ATTI

DELLA

SOCIETÀ TOSCANA

DI

SCIENZE NATURALI

RESIDENTE IN PISA

MEMORIE - SERIE A

VOL. LXXVII - ANNO 1970

PROCESSI VERBALI 1970

ARTI GRAFICHE PACINI MARIOTTI - PISA - 1970

INDICE

MEMORIE

BOTTARI F., MACCHIA B. - Stereochimica delle reazioni con acido tricloroacetico e acido cloridrico di alcuni ossidi di stilbene sostituiti . . Pag. 1

LARDICCI L., MENICAGLI R. - Sulla correlazione tra il (—)(S)-2-metil-1-butanolo e composti otticamente attivi contenenti gruppi fenilici: determinazione della relazione potere rotatorio-purezza ottica . . . . » 25

CECCANTI G. M., GIACOMELLI G. P., LARDICCI L. - Su alcuni composti organometallici otticamente attivi contenenti gruppi fenilici . . . . . » 40

DI FRAIA T. - Resti di un villaggio della cultura tipo Serra d'Alto a Saldone presso Metaponto (Lucania) . . . . . » 54

GRIFONI CREMONESI R. - I materiali preistorici della Toscana esistenti al Museo Civico di Grosseto . . . . . » 78

RAU A., TONGIORGI M. - Tane ad U fossili del «genere» *Corophioides* negli «Scisti verdi» (Carnico inferiore) dei Monti Pisani . . . . . » 92

RAMA S., PAGGI A. - Sulla utilità dell'impiego di lasers nello studio di fumi da combustione . . . . . » 102

MENCHETTI S. - Sulla arsenpolibasite del Canale dell'Angina (Alpi Apuane) » 111

BONATTI S., FRANZINI M., SCHIAFFINO L. - The Bagnone meteorite . . . » 123

CAPEDRI S. - Le geminazioni dei plagioclasi in relazione all'origine delle ofioliti appenniniche ad albite . . . . . » 134

BRONDI A., GHEZZO C., GUASPARRI G., RICCI C. A., SABATINI G. - Le vulcaniti paleozoiche nell'area settentrionale del Complesso effusivo atesino. Nota I - Successione stratigrafica, assetto strutturale e vulcanologico nella Val Sarentina . . . . . » 155

GRAZZINI M. - Idrogranati nelle brecce ofiolitiche di Vincigliata (Firenze) » 201

MORI G., TOZZI C. - Resti di un insediamento piceno al Colle del Telegrafo a Pescara . . . . . » 217

FERRARI G. A., MAGALDI D., RASPI A. - Osservazioni micromorfologiche e sedimentologiche su alcuni paleosuoli dei dintorni di Grosseto . . » 231

FONDI R. - *Prolagus sardus* WAGNER (*ochotonidae, lagomorpha, mammalia*) da una breccia ossifera della Montagnola senese . . . . . » 260

DI FRAIA T. - Tracce di uno stanziamento neolitico all'aperto presso Paterno (L'Aquila) . . . . . » 289

BRANDI G. P., CERRINA FERONI A., DECANDIA F. A., GIANNELLI L., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. - Il Pliocene del bacino del Tevere fra Celleno (Terni) e Civita Castellana (Viterbo). Stratigrafia ed evoluzione tettonica . . . . . Pag. 308

SIGHINOLFI G. P. - Investigations into the deep levels of the continental crust: petrology and chemistry of the granulite facies terrains of Bahia (Brazil) . . . . . » 327

RIVALENTI G. - Genetical problems of banded amphibolites in the Frederikshåb district, South West Greenland . . . . . » 342

RIVALENTI G., SIGHINOLFI G. P. - Geochemistry and differentiation phenomena in basic dikes of the Frederikshåb district, South West Greenland » 358

PROCESSI VERBALI

Adunanza del 15 gennaio 1970 . . . . . Pag. 381

Adunanza del 12 marzo 1970 . . . . . » 383

Adunanza del 14 maggio 1970 . . . . . » 385

Adunanza del 9 luglio 1970 . . . . . » 385

Adunanza del 12 novembre 1970 . . . . . » 386

Adunanza straordinaria del 10 dicembre 1970 . . . . . » 387

Statuto . . . . . » 389

Regolamento . . . . . » 395

Elenco dei soci per l'anno 1970 . . . . . » 399

Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 77 *(1970).*
pagg. 157-200, ff. 6, t. 1.

A. BRONDI, C. GHEZZO, G. GUASPARRI, C. A. RICCI, G. SABATINI (*)

LE VULCANITI PALEOZOICHE NELL'AREA SETTENTRIONALE DEL COMPLESSO EFFUSIVO ATESINO

NOTA I - Successione stratigrafica, assetto strutturale e vulcanologico nella Val Sarentina

Riassunto – Vengono riferite le prime risultanze di ricerche geologiche e petrografiche intese a definire la successione delle vulcaniti tardopaleozoiche e il loro assetto strutturale nell'area settentrionale del Complesso effusivo atesino.

Viene descritta la successione delle vulcaniti affioranti nella Val Sarentina. Tale successione risulta costituita da numerose formazioni che sono state riunite in tre Gruppi: A) un Gruppo inferiore dello spessore massimo di 500 m, alquanto eterogeneo, costituito in prevalenza da lave e tufi latitandesitici e latitici e subordinatamente da ignimbriti, lave riodacitiche e da conglomerati, arenarie vulcaniche e siltiti; B) un Gruppo intermedio, dello spessore di 500-900 m, omogeneamente costituito da ignimbriti riodacitiche in grandi espandimenti e da sottili e discontinue intercalazioni di arenarie vulcaniche e siltiti; C) un Gruppo superiore, dello spessore variabile da 50 a 1000 m, costituito da ignimbriti riolitiche in grandi espandimenti, lave riolitiche e da discontinue intercalazioni sedimentarie prevalentemente lacustri.

Le vulcaniti del Gruppo intermedio e quelle del Gruppo superiore sono localmente fra loro separate da una potente formazione sedimentaria di origine fluvio-torrentizia.

Entro le ignimbriti riodacitiche del Gruppo intermedio sono presenti alcuni duomi di tipo riodacitico.

Vengono riferiti i fondamentali e distintivi caratteri petrografici di ciascun litotipo e viene descritto l'assetto strutturale della suddetta successione nell'area esaminata. Vengono svolte infine alcune considerazioni sul chimismo delle rocce

---

(*) Lavoro eseguito con i contributi del C.N.R. nell'Istituto di Mineralogia e Petrografia della Università di Siena diretto dal Prof. Renato Pellizzer.

Il Dott. ALDO BRONDI, del Laboratorio Geominerario del C.N.E.N.-C.S.N. della Casaccia Roma, ha collaborato al rilevamento ed alla elaborazione delle considerazioni conclusive.

studiate, sui problemi classificativi, e di confronto con altre aree del Complesso effusivo atesino.

Abstract — Some results of geologic and petrographic studies on the volcanic rocks outcropping at the northern border of the Permian volcanic complex near Bolzano (North Italy) are here reported.

Within the volcanic sequence three Groups of formations are distinguished: A) a Lower Group, up to about 500 m thick, consisting mostly of latitandesitic and latitic lava flows and tuffs and, to a lesser extent, of rhyodacitic ignimbrites, lavas, volcanic conglomerates, sandstones and siltstones; B) a Middle Group, 500-900 m thick, made up by rhyodacitic ignimbrites, forming several thick and extensive sheets. With some volcanic sandstones and siltstones; C) an Upper Group, ranging in thickness from about 50 to about 1000 m, made up by rhyolitic ignimbrites and lava flows with some discontinous sedimentary intercalations.

Between the Middle Group and the Upper Group a sedimentary formation of continental-fluviatile depositional environment, consisting mainly of volcanic sandstones and conglomerates, is locally present.

Within the rhyodacitic ignimbrites of the Middle Group some lava domes of rhyodacitic composition crop out.

The main petrographical and structural features of the volcanic sequence are set forth and some petrochemical data and problems of classification are discussed.

INTRODUZIONE

Il Complesso effusivo atesino ha suscitato l'interesse di studiosi fin dal secolo scorso, ma la letteratura esistente si presenta generalmente superata in conseguenza delle più recenti acquisizioni vulcanologiche. Ciò soprattutto per il fatto che per molti dei cosiddetti «porfidi quarziferi», che si riteneva costituissero il prodotto del consolidamento di normali colate di lava, è stata in seguito unanimemente accettata una genesi ignimbritica.

Il riconoscimento della natura ignimbritica di molte vulcaniti atesine si deve a M. MITTEMPERGHER [1958] il quale, utilizzando i concetti di «unità di raffreddamento» di R. L. SMITH [1960a, 1960b], ha eseguito il rilevamento geo-vulcanologico delle vulcaniti della Val Gardena [1962]. Successivamente, in un quadro di ricerche programmate dall'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università degli Studi di Siena, C. GHEZZO [1967] ha eseguito il rilevamento di una vasta zona dell'area centro-orientale del Complesso effusivo (Val Travignolo-Cima Bocche) utilizzando anch'egli le schematizzazioni proposte da R. L. SMITH per le vulcaniti di origine ignimbritica, giungendo in tal modo ad una ricostruzione di dettaglio della successione vulcanica in tale area.

I risultati cui sono pervenuti i suddetti Autori appaiono quanto mai interessanti e, alla luce di questi, suscettibile di importanti sviluppi è apparso lo studio geo-vulcanologico di altre aree di affioramento di vulcaniti ignimbritiche altoatesine e ciò nel convincimento che solo da uno studio ad ampio respiro può scaturire la soluzione dei molti problemi vulcanologici e magmatologici connessi alla «piattaforma porfirica atesina».

* * *

Dopo alcune ricognizioni condotte su diverse aree del Complesso effusivo è risultato che il territorio compreso fra la Val d'Adige e la Val d'Isarco a Nord di Bolzano presenta validi presupposti per intraprendervi una serie di ricerche geologiche e petrografiche. E ciò sia per il fatto che questo territorio costituisce una zona marginale del Complesso effusivo e quindi più facile può essere il riconoscimento delle singole unità di raffreddamento nelle vulcaniti di tipo ignimbritico, sia per essere stata rilevata, sin dalle prime escursioni, una successione assai simile a quella descritta da M. MITTEMPERGHER per la Val Gardena.

Su tali premesse ci è stato affidato lo studio delle vulcaniti della Val Sarentina come primo atto del programma sopra enunciato.

Nell'intraprendere il lavoro di rilevamento nel territorio suddetto era nostro intento seguire il concetto di «cooling unit» di SMITH così come era stato fatto per lo studio della successione delle vulcaniti della Val Gardena e della Val Travignolo. Ben presto però ci siamo trovati di fronte a situazioni geo-vulcanologiche che era praticamente impossibile inquadrare negli schemi proposti da R. L. SMITH. Infatti mentre in molti casi era possibile osservare le zoneografie verticali caratteristiche delle unità di raffreddamento (e ciò particolarmente nelle porzioni distali delle varie unità), in altri casi ancora tale zoneografia risultava praticamente assente. In altre zone inoltre le facies ignimbritiche, oltre a non presentare tipici caratteri zoneografici, risultavano in vario modo associate con facies laviche chiaramente affini alle prime per caratteri chimico-petrografici.

In altri livelli della successione abbiamo poi rinvenuto discontinue intercalazioni di arenarie vulcaniche o di argille lacustri, comprese fra litotipi ignimbritici identici, intercalazioni indicanti una

più o meno prolungata stasi dell'attività vulcanica e conseguentemente la presenza di almeno due unità di raffreddamento semplici. La distinzione di queste unità di raffreddamento non era tuttavia possibile data la notevole discontinuità laterale delle intercalazioni sedimentarie.

Abbiamo ricordato alcune delle maggiori difficoltà incontrate nel corso del rilevamento, difficoltà che, applicando rigorosamente gli schemi di R. L. SMITH, sarebbe stato impossibile superare. Conseguentemente anziché sulla base delle «cooling units» si è proceduto al rilevamento su basi formazionali e cioè raggruppando in una stessa formazione facies ignimbritiche, laviche e tufacee riconducibili ad uno stesso ciclo di attività vulcanica, nonché i sottili e discontinui livelli sedimentari ad esse associati.

Il concetto formazionale da noi adottato per eseguire il rilevamento geologico non esclude ovviamente che vi sia talora coincidenza fra «formazione» e «unità di raffreddamento». Questa identità si verifica soprattutto per alcuni livelli riodacitici che costituiscono le prime manifestazioni ignimbritiche su vasta scala nella «piattaforma porfirica atesina».

In queste nostre prime ricerche è stato preso in esame solo un settore del territorio sopra citato, settore che si estende a Nord sino all'altezza di Sarentino ed è delimitato ad Est e ad Ovest dagli spartiacque che individuano la Val Sarentina, a Sud dalla Val d'Adige e dalla Val d'Isarco confluenti in corrispondenza di Bolzano.

