Secondo gli Autori che più di recente si sono occupati dell'argomento (D'Amico, 1964; Morteani, 1966; Gandolfi, 1967) la varietà litologica del batolite è imputabile a fenomeni di anatessi di rocce metasedimentarie e metabasiche.

Quanto all'età, a lungo discussa, recenti datazioni radiometriche hanno indicato 270-280 my.

Fra il complesso plutonico Bressanone-Ivigna-M. Croce e quello di Cima d'Asta affiorano, per grandissime estensioni, le vulcaniti atesine cioè il noto complesso dei porfidi e porfiriti della «piattaforma porfirica». Imponenti formazioni ignimbriche riodacitiche e quarzolattiche sono qui associate a lave, generalmente poco potenti, andesitiche, trachandesitiche, dacitiche, riolitiche.

I caratteri petrografici e petrochimici di questi prodotti del vulcanesimo-sussequente, tardo-orogenico, fino a finale ignimbrico, post-orogenico, e la loro età corrispondente a quella delle masse intrusive situate nella stessa area di cui si è parlato, consentono di considerare plutoniti e vulcaniti come parti di un'unica provincia magmatica tardo-ercinica.

All'interno dell'area di questa grande provincia esistono manifestazioni varie ed abbastanza estese di un vulcanismo triassico rappresentato da lave, ialoclastiti e tufi (Ladinico e Carnico inferiore) e, con età poco diversa, il celebre sistema intrusivo di Predazzo e dei Monzoni con la ben nota estrema varietà di litotipi ed i complessi e non ancora del tutto chiariti fenomeni vulcanotettonici (Leonardi, 1967).

Recenti determinazioni di età assoluta indicano, per granito, monzonite e sienite di Predazzo e per il complesso basico dei Monzoni, 230 my.

Il valore medio del rapporto Sr^{87}/Sr^{86} stabilisce inoltre una comune origine da un magma subcrustale per i due complessi (Borsi e Ferrara, ecc., 1967).

Per concludere questa rapida rassegna sulle manifestazioni vulcano-plutoniche prealpine è opportuno ricordare che, secondo le più recenti ricerche, l'attività magmatica medio-triassica trova testimonianza nell'alto Vicentino;

i corrispondenti prodotti sono rocce effusive e piroclastiche della formazione di Wengen e limitate intrusioni laccolitiche della stessa età: la composizione varia da riolite a latite a monzonite. Si ha quindi una certa analogia di chimismo ed una equivalenza cronologica fra queste manifestazioni e quelle corrispondenti del distretto di Predazzo e Monzoni. Le rocce filoniane basiche ed ultrabasiche dell'alto Vicentino, spesso frammiste alle vulcaniti triassiche, vengono ora attribuite al vulcanismo terziario.

OSSERVAZIONI SULLE PLUTONITI E SULLE VULCANITI PREALPINE

Le notizie che precedono hanno lo scopo di impostare nei termini più semplici il problema principale di questa esposizione. Sempre a questo scopo conviene formulare qualche osservazione generale su quanto è stato detto. Abbiamo rilevato che, lungo una fondamentale discolazione alpina, si possono riconoscere alcuni grandi complessi vulcano-plutonici di età ercinica caratterizzati da manifestazioni intrusive ed effusive, per lo più associate, in grandissima maggioranza acide.

Sia per le vulcaniti che per le plutoniti sono state determinate età assolute comprese fra 270 e 300 my; si tratta quindi di rocce erciniche tardo- o postorogeniche.

Mentre i complessi vulcano-plutonici del Biellese e del Trentino-Alto Adige, che si trovano a S della grande dislocazione insubrica (l.s.), sono in rapporto indisturbato con le formazioni incassanti degli scisti sudalpini, quello delle Alpi centrali, a N della linea del Tonale, si trova in parte in zona di radice, in parte in falda, con tutte le conseguenze che ne derivano dal punto di vista tettonico e del metamorfismo. Tenendo conto di queste diverse condizioni si possono riconoscere alcune corrispondenze di caratteri:

(1) Notevole ampiezza areale delle manifestazioni erciniche di età tardo o postorogenica che, a S della linea insubrica (l.s.) presentano normali rapporti di giacitura, mentre a N della stessa linea affiorano in falda e sono perciò più o meno smembrate tettonicamente; (2) grande abbondanza di graniti/rioliti; (3) presenza di migmatiti entro o ai bordi delle plutoniti e chiari fenomeni di anatessi; (4) aureole di contatto spesso ben sviluppate intorno alle plutoniti con andalusite e cordierite, quando questi minerali non siano già presenti nelle formazioni incassanti come prodotti di metamorfismo regionale di alta temperatura e bassa pressione; (5) scarsità di rocce basiche o ultrabasiche; (6) associazione plutoniti-vulcaniti piuttosto intima; (7) abbondanza, fra le vulcaniti, di prodotti ignimbrici riferibili ad attività fortemente esplosiva in ambiente subaereo (nubi ardenti).

Per quanto concerne i punti (2) e (7) è opportuno rilevare che il rapporto attuale fra plutoniti, lave, e ignimbriti o piroclastiti in genere è falsato dai fenomeni di erosione che hanno asportato i materiali effusivi più superficiali e maggiormente erodibili.

Le manifestazioni vulcano-plutoniche riferibili al Trias, relativamente modeste, e tipicamente rappresentate entro la piattaforma Atesina, nell'alto

Vicentino, e nelle prealpi bergamasche, sono caratterizzate da una notevole differenziazione nei litotipi. Ciò sembra riconducibile a varietà dei fenomeni vulcano-tettonici in centri eruttivi piuttosto limitati e situati entro formazioni cristalline e sedimentarie molto eterogenee.

MAGMATISMO OFIOLITICO

Il magmatismo ofiolitico, abbastanza ben sviluppato soprattutto nell'area occidentale e centrale della regione qui considerata, è da lungo tempo ben documentato nella cartografia e nella letteratura petrografica regionale e non richiede, ai fini di questa esposizione, particolari precisazioni all'infuori del richiamo della sua esistenza che testimonia della importanza assunta nell'orogene alpino dal magmatismo iniziale basico caratteristico dell'ambiente di eugeosinclinale (età 100-120 my).

Non è ancora risolto il quesito posto da alcuni Autori sulle relazioni genetiche fra le tipiche ofioliti in facies prevalente di serpentiniti situate, a N della linea insubrica l.s., soprattutto nelle falde pennidiche, e le più modeste manifestazioni diabasiche ed anfibolitiche, probabilmente coeve, comprese nel cristallino sudalpino (Schiavinato, 1954; Gandini e Schiavinato, 1959).

PLUTONISMO E VULCANISMO TERZIARIO

Passando ad esaminare le magmatiti terziarie, all'estremo settore occidentale della linea del Canavese, ed a N di questa, troviamo lo stock dioritico di Traversella, accompagnato da vari dicchi. Si tratta di una intrusione sino tardo-orogena (30 my su zircone), meso-epizonale, in prevalenza discordante entro i micascisti Sesia-Lanzo che ancora in buona parte la ricoprono rendendo accessibili allo studio le sole facies periferiche. Alle dioriti biotitico-anfibolico-piroseniche prevalenti è associata la granodiorite di Traversella e la mangerite di Vico Canavese. Il plutone presenta strutture fluidali periferiche e contatti netti con le rocce incassanti; il grado metamorfico delle contattiti è quello della facies delle anfiboliti ad epidoto ed orneblenda.

Più a N, sempre entro gli scisti della serie Sesia-Lanzo, il cui grado metamorfico regionale corrisponde alla « facies a glaucofane-scisti verdi » compare il plutone monzonitico-sienitico-granitico della Valle del Cervo noto come « Sienite di Biella ».

Una faglia, quasi normale alla linea del Canavese, ha favorito l'incisione della Valle del Cervo, che mette a giorno anche le facies più interne del plutone. Accurate indagini petrografiche, geochimiche e radiometriche (Fiorentini-Potenza M., 1959 e 1960) hanno messo in luce una forte differenziazione a zone concentriche; dalle contattiti biotitiche nelle formazioni incassanti, e dopo un sottile e discontinuo bordo dioritico periferico, si passa alla grande corona periferica monzonitica; seguono le celebri sieniti, che costituiscono l'anello intermedio, discontinuo, e il nucleo granitico. Al centro prevale un granito a grossi porfiroblasti rosa di *k*-feldspato. La messa in posto

del plutone, chiaramente alloctono, sembra abbia preceduto quella dello stock di Traversella di alcuni milioni di anni (età misurata 37-42 my, zircone).