* * *

I riferimenti bibliografici inerenti la Val Sarentina sono estremamente scarsi e frammentari e principalmente dovuti a F. v. WOLFF [1909], KLEBELSBERG [1935] e G. P. GIANNOTTI [1962]. Esiste peraltro il rilevamento geologico alla scala 1:100.000 (F° 10 «Bolzano») curato, per la zona da noi studiata, da S. VARDABASSO e revisionato da C. ANDREATTA. Il rilevamento [1957] presenta alcune inesattezze dovute alla imprecisa ricostruzione vulcanologica. In tale rilevamento, nella successione di vulcaniti tardopaleozoiche dell'area in esame, dal basso verso l'alto, vengono distinti i seguenti litotipi: «*Porfidi brecciati*»; «*Porfiriti in colate*»; «*Porfidi a grossi fenocristalli....*»; «*Porfidi quarziferi delle colate inferiori....*»; «*Tufi a bombe di porfidi e porfiriti*»; «*Tufi in genere di porfidi e porfiriti,*

di solito normali»; «*Porfidi quarziferi normali prevalentemente delle colate superiori*»; «*Vitrofiro nei porfidi*». Alla successione ora riportata sono infine sovrapposte le formazioni sedimentarie permo-triassiche delle «*Arenarie di Val Gardena*» e del «*Werfeniano*».

Nei pressi dell'abitato di Tregovio (fuori dell'area in esame), sempre secondo il suddetto rilevamento, tra le vulcaniti e le sovrastanti «*Arenarie di Val Gardena*» è presente una formazione calcareo-argilloscistosa con arenarie quarzose, formazione che non viene tuttavia cartografata nella Val Sarentina. G. P. GIANNOTTI [1962] invece, oltre a ritenere che tale formazione («Scisti di Tregiovo») sia intercalata nelle vulcaniti del Complesso effusivo, ne segnala alcuni altri affioramenti nell'area da noi studiata.

La succesione riportata nel Foglio 10 «Bolzano» manca, come è evidente, di distinzioni di dettaglio all'interno del Complesso vulcanico, anche per il fatto che viene utilizzata la terminologia paleovulcanica che come è noto non consente tali distinzioni.

LA SERIE STRATIGRAFICA

La serie stratigrafica del territorio in esame è comprensiva delle metamorfiti del Basamento scistoso-cristallino sudalpino, delle vulcaniti, dei livelli piroclastici e sedimentari in esse intercalati, appartenenti al Complesso effusivo atesino e delle sovrastanti formazioni sedimentarie permo-triassiche. Nella Val Sarentina affiorano tutti i termini di questa serie parzialmente ricoperti da alluvioni e da morene, nonché da vasti accumuli di detriti di falda. La Carta geologico-petrografica di tav. I ne illustra la distribuzione areale.

Basamento scistoso-cristallino

Le metamorfiti del basamento affiorano estesamente su entrambi i versanti della Val Sarentina all'altezza dell'abitato di Sarentino e ad Est del M. Villandro.

L'assetto strutturale ed i caratteri petrografici delle metamorfiti costituenti il basamento sono molto variabili da zona a zona. Sembrano prevalere i tipi nettamente scistosi rappresentati da micascisti a due miche, filladi granatifere, talora con pronunciata blastesi albitica; localmente sono presenti dei paragneiss a quarzo, muscovite, albite e microclino (questi ultimi due minerali costituen-

LEGENDA

DEPOSITI QUATERNARI

1 - Alluvioni
2 - Detriti di falda
3 - Morene

FORMAZIONI PERMO-TRIASSICHE

4 - «Werfeniano»
«Arenarie di Val Gardena»

COMPLESSO EFFUSIVO
(Permiano Inferiore)

5 - Duomi riodacitici di posizione incerta.

GRUPPO SUPERIORE

6 - Formazione R_1: ignimbriti riolitiche con, alla base, discontinui livelli sedimentari.

7 - Formazione R_2: lave e ignimbriti riolitiche.

8 - Formazione R_3: ignimbriti e lave riolitiche; discontinui livelli sedimentari intercalati o sommitali (Terlano).

9 - Formazione T_4: conglomerati, arenarie vulcaniche, siltiti e argilliti.

GRUPPO INTERMEDIO

10 - Formazione Q_1: ignimbriti riodacitiche

11 - Formazione Q_3: ignimbriti riodacitiche e discontinui livelli arenaceo-siltitici.

12 - Formazione Q_4: ignimbriti riodacitiche.

GRUPPO INFERIORE

13 - Lave latitandesitiche e latitiche, ignimbriti e lave riodacitiche, conglomerati, arenarie e siltiti.

BASAMENTO SCISTOSO-CRISTALLINO
(Preercinico)

14 - Filladi, micascisti, paragneiss

15 - Faglie

16 - Direzione e inclinazione di strati e bancate ignimbritiche.

ti anche «occhi» delle dimensioni di 0,5-3 mm) spesso contenenti anche calcite e granati.

Complesso effusivo

Alle metamorfiti del basamento scistoso-cristallino è sovrapposto il Complesso effusivo tardopaleozoico costituito da una potente successione di lave ed ignimbriti di varia composizione talora associate a livelli sedimentari.

Lo spessore complessivo di questa successione, che affiora su quasi tutto il territorio in esame, è variabile da zona a zona. Nelle zone settentrionali, sul versante destro della Val Sarentina, ove è ben visibile il letto della successione ed è presente la formazione di tetto costituita dalle «*Arenarie di Val Gardena*», lo spessore si aggira intorno ai 600 metri, mentre sul versante sinistro (Monte Villandro) si aggira sugli 800 metri pur mancando alcune delle formazioni sommitali della successione stessa. Nelle zone meridionali lo spessore della intera successione non è valutabile in quanto non affiorano i termini inferiori della stessa: lo spessore delle serie parziali affioranti si aggira intorno ai 1.000 metri.

La notevole variabilità litologica in senso verticale ha permesso di distinguere nella successione vulcanica numerose formazioni.

Sulla base di criteri vulcanologici e petrografici le varie formazioni del Complesso effusivo sono state raggruppate nei seguenti tre Gruppi:

1) - *Gruppo inferiore* che comprende in prevalenza lave e tufi latitandesitici e latitici e, subordinatamente, ignimbriti e lave di tipo riodacitico e conglomerati, arenarie e siltiti;

2) - *Gruppo intermedio* che comprende ignimbriti riodacitiche e sottili e discontinue intercalazioni sedimentarie;

3) - *Gruppo superiore* che comprende ignimbriti e lave riolitiche e sottili e discontinue intercalazioni sedimentarie.

Nel territorio in esame il *Gruppo intermedio* è spesso separato dal sovrastante *Gruppo superiore* da una formazione sedimentaria.

Per le diverse formazioni si è cercato di adottare una simboleggiatura il più possibile coincidente con quella utilizzata da M. MITTEMPERGHER [1962] per la Val Gardena. E ciò per il fatto che la successione vulcanica della Val Sarentina presenta notevoli analogie

con quella della Val Gardena ed in particolare molte delle formazioni da noi distinte sono chiaramente correlabili con quelle riconosciute dal suddetto Autore.

E' opportuno comunque sottolineare che tale simboleggiatura potrà essere modificata quando l'estensione delle ricerche in altre aree sulla distribuzione delle formazioni già riconosciute nella Val Sarentina ne preciserà meglio il significato e le correlazioni vulcanologico-stratigrafiche nell'intero Complesso effusivo atesino.

Vengono di seguito esposte le principali caratteristiche geo-petrografiche delle varie formazioni costituenti la successione vulcanica procedendo dal basso verso l'alto.

Gruppo inferiore

Successione e caratteri macroscopici

Il «*Gruppo inferiore*», che affiora esclusivamente nelle zone più settentrionali dell'area rilevata, ha spessori massimi di circa 500 metri sul versante sinistro della Val Sarentina, mentre sul versante destro ha spessori minori ed è localmente assente.

Questo Gruppo è sostanzialmente costituito dal basso verso l'alto dalla successione di seguito descritta:

a) *Arenarie, siltiti e conglomerati.* - Arenarie più o meno grossolane, spesso intercalate da lenti conglomeratiche, e siltiti ben stratificate costituiscono un primo livello basale direttamente sovrapposto alle metamorfiti del Basamento scistoso-cristallino. Il colore di queste facies è generalmente grigio-verdastro; lo spessore è sempre modesto aggirandosi intorno a 10-30 m.

b) *Ignimbriti, lave e conglomerati.* - Segue verso l'alto un livello costituito prevalentemente da ignimbriti di tipo riodacitico con intercalazioni conglomeratiche e subordinatamente da lave di tipo riodacitico. Questo livello è notevolmente eterogeneo e raggiunge spessori molto variabili: presenta infatti la massima potenza (circa 150 m) ad Ovest di Sarentino sul versante destro della piccola valle del Rio dei Ronchi, mentre si riduce notevolmente di spessore sul versante sinistro della Val Sarentina, ove affiora lungo il Rio Rosso.

Le facies ignimbritiche di questo livello hanno generalmente un colore verdastro, o localmente rosato, e sono mediamente compatte con fessurazioni non ben delineate.

Le locali intercalazioni conglomeratiche sono costituite da una matrice arenacea di origine vulcanica e da ciottoli per lo più ben arrotondati del diametro di 2-15 cm spesso con evidente tessitura porfirica.

Le lave costituiscono affioramenti assai poco estesi, localizzati nelle parti sommitali del livello in esame (per esempio nella valle del Rio dei Ronchi). Trattasi di lave riodacitiche a blocchi con evidente tessitura porfirica (fenocristalli di quarzo e feldspati).

c) *Lave e tufi latitandesitici e latitici.* - Nell'ambito del «*Gruppo inferiore*» le rocce latitico-andesitiche costituiscono i litotipi arealmente più diffusi e più abbondanti. Queste formano numerose colate di lava a giacitura irrelogolare che, nella parte settentrionale del territorio studiato, si sovrappongono ai litotipi di cui ai paragrafi a) e b) o direttamente alle metamorfiti del Basamento scistoso-cristallino. Esse raggiungono i massimi spessori, intorno ai 500 metri, sulla sinistra orografica della Val Sarentina. Prevalgono tipi di lave piuttosto compatte, pressoché afanitiche, di colore grigio-verdastro o rosso-violaceo con frequente aspetto brecciato.

Composizione mineralogica e caratteri strutturali

Le *facies siltitico-arenacee* e la matrice dei *conglomerati* del livello basale di questo *Gruppo* sono costituite da una matrice cloritico-calcitica con abbondanti ossidi ed idrossidi di ferro e da numerosi frammenti detritici di plagioclasi albitici, di quarzo, nonché da frammenti di rocce di tipo andesitico, che localmente sono preponderanti.

I ciottoli delle facies conglomeratiche sono generalmente di piccole dimensioni (1-10 cm) e sono rappresentati sia da elementi metamorfici, sia da elementi di natura vulcanica. L'esame in sezione sottile di alcuni di questi ultimi permette di rilevare che si tratta in prevalenza di lave di tipo andesitico e solo in qualche caso di lave riodacitiche.

La giacitura ed i caratteri tessiturali delle rocce di questo livello sembrano indicare un ambiente deposizionale di tipo fluvio-torrentizio.

I caratteri composizionali sopra riferiti indicano inoltre che queste rocce sono derivate in larga misura dall'erosione dei primi

prodotti del vulcanesimo tardo-paleozoico rappresentati da vulcaniti di tipo andesitico e subordinatamente riodacitiche, come si può rilevare dalla natura dei ciottoli e dei frammenti di rocce. Per questi motivi abbiamo ritenuto di inserire nel *Gruppo inferiore* del Complesso effusivo atesino il livello in oggetto, anche se i caratteri tessiturali, l'ambiente deposizionale, nonché la posizione stratigrafica del livello stesso sembrano trovare corrispondenza con quelli del «*Conglomerato di Ponte Gardena*» («*Verrucano Alpino*» o «*Conglomerato basale*» Auct.). Quest'ultima formazione, chiaramente originatasi in ambiente fluvio-torrentizio [R. DAL CIN, 1963 e 1966] è secondo P. LEONARDI [1968, vol. I pag. 38] costituita «in prevalenza da ciottoli di quarzo, quarziti, rocce filladiche, paragneiss, e subordinatamente da altri tipi di scisti cristallini. Talora, specialmente in certi livelli superiori, compaiono anche elementi di porfirite, tufo o porfido».

Le *facies ignimbritiche* risultano mediamente costituite per il 50% della compagine da fenocristalli per lo più notevolmente frammentati, rappresentati da plagioclasi andesinici (37-40% An) in percentuali di circa il 25% del totale della roccia, da quarzo (circa il 15%) e da biotite (5-7%). Sempre rilevante è l'abbondanza dei minerali secondari derivati dai processi di trasformazione dei minerali primari, quali albite, sericite, clorite, calcite e granulazioni di ossidi di ferro. Nella massa di fondo, che è generalmente cripto o microcristallina, è spesso abbondante la sericite.