Si è calcolato che per effetto del solo calore radiogenico proprio, a prescindere cioè dal flusso termico subcrustale, il batolite di Biella dovrebbe fondere fra 5 e 10 km ammettendo uno sviluppo in profondità pari al suo diametro.

Sul versante settentrionale della bassa Valtellina, tra il M. Disgrazia e la Val Codera, si sviluppa il grande massiccio intrusivo che presenta la massima estensione nell'alta Val Masino e va progressivamente assottigliandosi verso W fino a risolversi in una stretta fascia che si spinge fino al Canton Ticino lungo il margine settentrionale della linea insubrica: verso N si estende in territorio elvetico nell'alta e media Val Bregaglia.

Le rocce incassanti sono rappresentate da metamorfiti di varia natura, appartenenti a diverse unità tettoniche austriache e penniniche e, nella Val Bregaglia, da rocce sedimentarie che costituiscono la copertura mesozoica dei ricoprimenti penninici. Nelle zone marginali del massiccio e talora anche nelle zone più interne, sono frequenti zolle più o meno estese di rocce incassanti inglobate.

I litotipi fondamentali sono: una diorite quarzifera (Serizzo) con passaggi a tonaliti e, talora, a tipi nettamente dioritici; una granodiorite a facies porfirica per la presenza di macrocristalli di feldspato potassico (ghiardone) e un granito aplitico a due miche (granito di S. Fedelino) localizzato al margine sud-occidentale del massiccio.

Il « serizzo » è la roccia prevalente nelle zone periferiche del massiccio, particolarmente al margine sud, e presenta grana media a tessitura più o meno distintamente orientata; è presente anche al contatto con un esteso lembo della copertura del plutone nell'alta Val Masino. Nel « ghiardone », a parte i grossi cristalli di *k*-feldspato che gli conferiscono l'aspetto caratteristico, i componenti mineralogici essenziali sono gli stessi del serizzo.

Il passaggio fra queste due facies avviene, generalmente, in modo del tutto graduale ed insensibile. I contatti con le rocce incassanti, almeno in tutto il settore centro-meridionale del massiccio, sono sempre netti, con effetti termometamorfici molto ridotti o nulli, e talora sono accompagnati da accentuati fenomeni di deformazione meccanica. Entro al serizzo non sono rari i lembi di calcefiri e hornfels a silicati di calcio la cui facies mineralogica non è peraltro dissimile da quella di analoghi litotipi compresi nelle formazioni migmatiche incassanti.

L'età terziaria, tardo orogenetica, dell'intrusione, unanimemente riconosciuta, è comprovata da valide basi geologiche: la presa di posizione si sarebbe verificata successivamente al parossismo dell'orogenesi alpina, dopo il sovrascorrimento delle falde austroalpine su quelle penniniche.

Restano tuttavia delle perplessità sui tentativi di datazione più precisa. Per esempio, la presenza di rocce provenienti dal plutone di Val Masino nel conglomerato della Brianza denominato « gonfolite » a partire dal secondo livello di questa formazione indicherebbe che l'erosione doveva avere raggiunto la massa plutonica nell'oligocene medio (30-32 my) e ciò pone il problema della profondità della intrusione.

Va notato a questo riguardo che, in fase di rapido sollevamento, l'erosione può raggiungere valori molto elevati, ad esempio 1 mm all'anno, cioè 1 km per 1 my e che, durante la stessa fase, al denudamento di una massa profonda possono contribuire fenomeni di scivolamento gravitativo delle formazioni della copertura.

Le determinazioni di età assoluta sulle rocce del massiccio sono contraddittorie perché basate su tecniche differenti applicate a minerali diversi e a rocce provenienti da punti del plutone che hanno avuto differenti evoluzioni nei riguardi della storia termica e degli atti metamorfici.

Da una decina di dati ottenuti sugli zirconi con il metodo Pb- α (Grünenfelder *et. al.*, 1970) e con la tecnica « radiation damage » (Chessex, 1964) e sulle biotiti con i metodi K/Ar e Rb/Sr (Jäger, 1962; Jäger *et al.*, 1967) si hanno per il serizzo e per il ghiandone età comprese fra 22 e 30 ± 10 my. Occorre notare che le misure sugli zirconi (rad. dam.) danno dati in difetto per i fenomeni di « risanamento » prodotti da azioni termiche e che quelle sulle biotiti possono dare solo l'età minima dell'ultimo atto metamorfico. È lecito ritenere perciò che la messa in posto del plutone, sotto una copertura di alcune migliaia di m di rocce, sia avvenuta nella Fase pirenaica dell'orogenesi alpina (limite eocene-oligocene, 38-39 my) durante la quale si è verificato un sollevamento accelerato nella parte settentrionale delle Alpi meridionali.

Quanto alla genesi, secondo l'ipotesi tradizionale, che ancor oggi trova sostenitori, serizzo, ghiandone e granito di S. Fedelino rappresenterebbero i normali prodotti della solidificazione di un magma; il serizzo, più femico, occuperebbe le zone periferiche dell'intrusione, facendo corona alla massa principale granodioritica, mentre in una zona marginale si sarebbero consolidati i differenziati tardivi leucocrati (granito di S. Fedelino); non mancano tuttavia i fautori di una genesi per granitizzazione con apporto di materia e successiva omogeneizzazione (Drescher-Kaden, 1940 e 1970; Gansser, 1964).

In questi ultimi anni l'ipotesi di una genesi anatettica è stata ripresa sulla base di una ricca documentazione sul terreno. Secondo queste vedute la presa di posizione del massiccio sarebbe avvenuta con meccanismo di tipo diapirico; la facies originaria doveva essere prossima a quella dell'attuale serizzo. Successivamente un'estesa feldspatizzazione potassica avrebbe portato alla formazione dei macrocristalli che caratterizzano il ghiandone. Le singole fasi evolutive sono documentate da ben distinti cicli filoniani a carattere aplitico e pegmatitico: con le manifestazioni filoniane più antiche, successive alla presa di posizione, sarebbero 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 di metamorfiti (Crespi e Schiavinato, 1966 e 1967).

In contrasto con la straordinaria abbondanza di filoni acidi di venute diverse, ed a conferma della genesi anatettica, sta la mancanza di manifestazioni filoniane meso- ed idosiliciche.

Ad oriente del massiccio di Val Masino, immediatamente a N della linea insubrica, viene a giorno la piccola massa di granodiorite biotitico-anfibolica

di Triangia con tessitura massiccia compresa entro le metamorfite austriache che in questo settore sono rappresentate dagli gneiss del M. Tonale e dagli Scisti della Punta di Pietra Rossa.

I contatti al limite settentrionale e, in particolare, a quello meridionale, sono caratterizzati da evidenti deformazioni meccaniche che, unitamente ad altre evidenze geologiche fanno ritenere probabile che si tratti di una intrusione sintettonica tardoalpina.

Numerose masse intrusive meso-ipsiliciche fra Sondalo in Valtellina e Ponte di Legno in Valcamonica costituiscono uno sciame di affioramenti gravitanti intorno alla massa principale del Gabbro di Sondalo (50 km², 1500 m di potenza esposta). I tipi prevalenti nei corpi intrusivi di Sondalo, del M. Masuccio, dei Monti Serottini sono i gabbri anfibolici, le noriti e i gabbri olivinici, mentre già al margine del Gabbro di Sondalo e nelle masse circostanti si passa a differenziati gabbrodioritici, dioritici e talvolta alcali-granitici.

Nei rapporti con le formazioni circostanti possiamo osservare che la facies gabbbrica, affiorante in una zona topograficamente e geologicamente bassa, è intrusa negli Gneiss del M. Tonale, di cui rispetta l'assetto tettonico, e ingloba miloniti di fasi tettoniche preintrusive, ma è d'altra parte interessata, nella parte meridionale (Sondalo) e settentrionale (Tola), da linee di disturbo recenti di direzione E-O. L'unità tettonica Grosina (alpidica) sovrasta il gabbro, interessandolo marginalmente con cataclasi e milonisi, ma è a sua volta iniettata da filoni granitici e granodioritici radicati nel gabbro sottostante di cui rappresentano differenziati tardivi. Anche le dioriti sono interessate da clastesi, più evidente nelle masse di minor mole, ma la loro associazione mineralogica e la struttura porfirica indicano una solidificazione in ambiente più superficiale, a temperatura minore e in condizioni meno tranquille. Un'informazione verbale (Gansser) sembra attribuire ad una pegmatite iniettata entro il Gabbro di Sondalo l'età assoluta di 90 milioni di anni, il che implicherebbe che la massa gabbbrica era già solida nel Cretacico; ciò del resto concorda con gli elementi geologici in nostro possesso, secondo i quali l'intrusione sarebbe pre-sintettonica (alpina) per quanto riguarda le facies ipsiliciche di Sondalo, del M. Masuccio e dei Monti Serottini, e sin-post-tettonica per le facies mesosiliciche associate.