Piuttosto frequenti sono i frammenti di rocce cristalline costituiti da aggregati granoblastici di quarzo talora associati a lepidoblasti muscovitici.

I ciottoli esaminati delle facies conglomeratiche di questo livello sono di natura lavica ed hanno caratteri strutturali e composizionali del tutto analoghi a quelli delle lave di seguito descritte.

Le *lave riodacitiche* di questo livello hanno una massa di fondo microcristallina nella quale è talora ben differenziata una generazione di microliti plagioclasici sì da evidenziare motivi riferibili ad una struttura pilotassitica. I fenocristalli, delle dimensioni di 2-5 mm, rappresentano circa il 50% della compagine. Sono costituiti in prevalenza da andesina (35% An), di regola notevolmente trasformata in albite e sericite, da quarzo in cristalli rotondeggianti con frequenti insenature; in via subordinata sono costituiti da biotite, parzialmente trasformata in aggregati di cloriti e granulazioni ferrifere,

e da più rare pseudomorfosi, prevalentemente cloritiche, su altri originari componenti femici forse riferibili a pirosseni.

Le *lave latitandesitiche* e latitiche presentano schemi strutturali e caratteri composizionali molto variabili. Hanno una struttura in genere minutamente porfirica, con fenocristalli più o meno abbondanti rappresentati da plagioclasi (generalmente andesina 45-50% An), spesso zonati, e da pirosseni di tipo augitico. Questi minerali primari risultano quasi sempre profondamente trasformati: i plagioclasi, in albite associata a plaghe calcitiche o cloritiche e i pirosseni, in cloriti ferrifere o antigorite associate a granulazioni ferrifere. La pasta di fondo, nella quale sono in genere molto abbondanti minute granulazioni opache, è costituita per lo più da aggregati granulari microcristallini, più raramente granofirici; sono spesso presenti motivi di strutture pilotassitiche.

Composizione chimica

In Tab. 1 vengono riportate tre analisi chimiche di vulcaniti di questo *Gruppo*. Di queste analisi la prima si riferisce ad una ignimbrite del livello di cui al bunto *b*) del *Gruppo* in oggetto, mentre le altre due si riferiscono a rocce di tipo lavico del livello di cui al punto *c*).

Queste ultime mostrano un chimismo a tendenza latitica e non differiscono sostanzialmente tra loro se non per limitate variazioni nei tenori di Al_2O_3, FeO, MgO, CaO e Na_2O, variazioni che sono meglio evidenziate dalle differenze nei rapporti fra i valori normativi Ab/An e En/Hy.

Va precisato che i bassi tenori di CaO, rispetto ad un tipico chimismo latitico, trovano giustificazione, dal punto di vista mineralogico, nel fatto che i plagioclasi dei due campioni di lave analizzate risultano notevolmente trasformati e la calcite è assente (AA 70) o presente in quantità molto modesta (AA 346).

Un chimismo sostanzialmente più acido, di tipo riodacitico, ha il campione di ignimbrite (AA 342) appartenente al livello di cui al punto *b*) come indicano i più alti tenori di SiO_2 e Na_2O, e il minor contenuto in Al_2O_3.

Tutte e tre le vulcaniti analizzate vengono classificate secondo A. RITTMANN [1967] come quarzolatiti. Secondo A. L. STRECKEISEN [1967] le lave sono classificabili come latiti, mentre l'ignimbrite viene classificata come riodacite (vedi pag. 195).

TABELLA 1

	% in peso (*)				norma molecolare		
	AA 342	AA 70	AA 346		AA 342	AA 70	AA 346
SiO_2	64,85	60,81	60,69	Q	23,8	14,3	14,4
Al_2O_3	15,71	18,80	17,34	Or	23,8	20,8	20,5
Fe_2O_3	1,14	2,43	2,64	Ab	25,5	29,8	35,7
FeO	2,78	2,05	2,49	An	11,0	16,3	11,8
MnO	0,09	0,18	0,11	C	3,7	4,2	3,7
MgO	2,02	3,03	2,40	En	5,9	8,5	6,8
CaO	2,36	3,52	2,58	Hy	4,7	3,5	4,2
Na_2O	2,71	3,27	3,84	Hm	0,8	1,7	1,9
K_2O	3,83	3,46	3,35	Ru	0,4	0,4	0,5
TiO_2	0,48	0,62	0,64	Cp	0,4	0,5	0,5
P_2O_5	0,19	0,21	0,22				
P.C.	3,95	2,23	2,87				
	100,11	100,64	99,17				
	parametri di Niggli				parametri di Rittmann		
si	280,5	213,9	228,4	SiO_2	64,85	60,81	60,69
al	40,0	39,0	38,5	Al	14,1	16,92	15,61
fm	27,1	28,8	29,1	Alk	7,90	8,37	9,11
c	11,0	13,3	10,4	CaO	2,36	3,52	2,58
alk	21,9	18,9	22,0	FM	8,27	10,87	10,21
k	0,48	0,41	0,37	k	0,48	0,41	0,37
mg	0,48	0,55	0,46	an	0,20	0,26	0,19
ti	1,6	1,6	1,8	ca"	—1,38	—1,61	—1,32
p	0,3	0,3	0,4	σ	1,96	2,54	2,92

Provenienza dei campioni e loro ubicazione in coordinate chilometriche riferite al reticolato italiano:

AA342 - ignimbrite - F° 10 I NE E = 1678500 N = 5167770

AA70 - lava - F° 10 I NE E = 1683420 N = 5167150

AA346 - lava - F° 10 I NE E = 1683600 N = 5166700

(*) Tutte le analisi sono state eseguite su polveri preventivamente essiccate a 110°.

Gruppo intermedio

Successione e caratteri macroscopici

Questo *Gruppo* è formato essenzialmente da vulcaniti ignimbritiche e subordinatamente da poco spesse e discontinue intercalazioni di arenarie vulcaniche e siltiti. Il massimo spessore di questo Gruppo (800-900 m) si rileva nelle zone centro-meridionali ed il minimo spessore (m 500) nelle zone settentrionali dell'area studiata. Tali vulcaniti ignimbritiche costituiscono unità di raffreddamento semplici o composte, arealmente assai estese.

Per i motivi esposti a pag. 160, sull'impossibilità di applicare rigorosamente gli schemi di R. L. SMITH per un rilevamento basato sulle unità di raffreddamento, i litotipi costituenti l'intero *Gruppo* sono stati raggruppati in tre distinte formazioni. Queste formazioni vengono indicate, procedendo dal basso verso l'alto, rispettivamente con i simboli Q_4, Q_3 e Q_1, già utilizzati da M. MITTEMPERGHER [1962] per indicare unità di raffreddamento riconosciute nella Val Gardena. L'adozione di tale simboleggiatura trova giustificazione, come già detto, nel fatto che le unità formazionali da noi riconosciute si possono mettere in stretto parallelismo con le unità di raffreddamento della Val Gardena e nel fatto che in alcuni casi la formazione è costituita soltanto da una unità di raffreddamento.

Le formazioni distinte presentano nell'insieme evidenti analogie nei caratteri tessiturali, strutturali e composizionali; si possono tuttavia differenziare tra loro sulla base del colore e di alcuni dettagli composizionali e tessiturali.

Gli affioramenti della *formazione* Q_4, che si identificano in una unica unità di raffreddamento, sono limitati ad una ristretta fascia all'altezza della località Ponticino. Alla limitata estensione areale di affioramento si aggiunge una forte variabilità di spessore che raggiunge valori massimi di 100 metri. Macroscopicamente presenta caratteri molto uniformi essendo costituita da rocce a tessitura generalmente compatta, di colore rosso-mattone, nella cui compagine sono riconoscibili minuti cristalli (0,5-3 mm) di quarzo, feldspati e biotite.

Segue verso l'alto la *formazione* Q_3 che comprende almeno due unità di raffreddamento. Il suo spessore è molto elevato (500-600 m) e si mantiene relativamente costante in quasi tutta l'area di affioramento; solo nelle zone più settentrionali del versante destro della

Val Sarentina lo spessore di questa formazione si riduce notevolmente sino ad annullarsi.

Le caratteristiche macroscopiche delle facies ignimbritiche costituenti questa formazione si mantengono sostanzialmente uniformi: un grado di compattezza in genere elevato, con numerose fessurazioni variamente orientate, e colore su toni grigio-verdastri. In corrispondenza delle fessurazioni sono frequenti e variamente estese bande di alterazione di colore rossastro. Un aspetto del tutto peculiare è riscontrabile negli affioramenti situati a Nord-Ovest di Bolzano nei quali prevale decisamente un colore su toni giallo-rosati.

Nella compagine, accanto a cristalli di quarzo e a rari e spesso mal riconoscibili cristalli di biotite, risaltano numerosi cristalli feldspatici, spesso di colore rosa, delle dimensioni di 2-4 mm.

In prossimità della località Mezzavia, lungo la Val Sarentina, affiora un sottile livello di prodotti di rimaneggiamento di tipo arenaceo-siltitico. Tale livello separa due unità di raffreddamento facenti parte della formazione in oggetto.

In località Val Mortara (Val Sarentina) affiora un sottile livello di arenarie vulcaniche e siltiti ben stratificate, di colore tendenzialmente rossastro, che separa la formazione Q_3 dalla sovrastante formazione Q_1.

La *formazione* Q_1 affiora prevalentemente nelle zone centro-settentrionali con valori massimi di spessore intorno ai 400 m. Il suo spessore si riduce gradualmente verso sud sino ad annullarsi nelle zone sud-occidentali, mentre nella zona di Selva di Signato non supera i 100 metri.

Questa formazione è costituita generalmente da una sola unità di raffreddamento correlabile con l'unità Q_1 distinta nella Val Gardena. Nelle zone di Colle della Madonnina, Monte del Giogo, Monte Göller, alla base di tale unità di raffreddamento, è probabilmente presente una seconda unità, correlabile con l'unità Q_2 della Val Gardena. Tale unità non sempre si caratterizza rispetto alla unità Q_1 per cui, allo stato attuale delle ricerche, non si è potuto distinguerla cartograficamente.

Questa formazione è in ogni caso essenzialmente costituita da facies ignimbritiche. Queste hanno colore violaceo, una tessitura compatta nei livelli inferiori e intermedi, mentre nei livelli sommitali presentano spesso una tessitura tendenzialmente tegulare ed un minor grado di compattezza. Localmente (Rio d'Avigna) i livelli sommitali della formazione presentano un aspetto conglomeratico do-

vuto alla presenza di elementi rotondeggianti (delle dimensioni di 5-15 cm) di ignimbrite del tutto simile alle normali facies ignimbritiche di questa formazione. Potrebbe trattarsi di un lahar o di una modificazione strutturale dovuta a fenomeni paleoclimatici.

Composizione mineralogica e caratteri strutturali

Come si è già accennato le ignimbriti di questo *Gruppo* presentano caratteri strutturali e composizionali fra loro sostanzialmente simili e si differenziano soprattutto per alcuni caratteri ad esse conferiti dai processi di trasformazione secondaria.

I fenocristalli e i fenoclasti costituiscono il 40-55% del totale della compagine con prevalenza del plagioclasio (25-30%) sul quarzo (15-20%); in quantità subordinate compare sempre la biotite (5-8%), mentre il sanidino (1-5%) è presente solo nella formazione Q_3 e Q_1. Il plagioclasio primario è rappresentato da termini andesinici la cui composizione risulta di circa il 40-45% An nelle facies ignimbritiche delle formazioni Q_4 e Q_3 ed il 36-42% An in quelle della formazione Q_1.

Il quarzo presenta forme irregolari, spesso sinuose e scheggiose.

Tra gli accessori, accanto ad apatite e zircone, compare talora l'ortite che è particolarmente frequente nella formazione Q_3.

Le paragenesi primarie risultano più o meno intensamente trasformate: il plagioclasio andesinico in albite alla quale si accompagnano lamelle sericitiche e plaghe calcitiche; la biotite in aggregati costituiti in alcuni casi *a*) da prevalenti granulazioni ferrifere, in altri *b*) da prevalenti cloriti; il sanidino può mostrare una parziale albitizzazione con formazione di plaghe di albite con struttura a scacchiera. Alcuni aggregati secondari costituiti da clorite o antigorite e spesso circondati da bordi di ossidi e idrossidi di ferro sono il risultato della trasformazione di originari minerali femici di probabile natura pirossenica.

In tutte queste vulcaniti la massa di fondo è prevalentemente cripto o microcristallina con variabile sviluppo di plaghe a struttura tendenzialmente granofirica o sferulitica. Inoltre la più o meno accentuata cristallizzazione della massa di fondo nello stadio postdeposizionale ha cancellato in gran parte le sue strutture primarie che solo in alcuni casi sono ancora ben riconoscibili e riconducibili ad originarie strutture pseudofluidali.

Le facies ignimbritiche delle formazioni appartenenti a questo *Gruppo*, oltreché per alcuni caratteri delle paragenesi primarie, si caratterizzano fra loro anche per le modalità ed entità delle trasformazioni secondarie.