Rapporti tra magmatismo e tettonismo ercinico non sembrano sussistere: le intrusioni avrebbero cioè attraversato un basamento ercinico cratonizzato prima di venire coinvolte nei movimenti alpini.

Il maggior corpo intrusivo fra quelli finora considerati è rappresentato dal massiccio dell'Adamello, molto bene illustrato da una ampia e moderna letteratura e celebre per la varietà dei tipi litologici che lo costituiscono e per l'evidenza dei fenomeni termometamorfici da esso indotti sulle formazioni incassanti.

Mi limiterò pertanto a pochi richiami di carattere generale rinviando per la bibliografia e per i particolari petrografici alla più recente Memoria sull'argomento (Bianchi, Callegari e Jobstraibizer, 1970).

Il massiccio è incuneato fra le linee del Tonale e la linea delle Giudicarie; le rocce incassanti sono rappresentate da scisti del basamento cristallino e dai vari termini della serie permo-triassica poggiante su di esso, estesa fino al Retico superiore e forse anche al Lias. I litotipi più diffusi sono le tonaliti in facies a grana grossa, dominanti nella zona centrale e settentrionale ed a grana minuta in quella meridionale; i tipi quarzodioritici, granodioritici e granitici hanno minor diffusione e sono per lo più localizzati in aree periferiche.

Posizioni marginali assumono anche limitati corpi femici dioritici, gabbrodioriti, gabbri e orneblenditici; per qualcuno di questi sono evidenti le relazioni con fenomeni di assimilazione di rocce calcaree e calcareo-dolomitiche. Il plutone sembra costituito da varie unità (gruppo Adamello, gruppo Presanella, gruppo M. Re di Castello) ciascuno con una propria differenziazione.

Nel settore nord-orientale del massiccio, al contatto con gli scisti sudalpini, presso la linea del Tonale e la linea delle Giudicarie, tonaliti e granodioriti mostrano una marcata tessitura parallela mentre anche gli xenoliti e le concentrazioni femiche risultano schiacciati come effetto di orientamento parallelo indotto dalla intrusione.

Una interpretazione genetica delle plutoniti dell'Adamello non è facile a causa delle condizioni alto-plutoniche in cui esse si sono solidificate (Karl, 1959; 1966). Tuttavia, tenendo conto di osservazioni effettuate su plutoni analoghi nei quali siano esposte parti più profonde, e considerata la presenza di nuclei calcici nei plagioclasti delle rocce dell'Adamello, sembra lecito ipotizzare una genesi per palingenesi degli gneiss dello zoccolo. Le inomogeneità delle rocce intrusive deriverebbero da differenze di composizione delle rocce metamorfiche sottoposte alla palingenesi, da ibridizzazione di magmi diversi e da differenziazione magmatica in profondità oltre che da contaminazioni locali per assimilazione di rocce della copertura.

Numerosi e dettagliati studi sulle rocce incassanti possono fare qualche luce su questo argomento. Negli scisti del basamento, ad esempio, il metamorfismo si sarebbe esplicato sotto una pressione massima di 1.5 kb raggiungendo temperature molto elevate (associazione sillimanite-cordierite-corindone) non lontane dalle temperature necessarie per produrre l'anatessi di quelle rocce (Justin-Zanettin, 1968).

L'età alpina dell'Adamello non è mai stata oggetto di discussione dato che anche i termini più recenti della serie sedimentaria incassante risultano metamorfosati dall'intrusione. Resta tuttavia un contrasto fra la datazione basata su considerazioni di ordine geologico-tettonico (miocene inferiore, Cornelius, 1928) e quella fornita dalle misure di età assoluta che danno per le tonaliti da 33 a 45 ± 3 my e 31 ± 3 my per la granodiorite del Corno Alto presso la linea delle Giudicarie (biotiti, Rb/Sr, Borsi e Ferrara *et al.*, 1966). Misure più recenti danno per granodioriti e tonaliti del settore meridionale del massiccio $45-48 \pm 3$ my (biotite, K/Ar, Ferrara non pubbl.). Quest'ultima dovrebbe corrispondere alla intrusione della fase tonalitica e trova riscontro nei dati ricavati da un campione di uraninite, la cui età (47 ± 2 my) corrisponde

al momento di mobilizzazione dell'uranio contenuto nelle arenarie della Val Daone metamorfosate per contatto (U^{238}/Pb^{206} , Ferrara, 1962).

Da questo insieme di dati risulterebbe che il consolidamento dei magmi intrusivi che hanno originato il massiccio dell'Adamello si è verificato durante circa 15 my (eocene medio-oligocene inferiore); sarebbe confermato inoltre il dato risultante dalla evidenza geologica (Bianchi e Dal Piaz, 1948) che la evoluzione magmatica, nell'ambito dei vari complessi, procede dai termini basici a quelli più acidi.

A N della linea della Pusteria, la massa intrusiva delle Vedrette di Ries, ed il vicino nucleo della Cima di Vila, affiorano entro gli scisti austridici poco a S del plutone granodioritico degli Alti Tauri e presentano uniformità di composizione essendo costituiti essenzialmente da rocce tonalitiche passanti verso tipi granodioritici, sempre con deciso carattere alcali-calco (Morgante, 1933).

L'esistenza di plagioclasti con nuclei bitownitici nelle tonaliti, permette di accostare geneticamente la massa delle Vedrette da una parte all'Adamello dall'altra alla serie dei tonalit-graniti degli Alti Tauri considerati da qualche Autore pure tardo-alpini (Karl, 1959) nei quali l'antica zonatura è ora riconoscibile grazie alla disposizione dei microliti di clinzoisite, sericite e carbonati derivati dalla trasformazione dei plagioclasti stessi.

La massa tonalitica è sostanzialmente concordante con le rocce incassanti del tetto e sembra anche che le abbia sollevate assumendo, nella parte visibile, una forma paragonabile a quella di un laccolite o di un conolite. Nel dettaglio le tonaliti mostrano di intersecare in discordanza gli scisti incassanti dando luogo talora a reti di apofisi e vene sialiche ed a breccie di intrusione.

Gli scisti sono stati interessati dal metamorfismo di contatto con formazione di cornubianiti varie a sillimanite e andalusite, cordierite, granato, biotite, e di calcefiri vari.

Per la loro forma allungata in direzione E-W le masse delle Vedrette furono da molti considerate coeve con il massiccio di Bressanone-Ivigna-Monte Croce e quindi, a seconda delle opinioni sull'età di quest'ultimo, tardo-erciniche oppure tardo-alpine. L'idea di una simile corrispondenza cronologica viene ora abbandonata, dato che le determinazioni di età assoluta hanno indicato un'età tardo-alpina per le Vedrette di Ries e tardo-ercinica, come si è visto nelle pagine precedenti, per Bressanone-Ivigna-Monte Croce.

Resta confermata invece la corrispondenza fra Adamello e Vedrette di Ries, in base alla analogia dei caratteri chimici e petrografici delle rocce dei due massicci.

Sulla base dei recentissimi dati sull'età dei vari plutoni dell'Alto Adige, si può intravedere la possibilità di un rapporto fra le masse delle Vedrette di Ries ed i nuclei terziari granodioritico-tonalitici delle Rensen Spitze-Cima delle Capre-M. Alto, anch'essi intrusi negli scisti austridici (nei quali non inducono però fenomeni di contatto) poco ad occidente del massiccio delle Vedrette di Ries.

OSSERVAZIONI SUL PLUTONISMO E SUL VULCANISMO TERZIARI

Fatta eccezione per il massiccio dell'Adamello che è situato alla confluenza fra la linea del Tonale e quella delle Giudicarie entro gli scisti sudalpini e le formazioni paleozoiche e mesozoiche, le plutoniti legate all'orogenesi alpina si trovano a N della grande linea di dislocazione che divide le Pennidi e le Austridi dalle Alpi Meridionali. Nella stessa regione compaiono anche importanti masse ofiolitiche che testimoniano di un notevole magmatismo basico iniziale mesozoico (100–120 my).