Nella ignimbrite della formazione Q_4 il plagioclasio primario è spesso totalmente o in gran parte trasformato in albite e la biotite è talora fresca, ma più frequentemente alterata secondo lo schema *a*); nella massa di fondo, che è sempre fortemente arrossata da pigmentazioni e granulazioni ferrifere, sono frequenti strutture sferulitiche e pseudofillidali.

Nelle ignimbriti della formazione Q_3 il plagioclasio primario è spesso totalmente trasformato in albite e la biotite in aggregati complessi a prevalenti cloriti; la massa di fondo, nella quale sono variamente diffuse plaghe cloritiche, presenta frequenti zone a struttura tendenzialmente granofirica.

Nelle ignimbriti della formazione Q_1 il plagioclasio primario è in genere solo parzialmente trasformato in albite e la biotite, che è talora anche fresca, è trasformata in aggregati secondo lo schema *a*); nella massa di fondo, sempre fortemente arrossata da pigmentazioni e granulazioni ferrifere, è frequente una struttura tendenzialmente granofirica e sono inoltre spesso presenti piccoli cristalli di quarzo (delle dimensioni di 0,1-0,5 mm) in prevalenza isodiametrici o bipiramidali.

Composizione chimica

In Tab. 2 vengono riportate 4 analisi chimiche di ignimbriti di questo *Gruppo* rispettivamente appartenenti alla *formazione* Q_4, Q_3 e Q_1. L'analisi n° 323 si riferisce ad un campione dei livelli basali della formazione Q_1 nella zona del Colle della Madonnina.

Le analisi riportate in Tab. 2 indicano un tipico chimismo riodacitico. I quattro campioni analizzati presentano una stretta analogia di composizione chimica, le differenze più apprezzabili essendo legate allo stato di ossidazione del ferro e in minor misura a limitate variazioni nei tenori di Fe totale, Ca e Mg.

Secondo i parametri di A. RITTMANN i quattro campioni di ignimbriti vengono classificati come quarzolatiti. Secondo la composizione modale ricostruita su base normativa (v. pag. 195) i punti rappresentativi cadono nel campo delle riodaciti (sec. A. L. STRECKEISEN, 1967).

TABELLA 2

	% in peso					norma molecolare			
	AA146	AA137	AA323	AA211		AA146	AA137	AA323	AA211
SiO_2	66,45	66,14	66,40	66,43	Q	23,9	20,8	23,7	22,3
Al_2O_3	15,56	15,85	14,94	15,50	Or	24,5	25,3	27,6	23,5
Fe_2O_3	3,93	1,72	3,11	3,10	Ab	32,3	31,3	28,6	31,5
FeO	0,14	1,72	0,14	0,26	An	8,0	13,8	12,9	11,5
MnO	0,05	0,08	0,06	0,07	C	3,0	1,0	0,7	1,8
MgO	1,60	1,07	1,10	2,12	En	4,5	3,0	3,2	6,0
CaO	1,78	2,94	2,72	2,53	Hy	0,3	2,9	0,3	0,5
Na_2O	3,49	3,38	3,05	3,42	Hm	2,8	1,2	2,3	2,2
K_2O	4,01	4,15	4,46	3,88	Ru	0,3	0,3	0,3	0,3
TiO_2	0,36	0,42	0,48	0,39	Cp	0,4	0,4	0,4	0,4
P_2O_5	0,17	0,18	0,18	0,20					
P.C.	1,58	2,63	3,47	2,20					
	99,12	100,28	100,11	100,10					

	parametri di Niggli					parametri di Rittmann			
si	295,2	290,1	306,3	283,9	SiO_2	66,45	66,14	66,40	66,43
al	40,7	40,9	40,6	39,0	Al	14,00	14,27	13,45	13,95
fm	24,4	19,3	19,2	24,6	Alk	9,25	9,22	9,04	9,01
c	8,5	13,8	13,4	11,6	CaO	1,78	2,94	2,72	2,53
alk	26,4	26,0	26,8	24,8	FM	7,29	5,77	5,47	7,63
k	0,43	0,45	0,49	0,43	k	0,43	0,45	0,49	0,43
mg	0,43	0,36	0,39	0,55	an	0,14	0,21	0,20	0,19
ti	1,2	1,4	1,7	1,3	ca"	—1,07	—0,09	+0,07	—0,43
p	0,3	0,3	0,4	0,4	σ	2,40	2,45	2,41	2,27

Provenienza dei campioni e loro ubicazione in coordinate chilometriche riferite al reticolato italiano:

AA146 - ignimbrite Q_4 - F° 10 I NE E = 1681420 N = 5165720

AA137 - ignimbrite Q_3 - F° 10 I NE E = 1682350 N = 5161720

AA323 - ignimbrite Q_1 - F° 10 I NE E = 1685050 N = 5163000

AA211 - ignimbrite Q_1 - F° 10 I SE E = 1683450 N = 5159600

Formazione sedimentaria T_4

Sovrapposta alle ignimbriti del *Gruppo intermedio* si rinviene una formazione sedimentaria costituita da conglomerati, arenarie più o meno grossolane, siltiti ed argilliti. Tale formazione è generalmente sovrapposta alla formazione Q_1; quando questa manca come nel settore meridionale, è direttamente sovrapposta alla formazione Q_3.

La formazione T_4 si presenta molto eterogenea sia in senso verticale che orizzontale cosicché nei diversi affioramenti non vi è sempre corrispondenza fra le successioni litologiche.

Estremamente variabile è la sua potenza anche su brevi distanze. Le potenze più rilevanti si riscontrano generalmente sul versante destro della Val Sarentina con massimi intorno ai 300 metri (ad W del Monte Salve) e con valori più frequenti intorno ai 150 m. Su tale versante questa formazione costituisce un livello continuo a partire dagli affioramenti più settentrionali del Monte Salve sino a quelli situati in prossimità di Bolzano. Sul versante sinistro della Val Sarentina invece gli affioramenti di questa formazione sono più discontinui e di più modesto spessore.

Nelle zone di Selva di Signato, Auna di Sopra e Grosse Reisch-Terlano la formazione T_4 è assente.

Le facies più grossolane di questa formazione, che sono le più diffuse, sono costituite da ciottoli per lo più con spiccato grado di arrotondamento, di dimensioni medie dell'ordine del decimetro, immersi in una matrice arenacea; localmente sono presenti delle intercalazioni con elementi che possono raggiungere un diametro di circa due metri. I rapporti quantitativi fra ciottoli e matrice arenacea sono estremamente variabili come variabili sono i caratteri tessiturali avendosi livelli da caotici a grossolanamente stratificati, localmente anche con motivi di stratificazione incrociata. Il colore dominante è rossastro. I ciottoli sono costituiti in gran prevalenza da litotipi ignimbritici di tipo riodacitico in tutto simili a quelli delle sottostanti formazioni e particolarmente a quelli della formazione Q_1. Alcuni ciottoli inoltre risultano costituiti da lave riodacitiche mentre subordinati sono gli elementi derivanti dal basamento scistoso-cristallino.

La matrice dei conglomerati ha composizione sostanzialmente analoga a quella delle arenarie. Queste sono costituite da abbondanti frammenti detritici di quarzo, plagioclasi e in quantità subordi-

nate da biotite e sanidino, nonché da frequenti frammenti di rocce delle formazioni vulcaniche sottostanti e talora, in quantità assai ridotte, da frammenti di rocce del basamento metamorfico, il tutto cementato da un aggregato quarzoso-sericitico.

Le facies più fini della formazione T_4 sono quantitativamente subordinate alle facies grossolane e sono localizzate generalmente nei livelli inferiori della formazione (per esempio ad Ovest del Monte Salve) ove costituiscono alternanze ben stratificate, con strati di spessore variabile, di siltiti, argilliti e arenarie minute. La colorazione di queste rocce va dal grigio-verdastro al marrone.

L'insieme dei caratteri tessiturali e giaciturali indicano per le facies più grossolane un ambiente di deposizione continentale di tipo fluvio-torrentizio e per le facies più fini un ambiente probabilmente di tipo lacustre. La presenza sporadica di blocchi più o meno arrotondati di grandi dimensioni potrebbe spiegarsi ammettendo che il materiale rimosso e rielaborato in ambiente fluvio-torrentizio derivasse in parte dallo smembramento di antichi lahar.

La notevole potenza della formazione T_4 e la sua prevalente grossolanità indicano un fenomeno erosivo assai pronunciato e prolungato nel tempo e quindi una lunga stasi dell'attività vulcanica dopo la messa in posto delle vulcaniti del *Gruppo* intermedio.

Gruppo superiore

Successione e caratteri macroscopici

L'ultimo ciclo dell'attività vulcanica ha portato alla messa in posto di una successione di vulcaniti di tipo riolitico. Di queste vulcaniti, che originariamente si estendevano su tutto il territorio in esame, sono attualmente presenti vari affioramenti nel settore meridionale e ad Ovest della Val Sarentina, mentre ad Est di quest'ultima, in seguito all'erosione, ne rimangono solo dei lembi più o meno estesi.

Lo spessore di questo *Gruppo* si aggira in genere intorno ai 250 metri; notevoli scostamenti da questo valore medio si rilevano nel settore Nord-occidentale con spessori di appena 50 metri e nel settore meridionale, nella zona compresa fra Terlano e Signato, con spessori di circa 1000 metri.

Procedendo dal basso verso l'alto sono distinguibili tre forma-

zioni corrispondenti ad altrettanti momenti fondamentali dell'attività vulcanica: *formazione* R_3, *formazione* R_2 e *formazione* R_1, fra loro localmente separate da livelli sedimentari. La simboleggiatura R_1, R_2, R_3 è quella già adottata per la Val Gardena da M. MITTEMPERGHER ed è stata da noi recepita attribuendola a formazioni e non a singole unità di raffreddamento per motivi del tutto analoghi a quelli espressi a proposito del *Gruppo intermedio*.

La *formazione* R_3 affiora nelle zone meridionali in corrispondenza dei versanti Nord della Val d'Adige e della Val d'Isarco, ove può raggiungere spessori intorno ai 450 m. Essa si interrompe bruscamente verso Ovest e verso Est in corrispondenza di Terlano e di Signato ove è lateralmente giustapposta secondo contatti subverticali con la formazione Q_3. Anche verso Nord, lungo l'incisione della Val Sarentina, si rileva una rapida riduzione del suo spessore.

La formazione R_3 si presenta alquanto eterogenea essendo comprensiva sia di facies laviche che ignimbritiche, nonché di locali intercalazioni sedimentarie.

Le lave costituiscono estesi affioramenti situati sulle pendici meridionali del rilievo di Montalto e a Nord-Est di Bolzano (Il Dosso); in quest'ultima località le lave costituiscono la parte basale della formazione in esame. Il loro colore è generalmente rosato-biancastro, la struttura chiaramente porfirica con fenocristalli di quarzo e feldispati delle dimensioni di 1-6 mm.

Le facies ignimbritiche, costituenti almeno due unità di raffreddamento, sono prevalenti rispetto alle lave e sono caratterizzate da una elevata compattezza, da frequenti fessurazioni e da colori prevalentemente grigio-rosati localmente rossastri. Nella compagine di queste rocce sono osservabili numerosissimi cristalli di quarzo e feldspati a contorni prevalentemente scheggiosi delle dimensioni di 1-4 mm immersi in una massa di fondo afanitica.

Sulle basse pendici del M. Tondo, a Nord-Est di Bolzano, sovrastante alle lave e sottostante alle tipiche facies ignimbritiche sopra descritte, si trova un potente livello (20-150 m) macroscopicamente caratterizzato dalla presenza di numerosi ciottoli rossastri vulcanici immersi in una matrice di colore rosato o biancastra, non molto dissimile dalle normali facies ignimbritiche di questa formazione. Nelle parti sommitali di tale livello possono trovarsi delle sottili intercalazioni siltitico-argillitiche di colore grigio-nerastro. Anche nella zona di Terlano, in questo caso però sopra le ignimbriti in facies normale di questa formazione, compare un livello caratte-

rizzato dalla presenza di elementi rotondeggianti di varie dimensioni. Trattasi probabilmente di depositi di tipo lahar.

Lungo la Val d'Adige, sul versante sinistro all'altezza di Terlano, intercalato fra le facies a ciottoli della formazione R_3 e la sovrastante formazione R_2 affiora un livello costituito prevalentemente da arenarie vulcaniche associate a sottili livelli marnosi con elementi carboniosi.

La formazione R_2 affiora diffusamente nel settore Sud-occidentale ed è inoltre presente nella zona di Selva di Signato. Ha spessori molto variabili da zona a zona con valori massimi intorno ai 250 metri.

In questa formazione prevalgono le facies laviche e solo localmente e di regola nelle parti sommitali della formazione, compaiono facies a carattere ignimbritico.

Le facies laviche si presentano come rocce massicce, di colore generalmente violaceo, ad evidente struttura porfirica, con fenocristalli di quarzo e feldspati, questi ultimi tendenzialmente euedrali di dimensioni massime di 5-8 mm.