Le caratteristiche generali delle plutoniti « alpinotipiche » sono: (1) allineamento su una fascia ristretta lungo la dislocazione insubrica (l. s.) ed età da sin- a tardo-orogena; (2) litotipi granodioritici, quarzodioritici, tonalitici dominanti con graniti e, talora, facies basiche gabbrodioritiche e gabbriche; (3) fenomeni francamente migmatici ed anatettici rari, salvo nel caso del plutone di Val Masino–Bregaglia nel quale assumono aspetti imponenti; (4) processi di differenziazione talora molto spinti ed aureole di contatto variabili in rapporto con le dimensioni del plutone e con la natura delle formazioni incassanti; (5) presenza di rocce basiche riferibili al magmatismo iniziale ofiolitico; (6) mancanza di associazioni genetiche plutoniti–vulcaniti.

Estese manifestazioni del vulcanismo finale iniziate durante la fase « austria » del corrugamento alpino (cretacico sup.) e durate fino all'oligocene caratterizzano la provincia magmatica del Veneto sud occidentale (Schiavinato, 1950) e corrispondono ad una estesa rete di grandi faglie aventi direzione NW–SE (Piccoli, 1965). Le datazioni di cronologia assoluta sulle lave estremamente differenziate del distretto degli Euganei forniscono una conferma della successione temporale dei magmi da basaltici a riolitici (Borsi *et al.*, 1969). I dati petrografici e petrochimici depongono a favore di un'origine simatica del magma originario e di fenomeni di anatessi di contatto per i magmi susseguenti.

BIBLIOGRAFIA

- BAGGIO P., *Fenomeni tettonico-metamorfici di età alpina lungo la linea insubrica auct.*, « Museo Trent. St. Nat. », 17 (1969).
- BIANCHI A., CALLEGARI E. e JOBSTRAIBIZER P. G., *I tipi petrografici fondamentali del plutone dell'Adamello*, « Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova », 27 (1970).
- BLATTNER P., *Ein anatektisches Gneissmassiv zwischen Valle Bodengo und Valle del Livo (Sondrio u. Como)*, « Schw. Min. Petr. Mitt. », 65 (1965).
- BORSI S., DEL MORO A. e FERRARA G., *Età radiometriche dei massicci di Ivigna, Bressanone, M. Croce (Alpi orientali)*, « Boll. Soc. Geol. Ital. », 91 (1972).
- BORSI S., FERRARA G. e TONGIORGI E., *Rb/Sr and K/Ar ages of intrusive rocks of Adamello and M. Sabion (Trentino, Italy)*, Earth and Pla., vol. I, Amsterdam 1966.
- BORSI S. e FERRARA G., *Determinazione dell'età delle rocce intrusive di Predazzo con i metodi Rb/Sr e K/Ar*, « Miner. Petr. Acta », 13, Bologna 1967.
- BORSI S., FERRARA G., PAGANELLI L. e SIMBOLI G., *Studio con i metodi del Rb/Sr e del K/Ar delle rocce intrusive del M. Monzoni*, Pisa 1967.
- BORSI S., FERRARA G. e PICCOLI G., *Determinazione col metodo K/Ar dell'età delle eruzioni euganee*, « Rend. Soc. It. Min. Petr. », 26 (1969).