Le facies ignimbritiche costituiscono rocce a tessitura compatta che si differenziano dalle lave non solo per il carattere frammentario dei numerosi «fenocristalli», ma anche per le minori dimensioni di questi ultimi.

La *formazione* R_1 comprende le ultime manifestazioni vulcaniche a carattere riolitico ed originariamente ricopriva le sottostanti vulcaniti in tutto il territorio in esame.

Nel settore centrale e in quello settentrionale la formazione in oggetto è sovrapposta o alla formazione riodacitica Q_1 o alla formazione sedimentaria T_4; nel settore meridionale invece è generalmente sovrapposta alle vulcaniti laviche o ignimbritiche delle formazioni R_2 o R_3 oppure, localmente, a livelli sedimentari prevalentemente lacustri. Questa formazione è costituita essenzialmente da facies ignimbritiche a grande diffusione areale e con spessori massimi di circa 250 m. Si tratta di una unità di raffreddamento composta nella quale si possono distinguere alcune facies di ignimbriti fra loro diverse per colore e per alcuni caratteri composizionali, anche se i fondamentali caratteri tessiturali e strutturali sono sostanzialmente simili, trattandosi in ogni caso di ignimbriti ad elevato contenuto di fenocristalli e fenoclasti (30-50% della compagine) rappresentati in prevalenza da quarzo e feldspati.

Una prima facies, che è la più diffusa e che affiora in gran parte

del territorio in esame, è essenzialmente caratterizzata da un colore rosso-mattone, da una elevata compattezza, da pronunciate fessurazioni prismatiche e da abbondanti fenoclasti delle dimensioni di 1-4 mm.

Nelle zone meridionali (per esempio a Selva di Signato) si distinguono altri tipi di ignimbriti caratterizzate, nei livelli superiori, da un colore violaceo e da abbondanti fenoclasti e, nei livelli inferiori, da un colore grigio o rossastro con minore abbondanza di fenoclasti di dimensioni relativamente modeste (dimensioni massime intorno ai 2,5 mm).

I livelli basali di questa formazione sono localmente costituiti da facies ignimbritiche vitrofiriche dello spessore di pochi metri e di limitata estensione areale (Cologna di Sopra, Il Colle, Maso delle Betulle, M. Sommo). Tali particolari facies ignimbritiche sono caratterizzate da una notevole compattezza e da un colore generalmente nerastro chiaramente dovuto alla natura vetrosa della massa di fondo, oppure in alcuni casi rossastro con fiamme e plaghe nere.

Sui due versanti della bassa Val Sarentina e sul versante sinistro della Val d'Adige, alla base della formazione R_1 e sovrastante alla formazione R_2 o alla formazione T_4, affiora in molte località un livello sedimentario il cui spessore può anche superare i 50 m. Tale livello è costituito in prevalenza da arenarie vulcaniche con intercalazioni di siltiti ed argilliti carboniose e da marne e calcari marnosi. Nella zona di Soprabolzano (Nop) sono stati rinvenuti in questo livello lacustre dei fossili vegetali ed abbondanti resti di lamellibranchi [G. P. GIANNOTTI, 1962].

Composizione mineralogica e caratteri strutturali

Le vulcaniti di questo *Gruppo* hanno caratteri composizionali tipici di rocce riolitiche: i minerali primari sono infatti sempre rappresentati prevalentemente da feldspati (plagioclasio e sanidino) e da quarzo ai quali è associata in quantità nettamente subordinata la biotite, oltre ai normali minerali accessori quali apatite e zircone. Fra loro queste vulcaniti si differenziano per i caratteri strutturali o per modeste differenze composizionali oltreché per alcuni caratteri connessi con le paragenesi secondarie.

Per quanto riguarda i caratteri strutturali si rileva che le lave della formazione R_3 e della formazione R_2 sono sostanzialmente simili, essendo entrambe caratterizzate da una struttura marcatamen-

te porfirica con fenocristalli tendenzialmente euedrali immersi in una massa di fondo quarzoso-feldspatica che costituisce circa il 60% della compagine.

Le facies ignimbritiche differiscono da quelle laviche sostanzialmente per l'intensa clastesi dei minerali primari e per la presenza di motivi pseudofluidali nella massa di fondo.

I principali caratteri composizionali primari e secondari risultano essere i seguenti. La composizione mineralogica delle facies laviche ed ignimbritiche di questo *Gruppo,* come si è già in precedenza accennato, è molto simile nelle diverse formazioni: mediamente circa il 20-30% della compagine risulta costituito da plagioclasi (oligoclasio) e da sanidino, il 15-20% da quarzo e in percentuali inferiori al 2% da biotite. I rapporti fra sanidino e plagioclasio sono piuttosto variabili e in genere il primo è prevalente sul secondo.

Anche nelle vulcaniti di questo *Gruppo* i minerali primari risultano in genere profondamente trasformati secondo gli schemi usuali. Il plagioclasio primario è infatti quasi sempre albitizzato e il sanidino è spesso parzialmente argillificato o interessato da una diffusa pigmentazione di ossidi di ferro o da plaghe di calcite e grumi ferriferi. La massa di fondo è di regola ricristallizzata in aggregati quarzoso-feldspatici cripto o microcristallini e in plaghe a struttura sferulitica o tendenzialmente granofirica. Lo sviluppo di tali trasformazioni è molto variabile anche per campioni di una stessa facies ed a questo insieme di fenomeni secondari si deve spesso la apparente diversità di rocce strettamente associate all'affioramento.

Le lave della formazione R_2 e alcune facies ignimbritiche della formazione R_1 presentano caratteri strutturali e composizionali in parte diversi da quelli ora esposti.

Infatti nelle lave della formazione R_2 i fenocristalli plagioclasici hanno spesso forme che denunciano un pronunciatissimo «riassorbimento magmatico» e in alcune facies (Selva di Signato) il sanidino è presente in quantità anche inferiori al 2%, il plagioclasio primario è andesinico (35% An) e la biotite può raggiungere percentuali dell8%. Nella facies ignimbritica di colore violaceo che costituisce nel settore meridionale i livelli sommitali della formazione R_1 la biotite è abbastanza abbondante (2-5%) e compaiono rare pseudomorfosi antigoritiche su probabili originari pirosseni.

Nelle facies ignimbritiche vitrofiriche della formazione R_1 i

minerali primari non risultano alterati e la massa di fondo è quasi sempre totalmente vetrosa con strutture primarie pseudofluidali particolarmente evidenti. Caratteristica è inoltre la presenza in queste facies di numerosi piccoli inclusi costituiti da frammenti di rocce vulcaniche nei quali si rileva costantemente una totale devetrificazione della massa di fondo.

Composizione chimica

Sono state eseguite 9 analisi chimiche su campioni di lave e di ignimbriti di questo *Gruppo*, analisi che vengono riportate in Tab. 3.

Delle analisi riportate per la formazione R_3 due si riferiscono ad ignimbriti ed una (AA 277) ad una lava. Tra i campioni analizzati non si rilevano sostanziali differenze di composizione chimica.

Per la formazione R_2 vengono riportate le analisi di due campioni di lave. I caratteri chimici di questi due campioni appaiono notevolmente diversi ed in particolare mentre il campione AA 125 mostra un chimismo sostanzialmente analogo a quello di altre rioliti di questo *Gruppo*, il campione AA 321 (Selva di Signato) è tendenzialmente più basico in accordo con la sua particolare composizione mineralogica.

Le ultime quattro analisi si riferiscono ad ignimbriti della formazione R_1. Si rilevano modeste variazioni nei tenori in SiO_2 e CaO, mentre marcato appare l'aumento del K_2O rispetto al Na_2O passando dal campione AA 115 al campione AA 393 e AA 198, fenomeno questo ben evidenziato dal parametro « k » di Niggli che da 0,44 passa a 0,54 e 0,70. La facies vitrofirica (camp. AA 96) con un « k » 0,33 è il tipo più sodico delle rioliti analizzate rispetto alle quali mostra anche un più basso tenore di SiO_2.

Complessivamente tutte le analisi chimiche riportate in tab. 3 indicano un chimismo di tipo riolitico.

Secondo i parametri di A. RITTMANN i campioni analizzati vengono classificati come rioliti alcaline eccezion fatta per i campioni AA 321 e AA 198 che vengono definiti rioliti e del campione AA 96 che viene definito riolite sodica.

Per quanto riguarda il loro inquadramento nella classificazione di A. L. STRECKEISEN si rimanda a quanto esposto nel capitolo «Considerazioni sul chimismo e problemi classificativi».

Duomi lavici di posizione incerta

Inseriti nella successione di vulcaniti sopra descritte, si trovano affioramenti di rocce massicce mostranti spesso caratteri intrusivi entro le vulcaniti stesse. L'estensione areale varia da poche decine di mq ad oltre 1 Kmq. Si ritiene probabile che questi corpi rappresentino le parti basali o i camini di alimentazione di duomi lavici più o meno profondamente erosi.

I principali affioramenti si trovano entro la formazione riodacitica Q_3 e sono localizzati a Nord di Terlano, lungo il fondovalle della bassa Val Sarentina, a Nord di Soprabolzano e a Sud-Ovest di Auna di Sotto.

Queste rocce hanno colore grigio-verdastro e mostrano evidenti grossi cristalli euedrali (0,5-4 cm) di feldspato potassico e più piccoli fenocristalli di quarzo e plagioclasio. La massa di fondo risulta in sezione sottile microgranulare ed i fenocristalli sono costituiti da plagioclasio, quarzo e biotite; i grossi fenocristalli di feldspato potassico sono costituiti da sanidino. I processi di trasformazione hanno profondamente interessato i feldspati e la biotite portando alla formazione dei minerali secondari più volte citati. Data la particolare natura di queste facies non è possibile per il momento precisare le relazioni tra queste e le formazioni del Gruppo intermedio al quale, sulla base dei primi dati chimico-petrografici, anche esse appartengono.

Formazioni permo-triassiche

Il Complesso effusivo nelle zone di spartiacque della Val Sarentina è parzialmente ricoperto dalle formazioni delle «*Arenarie di Val Gardena*» e del «*Werfeniano*». Queste formazioni affiorano estesamente sull'altopiano di Meltina nel settore occidentale, mentre in quello orientale, sull'altopiano di Renon, gli affioramenti sono meno estesi e limitati alla formazione delle «*Arenarie di Val Gardena*».

Depositi quaternari

I depositi quaternari sono rappresentati da estese coltri moreniche di spessore in genere rilevante che danno luogo talora alle caratteristiche forme di erosione (piramidi di terra a S di Sopra-

bolzano), da depositi alluvionali di fondovalle e da detriti di falda particolarmente estesi al piede delle pendici a forte pendenza costituite da rocce notevolmente fessurate quali sono le rocce ignimbritiche.

TETTONICA

Il territorio studiato appartiene alle *Alpi meridionali* e costituisce una parte di una vasta zona compresa fra la regione dolomitica e il *Limite alpino-austroalpino.*

Sul territorio mancano studi tettonico-strutturali di dettaglio e si hanno solo indicazioni di alcune linee di dislocazione [F° 10 «Bolzano»] o riferimenti più generali all'assetto strutturale in relazione alle principali strutture rilevate nella confinante regione dolomitica [P. LEONARDI, 1967].

Questa lacuna è evidentemente dovuta al fatto che nella zona in esame è relativamente poco estesa e potente la copertura sedimentaria permotriassica nella quale è facile, sulla base delle ormai classiche suddivisioni litostratigrafiche, riconoscere l'assetto strutturale e identificare le diverse dislocazioni eventualmente presenti.

Nel Complesso effusivo il riconoscimento dell'assetto strutturale e l'individuazione delle dislocazioni sono strettamente subordinati alla analisi di dettaglio della successione dei prodotti vulcanici. Per il territorio in esame dunque, che è sostanzialmente costituito dalla potente successione di vulcaniti tardopaleozoiche, tale analisi costituiva un presupposto indispensabile per un suo inquadramento tettonico.

In questa sede non è possibile esporre in modo compiuto un quadro delle deformazioni che hanno interessato l'area in esame, sia per il fatto che le ricerche non sono ancora complete, sia per il fatto che l'area stessa costituisce solo una parte dell'intero settore settentrionale del Complesso effusivo atesino.

Vengono pertanto di seguito brevemente delineati solo olcuni fondamentali motivi emersi dalla prima fase delle ricerche.

Il Complesso effusivo tardopaleozoico nella Val Sarentina costituisce un piastrone dello spessore variabile da circa 600 m ad oltre 1000 m, nell'insieme debolmente inclinato verso S (medialmente intorno ai 5°) e chiaramente discordante rispetto alla giacitura delle sottostanti metamorfiti.

Questo Complesso ha risposto alle sollecitazioni tettoniche dell'orogenesi alpina secondo deformazioni di stile rigido e cioè suddividendosi, mediante faglie subverticali, in zolle variamente rigettate le une rispetto alle altre con giaciture lievemente diverse tra loro.