- BORTOLAMI G., *Rapporti cronologico-genetici tra graniti e vulcaniti permiane nel Biellese*, «Atti Soc. It. Sc. Nat.», 104 (1965).
- BURRI C., *Le province petrografiche postmesozoiche dell'Italia*, «Rend. Soc. Miner. Ital.», 17 (1961).
- CARRARO F. e FERRARA G., *Alpine tonalite at Miagliano, Biella*, «Schweiz. Min. u. Petr. Mitt.», 48 (1968).
- CHESSEX R., *Déterminations d'âge sur des zircons de roches des Alpes et des Appennins par la méthode des «radiation damage»*, «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 44 (1964).
- CRESPI R. e SCHIAVINATO G., *Osservazioni petrogenetiche sul settore centro-occidentale del massiccio di Val Masino-Val Bregaglia*, «Rend. Soc. Mineral. Ital.», 22 (1966).
- CRESPI R. e SCHIAVINATO G., *Contatti tra plutoniti e rocce incassanti nel settore sud-occidentale dell'intrusione terziaria di Val Masino-Val Bregaglia*, «Boll. Soc. Geol. It.», 86 (1967).
- DAL PIAZ GB., *Geologia della bassa valle d'Ultimo e del massiccio granitico di Monte Croce con considerazioni sull'età e la giacitura delle masse periadriatiche e sulla tettonica del bacino dell'Alto Adige*, «Mem. Mus. St. Nat.», Venezia Trid., 5 (1942).
- D'AMICO C., *Relazioni comagmatiche tra vulcanesimo atesino e plutonismo di Cima d'Asta. La provincia magmatica tardo-ercinica tridentina*, «Miner. Petrogr. Acta», 10 (1964).
- DRESCHER-KADEN F. K., *Beiträge zur Kenntniss der Migmatit- und Assimilationsbildungen sowie der synantetischen Reaktionsformen. Schollenassimilation und Kristallisationsverlauf im Bergeller Granit*, «Chem. Erde.», 12 (1940).
- FIORENTINI-POTENZA M., *Distribuzione delle principali facies petrografiche e della radioattività nel plutone «sienitico» di Biella (Valle del Cervo)*, «Rend. Soc. Min. It.», 15 (1959).
- FIORENTINI-POTENZA M., *Disturbi tettonici ed albititi metasomatiche nelle rocce intrusive della Valle del Cervo*, «Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett.», 94 (1960).
- GANDOLFI G., *Le plutoniti del bordo sud-occidentale di Cima d'Asta. (Trentino). Studio petrografico e petrochimico*, «Miner. Petrogr. Acta», 13 (1967).
- GANSSER A. e GYR T., *Über Xenolithschwärme aus dem Bergeller Massiv und Probleme der Intrusion*, «Eclogae Geol. Helv.», 57 (1964).
- GANSSER A., *The Insubric Line, a major geotectonic problem*, «Schweizer. Min. Petr. Mitt.», 48 (1968).
- GRÜNEFELDER M. e STERN T. W., *Das Zircon-alter des Bergeller Massivs*, «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 40 (1960).
- JÄGER E., NIGGLI E. e WENK F., *Rb-Sr Alterbestimmungen an Glimmern der Zentralalpen*, «Beitr. Geol. Karte der Schweiz.» (1967).
- JUSTIN VISENTIN E., ZANETTIN B., *Genesi di cornubianiti a staurolite nell'aureola di contatto dell'Adamello*, «Studi trentini di Sc. Nat.», 45 (1968).
- KARL F., *Vergleichende petrographische Studien an den Tonalitgraniten der Hohen Tauern und den Tonalit-Graniten einiger periadriatischer Intrusivmassive*, «Jb. Geol. Bundesanst.», 102 (1959).
- KARL F., *Über die Zusammensetzung, Entstehung und gesteinsystematische Stellung tonalitisch-granitischer Gesteine*, «Tschermaks min. u. petr. Mitt.», 11 (1966).
- LEONARDI P., *Le Dolomiti. Geologia dei Monti tra Isarco e Piave. Manfrini, Rovereto* (1967).
- LENARDON G., *La massa gabbriica del Dosso Lives nel massiccio granitico di Bressanone*, «Period. Mineral.», 31 (1962).
- MORGANTE S., *La differenziazione chimica del massiccio intrusivo delle Vedrette di Ries (Alto Adige)*, «Atti R. Ist. Ven. Sc. Lett. Arti», 93 (1933).
- MORTEANI G., *Petrographisch-geologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Cima d'Asta-Kristallin*, «Mem. Mus. Trident. Sc. Nat.», 16 (1966).
- PICCOLI G., *Rapporto tra gli allineamenti dei centri vulcanici paleogenici e le strutture tettoniche attuali dei Lessini*, «Boll. Soc. Geol. Ital.», 84, Roma 1965.
- SCHIAVINATO G., *La provincia magmatica del Veneto sud-occidentale*, «Mem. Ist. Geol. e Miner. Univ. Padova», 17 (1950).
- SCHIAVINATO G., *Sulle rocce diabasiche comprese negli scisti di Edolo in Val Camonica*, «Rend. Soc. Min. Ital.», 11 (1954).
- SCHIAVINATO G. e GANDINI P., *Ortoanfipoliti di Dazio in Valtellina*, «Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett.», 93 (1959).
- SCHIAVINATO et al., *Carta Geologica d'Italia 1:100.000 F. 8 Bormio, F. 7-18 Pizzo Bernina-Sondrio, F. 19 Tirano e corrispondenti Note illustrative*, «Serv. Geol. d'Italia» (1970).