Dall'esame dello Schema tettonico di Fig. 1 si può rilevare la presenza di alcuni sistemi di dislocazioni.

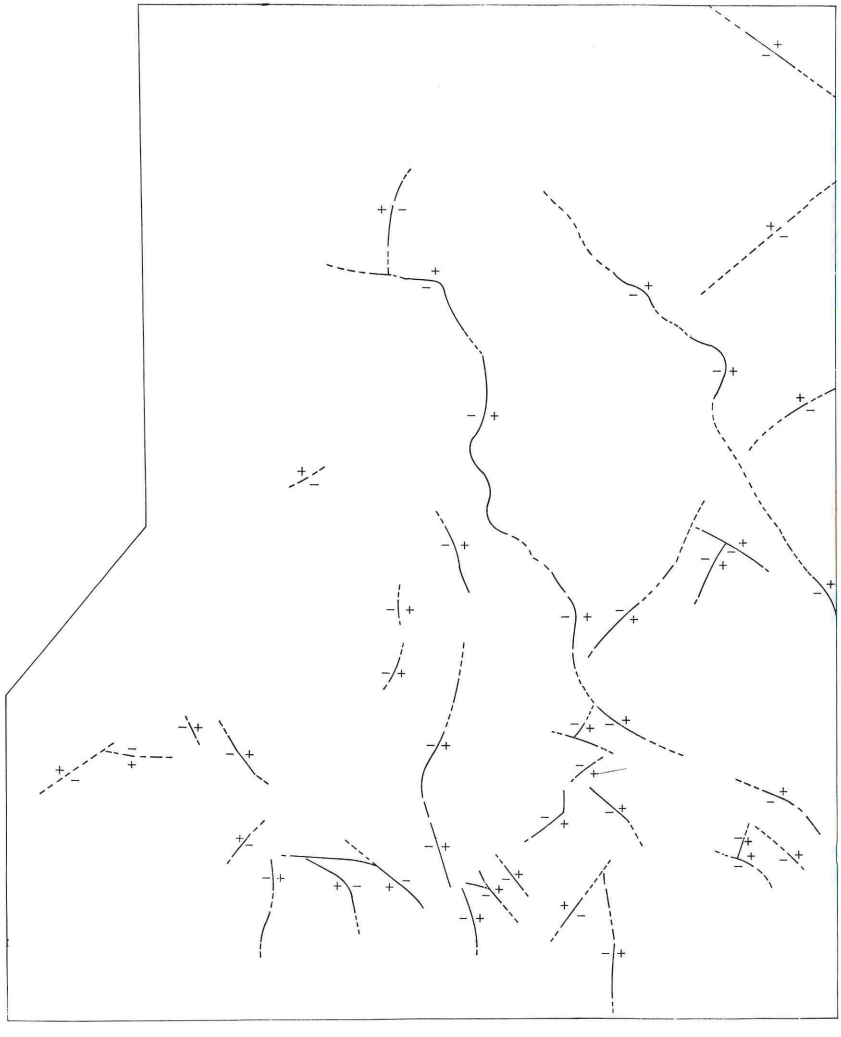


Fig. 1 Schema delle dislocazioni rilevate nell'area della Val Sarentina. Il segno — indica per le varie strutture il labbro abbassato.

Il primo e più importante sistema di dislocazioni è costituito da faglie subverticali aventi direzione prevalente NW-SE, talora N-S, nelle quali il labbro abbassato è generalmente quello situato a SW.

Procedendo da NE verso SW si incontrano le seguenti dislocazioni: Linea del Lago Nero, il cui rigetto è valutabile intorno ai 350 m; Linea del Colle della Madonnina con rigetti intorno ai 300 m; Linea del Monte Salve con rigetto intorno ai 300 m; alcune faglie della zona di Costalovara e della zona di Soprabolzano e Monte Tondo, caratterizzate da rigetti più modesti (50-100 m). A questo sistema appartengono anche alcune faglie situate a SW di S. Genesio i cui rigetti si aggirano intorno ai 100-150 m e nelle quali il labbro abbassato è invece quello situato a NE.

Un altro sistema di dislocazioni è costituito da faglie ancora subverticali con direzione tendenzialmente SW-NE: trattasi di faglie i cui rigetti verticali non sono quasi mai rilevanti, contrassegnati in alcuni casi da abbassamento del labbro settentrionale in altri da abbassamento di quello meridionale.

Le varie zolle nelle quali risulta così suddiviso il Complesso effusivo possono presentare giaciture lievemente diverse fra loro. Nel settore Nord-occidentale la direzione di immersione delle bancate ignimbritiche è verso S o SW con inclinazione intorno ai 15°; nel settore Nord-orientale l'immersione è verso S o verso SE con valori intorno ai 15°; nel settore Sud-orientale la direzione di immersione è spesso verso NW e nel settore Sud-occidentale si hanno frequenti giaciture con immersione verso N o NW sempre con inclinazioni modeste generalmente inferiori ai 10°. Negli altri settori l'immersione più frequente è verso S o SW con inclinazioni intorno ai 3°-7°.

Va rilevato a questo proposito che la giacitura di alcuni livelli della successione affiorante nella zona del Monte Tondo non è probabilmente da mettere in relazione con la tettogenesi alpina bensì con depressioni morfologiche esistenti al momento della messa in posto delle varie vulcaniti del *Gruppo superiore*. Infatti in tutto il settore meridionale si osservano e un assetto strutturale e variazioni di potenza delle diverse formazioni del *Gruppo superiore* che portano ad ipotizzare la presenza di vaste aree morfologicamente depresse, esistenti prima della messa in posto delle formazioni costituenti tale *Gruppo*, che avrebbero fortemente condizionato in tale settore la successiva messa in posto della formazione R_3.

Prove a favore dell'esistenza di una morfologia fortemente accidentata nel settore meridionale preesistente alla messa in posto

delle vulcaniti del *Gruppo superiore* emergono da un esame più generale dell'assetto strutturale in tale settore ed in particolare dei contatti subverticali di Signato, di Terlano e di S. Giacomo (a SE di S. Genesio).

In corrispondenza dei primi due contatti, che portano alla giustapposizione orizzontale delle formazioni R_3 e Q_3, si rilevano ipotetici rigetti verticali di almeno 600 metri, rigetti che non sono peraltro riscontrabili nelle sovrastanti formazioni vulcaniche (per esempio nella formazione R_1) e neppure nella copertura sedimentaria permotriassica. Queste due linee sembrano fortemente correlate con gli areali di affioramento e con lo spessore delle formazioni R_2 e R_3.

Infatti si osserva che la formazione R_3 affiora solo nell'area compresa tra queste due linee di contatto verticale con la formazione Q_3, avendo peraltro alla base la stessa formazione Q_3. Si osserva inoltre che la formazione R_2 realizza la sua massima potenza in tale area, pur affiorando anche al di fuori di essa.

La formazione R_1 infine si estende in tutto il settore meridionale con spessori pressoché costanti e non denota apprezzabili spostamenti verticali in corrispondenza dei due contatti suddetti.

Sulla base di questi elementi si deve pertanto ritenere che prima della messa in posto della formazione R_3 esistesse nell'area compresa fra Signato e Terlano una profonda depressione morfologica che successivamente è stata in parte colmata dalla deposizione delle vulcaniti della suddetta formazione. In seguito la formazione R_2 avrebbe interamente colmato la depressione espandendosi poi su un'area più vasta determinando una morfologia sostanzialmente pianeggiante sulla quale si sono depositati i prodotti costituenti la formazione R_1.

La genesi della suddetta depressione morfologica può essere attribuita a due eventi: un primo che prospetta una origine erosiva, un secondo che prospetta una origine vulcanotettonica.

Durante la descrizione della successione vulcanica si è accennato alla presenza di una potente formazione sedimentaria (formazione T_4) compresa fra il *Gruppo intermedio* e il *Gruppo superiore*. Tale formazione si sarebbe formata per l'accumulo, durante un lungo periodo di stasi dell'attività vulcanica, dei prodotti della degradazione delle sottostanti ignimbriti riodacitiche lungo una profonda ed ampia valle che solcava il «plateau» lavico-ignimbritico con asse subparallelo a quello della Val Sarentina, come testimonia la

estensione e la potenza della formazione T_4 (v. Tav. I). Viceversa l'area di Selva di Signato - S. Giorgio ed il margine occidentale del territorio rilevato, data l'assenza della formazione T_4, dovevano costituire un alto morfologico.

La possibilità di una origine esclusivamente erosiva non trova però piena rispondenza nella distribuzione areale della formazione T_4. Si può rilevare infatti che solo in corrispondenza di Bolzano i depositi di questa formazione raggiungono spessori molto rilevanti, mentre verso Ovest il loro spessore gradualmente diminuisce sino ad annullarsi molto prima di raggiungere il margine dell'originaria ipotetica depressione valliva, proprio là dove la formazione R_3 raggiunge i suoi massimi spessori. Inoltre, in corrispondenza dei due contatti in questione si dovrebbe ammettere, accettando la prima ipotesi, che l'incisione valliva fosse incisa nella formazione Q_3 per oltre 600 metri e cioè per una profondità superiore, o quanto meno dello stesso ordine, allo spessore della stessa formazione Q_3 la quale peraltro affiora estesamente alla base della formazione R_3 nella zona compresa fra i due contatti di Terlano e di Signato.

Sulla base di quanto sopra si può formulare l'ipotesi che il particolare assetto strutturale del settore meridionale sia anche legato a fenomeni di sprofondamento vulcanotettonico forse di tipo calderico. Tale sprofondamento vulcanotettonico si sarebbe verificato prima dell'inizio del ciclo di effusioni del *Gruppo superiore* e quindi prima della messa in posto della formazione R_3, e dopo un prolungato periodo di stasi dell'attività vulcanica nel quale si erano potuti accumulare i depositi clastici della formazione T_4. Gli elementi attualmente a disposizione non sembrano sufficienti per valutare quantitativamente quale è stato il ruolo dei due eventi, quello erosivo e quello vulcanotettonico, nel determinare la depressione morfologica «Terlano-Signato» sopra illustrata. Le difficoltà di una valutazione quantitativa appaiono d'altra parte logiche se si tiene conto che l'evento vulcanotettonico ha interessato un'area nella quale erano in atto intensi fenomeni erosivi con i quali ha agito in maniera sostanzialmente concomitante nel determinare depressioni morfologiche.

Anche la Linea di S. Giacomo, che mette a contatto secondo un piano subverticale la formazione Q_3 con le formazioni T_4-R_3-R_2, presenta alcune caratteristiche che la fanno apparire per molti aspetti correlabile con le due linee di contatto Terlano-Signato.

A completamento del quadro tettonico ora illustrato, va infine sottolineato come i duomi lavici risultino allineati secondo una di-

rettrice orientata E-W. Tale allineamento è presumibilmente da mettere in relazione con una linea di frattura vulcanotettonica precedente alla messa in posto delle vulcaniti riolitiche.

CONSIDERAZIONI SUL CHIMISMO E SUI PROBLEMI CLASSIFICATIVI

La analisi da noi eseguite su campioni di lave ed ignimbriti della Val Sarentina denotano notevoli analogie con quelle eseguite su vulcaniti affioranti in altre aree e vulcanologicamente correlabili con quelle oggetto del presente lavoro.

Ciò risulta ben evidente anche dai diagrammi di fig. 2 e fig. 3 nei quali sono riportati, oltre ai punti rappresentativi delle nostre analisi di rocce di *Gruppo intermedio* e *superiore,* i campi corrispondenti alle analisi riportate da M. MITTEMPERGHER [1962] e C. GHEZZO [1967]. Non si sono riportate le altre analisi chimiche esistenti

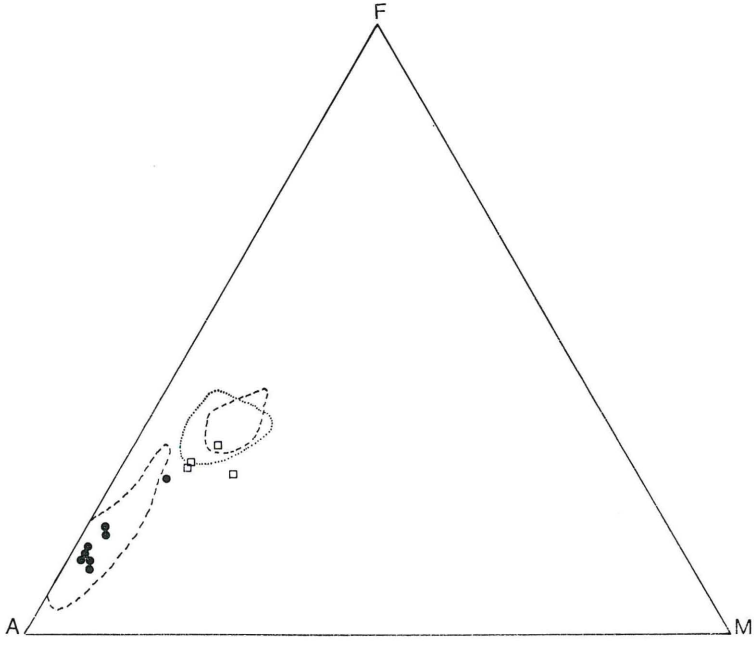


Fig. 2 - Diagramma A.F.M. I campi corrispondenti alle analisi di M. MITTEMPERGHER [1962] per le ignimbriti riolitiche e quarzolatitiche della Val Gardena (linea a tratteggio) e di C. GHEZZO [1967] per le ignimbriti riodacitiche della Val Travignolo (linea a puntini) sono riportati per confronto.
● Ignimbriti e lave riolitiche del Gruppo superiore
■ Ignimbriti del Gruppo intermedio

letteratura su campioni di vulcaniti del Complesso effusivo atesino poiché non è sempre possibile una correlazione vulcanologica con quelli da noi studiati in quanto mancano indicazioni sulla loro precisa collocazione nella successione vulcanica.

Non è stato effettuato il confronto per le vulcaniti del *Gruppo inferiore* in quanto i campioni da noi analizzati non possono certo considerarsi pienamente rappresentativi del chimismo di questo *Gruppo*: in particolare i due campioni di lave analizzati si riferiscono entrambi a tipi abbastanza diffusi ma non certo esclusivi della Val Sarentina nella quale sono ben rappresentate anche lave più plagioclasiche e femiche.

Dall'esame delle analisi da noi eseguite, pur nei limiti imposti dal loro basso numero, sembra di poter rilevare, sin da questa prima fase delle nostre ricerche, una brusca variazione composizionale fra il *Gruppo intermedio* ed il *Gruppo superiore*, mentre meno marcate sono le differenze tra il *Gruppo inferiore* ed il *Gruppo intermedio*. Ciò del resto appare anche dal semplice confronto fra i tenori di SiO_2, K_2O, CaO, Fe totale e MgO.

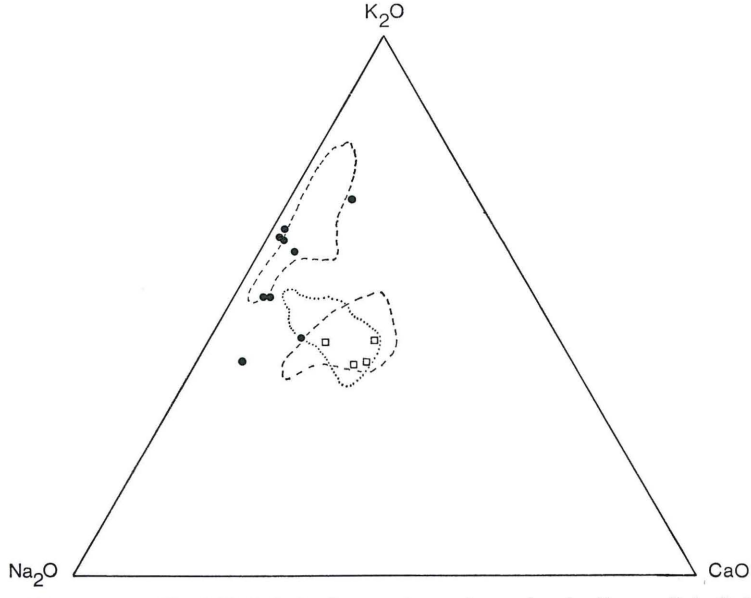


Fig. 3 - Diagramma Na_2O-K_2O-CaO. I campi corrispondenti alle analisi di M. MITTEMPERGHER [1962] con esclusione dei vitrofiri (linea a tratteggio) e di C. GHEZZO [1967] (linea a puntini) sono riportati per confronto.
● Ignimbriti e lave riolitiche del Gruppo superiore
■ Ignimbriti del Gruppo intermedio

Dall'osservazione delle analisi chimiche di rocce del Complesso effusivo atesino e con particolare riferimento a quelle per le quali esiste la possibilità di una loro individuazione stratigrafica su basi vulcanologiche con i *Gruppi* da noi distinti (M. MITTEMPERGHER [1958, 1962]; C. GHEZZO [1967]; C. ANDREATTA [1963]) è possibile rilevare come il tenore di SiO_2 sia fortemente correlato con il Gruppo vulcanico di appartenenza. In particolare risulta che per le vulcaniti del *Gruppo inferiore* si hanno tenori di SiO_2 compresi tra 54% e 65%, per quelle del *Gruppo intermedio* tenori tra 64% e 68%, mentre i tenori superiori al 69% sono caratteristici del *Gruppo superiore.*

Allo scopo di evidenziare l'effettiva esistenza di discontinuità composizionali tra i vari Gruppi ci è parso significativo l'istogramma di frequenza di fig. 4, nel quale si riporta la frequenza di tenori in SiO_2 desunta da 161 analisi di vulcaniti della «piattaforma porfirica atesina» (C. ANDREATTA [1959, 1962]; P. LEONARDI e D. ROSSI, [1959]; M. MITTEMPERGHER [1958, 1959, 1960, 1962]; B. GUIDICINI [1962]; C. D'AMICO [1966]; C. GHEZZO [1967 a-b]; C. D'AMICO e G. VENTURELLI [1968]; M. SACERDOTI [1969]).

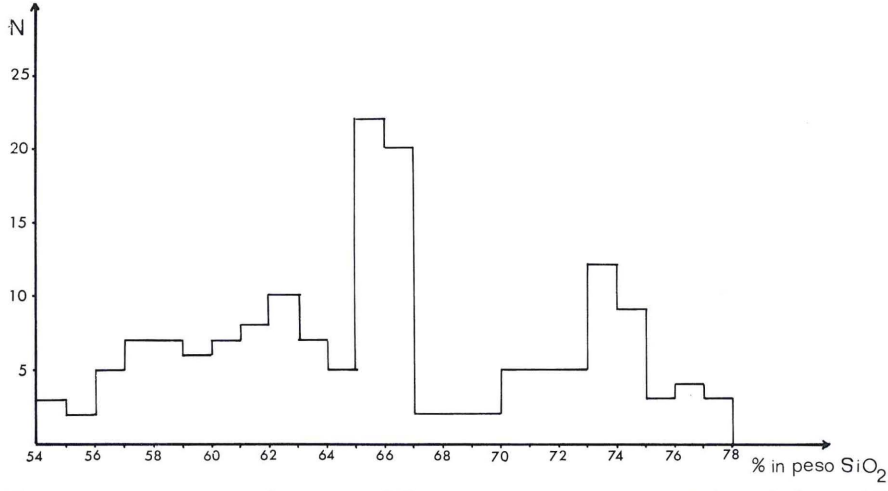


Fig. 4 - Istogramma di frequenza delle percentuali in peso di SiO_2 relative a 161 analisi di vulcaniti del Complesso effusivo atesino.

Dall'istogramma si può rilevare come ad una frequenza eccezionalmente accentrata entro un ristretto intervallo di valori di SiO_2 corrispondente a quello delle rocce del *Gruppo intermedio,* fanno

riscontro una distribuzione «normale» per valori di SiO_2 corrispondenti a quelli del *Gruppo superiore* e una distribuzione leggermente asimmetrica per i tenori caratteristici del *Gruppo inferiore.*

Rileviamo tra l'altro che l'elevato numero di analisi considerate e la loro uniforme distribuzione tra i vari litotipi consente di accordare una sufficiente attendibilità alle indicazioni che emergono dall'osservazione dell'istogramma ed in particolare alla carenza di rocce con valori di SiO_2 compresi nell'intervallo 67-69% e cioè in un intervallo tutt'altro che «proibito» in natura.

L'istogramma mette in rilievo una distribuzione della frequenza sostanzialmente trimodale laddove le tre popolazioni di valori di SiO_2 trovano una notevole coincidenza con le vulcaniti appartenenti ai *Gruppi* in base ai quali si articola la successione stratigrafica. E' evidente come questo fatto non potrà essere trascurato in ogni tentativo volto ad affrontare il problema delle relazioni genetiche tra le vulcaniti appartenenti ai tre *Gruppi* stessi.

Rimane da discutere brevemente delle trasformazioni che hanno interessato quasi tutte le rocce da noi studiate successivamente alla loro messa in posto. E' noto che in varie zone della «Piattaforma porfirica atesina» sono stati descritti litotipi con alcuni caratteri chimici chiaramente acquisiti secondariamente e che alcuni Autori (C. D'Amico [1966]; C. Ghezzo [1967]; C. D'Amico e G. Venturelli [1969]) hanno ritenuto dovuti a fenomeni di tipo deuterico. Queste trasformazioni si evidenziano con un netto aumento del K e parallela diminuzione di Na e Ca nei tipi più trasformati.

I tenori in CaO risultano per molti dei campioni analizzati più bassi di quelli originari. Come si è già accennato infatti nelle due lave del *Gruppo inferiore* i plagioclasi risultano notevolmente trasformati in albite e la calcite è assente (AA 70) o presente in quantità molto modeste (AA 346). Se si tiene conto poi che nelle ignimbriti del *Gruppo intermedio* circa il 25-30% della compagine è costituito da plagioclasi originariamente andesinici (40% An mediamente) ed attualmente in parte trasformati in albite alla quale non sempre si accompagnano nè calcite nè epidoti, appare evidente come, almeno per il campione AA 146, il tenore in CaO sia inferiore a quello originario.

Per quanto riguarda le vulcaniti riolitiche del *Gruppo superiore* si può rilevare che solo nel campione di vitrofiro (AA 96) il conte-

nuto in CaO è presumibilmente quello originario, mentre i campioni AA 276 - AA 277 - AA 393, privi di calcite e i cui plagioclasi (oligoclasio ~ 25% An e attualmente in gran parte trasformati in albite) costituiscono il 5-10% della compagine, risultano impoveriti in CaO. I campioni AA 279 - AA 115 - AA 198, tenuto conto della loro composizione mineralogica, presentano tenori in CaO probabilmente prossimi o lievemente inferiori a quelli originari. Anche il campione AA 321 presenta un lieve impoverimento in CaO: ciò emerge chiaramente qualora si tenga presente che è costituito per circa il 20% della compagine da un plagioclasio andesinico (35% An) parzialmente trasformato in albite che indica da solo un contenuto originario di circa 1,4% in peso di CaO nella roccia, al quale si deve aggiungere la quantità di calcio, sia pur esigua, contenuta nel liquido residuo che ha dato origine alla pasta di fondo. Altrettanto può dirsi per il campione AA 125 il quale risulta costituito per circa il 15% del totale della compagine da un plagioclasio oligoclasico (25% An) profondamente trasformato in albite.

Tutte le rocce analizzate mostrano un più o meno marcato eccesso di allumina, evidenziato dalla presenza di «c» nelle norme pirosseniche; anche se ciò è in parte sicuramente dovuto alla perdita di Ca cui si è or ora accennato, riteniamo comunque che in generale l'eccesso di allumina rappresenta un carattere originario delle vulcaniti della piattaforma porfirica atesina.

Dal diagramma Na_2O-K_2O - CaO si può rilevare come i punti rappresentativi delle analisi di M. MITTEMPERGHER e C. GHEZZO appaiono molto dispersi; anche i punti rappresentativi delle rocce da noi analizzate mostrano un certo grado di dispersione, comunque inferiore a quello dei dati dei suddetti Autori. Tale dispersione è molto probabilmente connessa con processi metasomatici post-effusivi. Va sottolineato a questo proposito che le rioliti da noi analizzate, eccezion fatta per il camp. AA 198, appaiono nettamente meno potassiche di quelle analizzate da M. MITTEMPERGHER. Se si considera poi che nelle vulcaniti da noi analizzate, accanto a valori di K_2O non eccezionalmente elevati, troviamo sempre tenori in Na_2O pressochè normali («k» di Niggli normalmente inferiore a 0,50) si può concludere che queste rocce hanno subito processi metasomatici abbastanza modesti e tali da non alterare notevolmente il «significato» delle analisi chimiche.

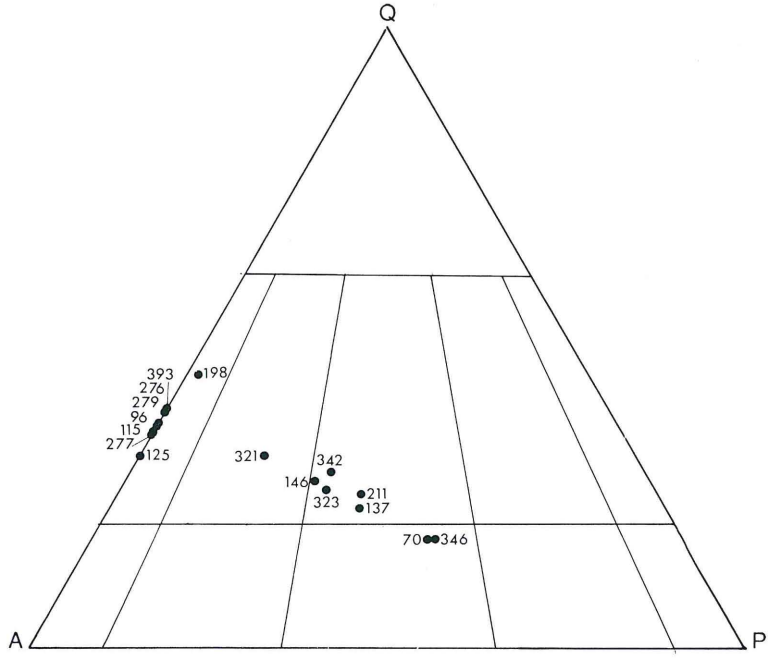
* * *

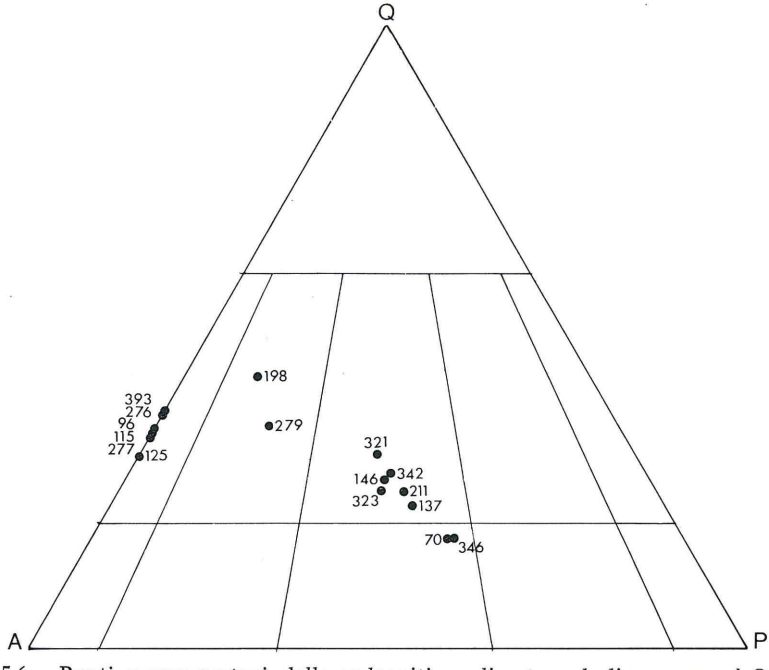
Allo scopo di arrivare, a partire dalle analisi chimiche, ad un inquadramento classificativo secondo A. L. STRECKEISEN [1967] si è ricavato, partendo dalle norme pirosseniche, il tipo e le composizioni molecolari dei feldspati sulla base del nomogramma di A. RITTMANN [1965] costruito per una temperatura di 900°.

Nel diagramma di Fig. 5 sono riportati i punti rappresentativi dei campioni analizzati ottenuti seguendo il suddetto criterio. Dal diagramma si rileva che le due lave del *Gruppo inferiore* cadono nel campo delle latiti; l'ignimbrite del *Gruppo inferiore* e quelle del *Gruppo intermedio* cadono nel campo delle riodaciti; il campione AA 321 del *Gruppo superiore* cade nel campo delle rioliti, mentre tutti gli altri campioni di vulcaniti di questo *Gruppo* cadono nel campo delle rioliti alcaline. Per questi ultimi campioni si rileva una marcata discordanza dei risultati ottenuti con i caratteri petrografici, in quanto si ottiene per tutte queste rocce un solo feldspato (generalmente un sanidino sodico o, per il camp. AA 96, un anortoclasio) in contrasto con le risultanze dell'indagine microscopica che permette di rilevare invece la presenza contemporanea sia di plagioclasio come di sanidino.

Un tale risultato per le rocce del *Gruppo superiore* può probabilmente essere attribuito al fatto che queste vulcaniti hanno subito, come si è già in precedenza accennato, una perdita in CaO più o meno accentuata e tale da determinare nel nomogramma Or-An di A. RITTMANN lo spostamento dei punti rappresentativi della composizione media del feldspato al di fuori del campo di coesistenza di due fasi feldspatiche.

La suddetta discordanza fra i caratteri petrografici e i risultati della ricostruzione normativo-modale eseguita secondo il nomogramma di A. RITTMANN va però probabilmente attribuita anche al fatto che la temperatura di cristallizzazione dei feldsfati delle vulcaniti riolitiche in oggetto potrebbe essere stata inferiore ai 900° previsti dal suddetto Autore per la ricostruzione del tipo e della composizionale molecolare dei feldspati, come del resto l'Autore stesso ammette possibile per alcuni tipi di rocce (v. A. RITTMANN 1965, pag. 5). Ciò sembra confermato dal fatto che anche per l'unica vulcanite meno interessata da processi di trasformazione o alterazione , e cioè per il vitrofiro (AA 96), il calcolo della composizione molecolare dei feldspati secondo il nomogramma di A. RITTMANN porta ad





Figg. 5-6 - Punti rappresentavi delle vulcaniti analizzate nel diagramma A-Q-P secondo A. L. STRECKEISEN [1967], ottenuti:
in Fig. 5 ricavando le composizioni molecolari dei feldspati sulla base del nomogramma di A. RITTMANN [1965] costruito per una temperatura di 900°.
in Fig. 6 ricavando le composizioni molecolari dei feldspati sulla base della coesistenza a 700° sec. T. F. W. BARTH [1969].

ottenere un solo feldspato (anortoclasio), mentre nel modo è presente accanto a sanidino anche un plagioclasio oligoclasico.

Pertanto, sempre partendo dalle norme pirosseniche, si è ritenuto opportuno operare per il calcolo dei feldspati sulla base di un nuovo nomogramma, simile a quello costruito da A. RITTMANN, ma nel quale la lacuna di miscibilità risulta più estesa in quanto si è tenuto conto della coesistenza dei feldspati a 700° secondo T. F. W. BARTH [1969].

Nel diagramma di Fig. 6 sono riportati i punti rappresentativi dei campioni analizzati, ottenuti operando secondo quest'ultimo criterio. Va rilevato che, in accordo con K. H. WEDEPOHL [1969] abbiamo ritenuto indispensabile considerare Feldspato Alcalino anche le miscele di Ab e An con An compreso fra 5 e 10% e non soltanto quelle con An < 5% come suggerito da A. L. STRECKEISEN [1967]. Infatti operando secondo A. L. STREICKEISEN si perviene a risultati inaccettabili in quanto alcune delle vulcaniti del *Gruppo superiore* (i campioni AA 115 - AA 125 - AA 96) cadono nel campo delle riodaciti e ciò in netto contrasto con i loro caratteri chimici tipici di rocce riolitiche (v. Tab. 3).

Nel diagramma di Fig. 6 si può rilevare come i punti rappresentativi dei campioni del *Gruppo inferiore* e del *Gruppo intermedio* subiscono un lieve spostamento verso il lato QP passando dalla prova basata sul primo criterio alla prova basata sul secondo criterio. Per quanto riguarda le vulcaniti del *Gruppo superiore* si rileva che il campione AA 321 si sposta verso il lato QP e cade nel campo delle riodaciti, i campioni AA 198 - AA 279 cadono nel campo delle rioliti e gli altri cadono nel campo delle rioliti alcaline.

I suddetti risultati portano a concludere che anche operando a 700° non si ottengono dei termini classificativi coerenti anche se più adeguati ai dati petrografici di quelli ottenuti operando a 900°. Anche in questo caso tale incoerenza è almeno in parte attribuibile alla parziale perdita in CaO cui si è in precedenza accennato, oltreché alla probabile inadeguatezza della temperatura alla quale si è operato.

In definitiva nessuna delle prove effettuate conduce a dei risultati completamente soddisfacenti. Oltretutto un ultimo ostacolo all'adozione rigida della nomenclatura ottenuta secondo la classificazione di A. L. STRECKEISEN è rappresentato dal fatto che vengono definite rioliti alcaline rocce con più o meno marcato eccesso di allumina (C presente in tutte le norme molecolari). E' necessario sottolineare come quest'ultima considerazione sia trasponibile anche

alle definizioni ottenute secondo A. RITTMANN [1967] e riportate a commento delle Tabb. 1, 2, 3.

Pertanto la classificazione da noi adottata tiene conto delle indicazioni ottenute sec. A. L. STRECKEISEN per le rocce dei *Gruppi intermedio* e *inferiore*, che vengono definite riodaciti o latiti, mentre, per quanto riguarda le vulcaniti del *Gruppo superiore*, in accordo con M. MITTEMPERGHER [1962], riteniamo più coerente definirle genericamente rioliti. D'altra parte non è tra gli scopi di questo lavoro fornire un metodo unitario per la utilizzazione degli schemi proposti da A. L. STRECKEISEN per la classificazione delle rocce vulcaniche, bensì adottare una nomenclatura delle rocce analizzate il più possibile coerente ed essenzialmente il puntualizzare il tipo di difficoltà cui si va incontro nella classificazione di rocce vulcaniche di tipo riolitico. Questa scelta pertanto potrebbe non essere definitiva se a seguito di ulteriori studi sui problemi classificativi emergeranno criteri più soddisfacenti per una valida classificazione delle rocce vulcaniche acide.

Quanto precedentemente esposto richiama ancora una volta l'attenzione su una delle difficoltà più rilevanti che si incontrano nello studio di rocce vulcaniche più o meno trasformate come sono quelle costituenti il Complesso effusivo atesino. Intendiamo riferirci ai fenomeni di trasformazione che in maniera più o meno intensa interessano tali vulcaniti fino a divenirne una caratteristica peculiare.

I fenomeni di trasformazione appaiono intimamente e temporalmente connessi all'attività vulcanica presa nel suo insieme, anche se non si può escludere, allo stato attuale delle conoscenze, che una parte di tali trasformazioni siano legate a processi tardivi di tipo diagenetico. Una più chiara conoscenza del meccanismo con cui si realizzano tali fenomeni potrà portare un importante contributo alla risoluzione del problema magmatologico concernente le suddette vulcaniti.

Allo stato attuale esiste pertanto tutta una serie di difficoltà per la risoluzione dei singoli problemi quali quelli classificativi e quelli relativi ai rapporti genetici. Infatti qualsiasi tentativo di stabilire le relazioni genetiche tra litotipi diversi che siano interessati da fenomeni di trasformazione, presuppone anzitutto la possibilità di trovare un criterio in base al quale poter individuare il chimismo primario.

Per quanto riguarda le vulcaniti della Val Sarentina da noi stu-

diate tutti i suddetti problemi emergono in modo chiaro dal contesto dei primi dati geologici e petrografici.

Considerazioni geo-vulcanologiche

Come già discusso all'inizio del presente lavoro si è ritenuto opportuno raggruppare i numerosi litotipi costituenti la successione vulcanica nella zona studiata in tre Gruppi (*Gruppo inferiore, Gruppo intermedio, Gruppo superiore*) sulla base e di stratigrafie locali e di motivi vulcanologico-petrografici.

La ben diversa composizione chimico-mineralogica delle formazioni vulcaniche costituenti i due *Gruppi* geologicamente più alti e la notevole omogeneità composizionale all'interno di ciascuno di detti *Gruppi,* rende priva di problemi la loro distinzione.

Per quanto riguarda invece il *Gruppo inferiore* è necessario sottolineare come in esso siano presenti vulcaniti non solo prodotte con un diverso tipo di attività effusiva, ma anche a diverso chimismo rappresentate da lave latitandesitiche e latitiche, e da materiali ignimbritici e lavici a chimismo riodacitico. Per la genesi di queste vulcaniti riodacitiche, assai simili a quelle costituenti il *Gruppo intermedio,* si può prospettare l'ipotesi che esse rappresentino un prodotto di differenziazione del magma da cui hanno tratto origine anche le lave latitandesitiche e latitiche, oppure l'ipotesi che esse rappresentino prodotti geneticamente legati alle vulcaniti riodacitiche del *Gruppo intermedio,* derivati da un comune bacino magmatico caratterizzato da eruzioni di tipo lineare e compenetrati con prodotti del vulcanesimo da apparati centrali. Riteniamo che questa seconda ipotesi, già del resto prospettata da M. Mittempergher [1962] ed emergente anche dal profilo di Fig. 34 riportato da P. Leonardi [1967, Vol. I, pag. 61], costituisca un valido punto di riferimento per le future ricerche. L'inserimento, pertanto, delle suddette vulcaniti riodacitiche nel *Gruppo inferiore,* basato su motivi stratigrafici locali, assume necessariamente un carattere di provvisorietà.

Sulla base di quanto precedentemente esposto è possibile tentare la seguente ricostruzione degli eventi.

L'attività vulcanica è iniziata con l'effusione di lave e l'eruzione di prodotti piroclastici, latitici e latitandesitici, costituenti stratovulcani, in parte preceduta e accompagnata da una attività preva-

lentemente ignimbritica a chimismo riodacitico. La messa in posto della maggior parte delle ignimbriti riodacitiche è comunque da ricondurre essenzialmente ad un periodo posteriore a quello dei vulcani a cono di cui sopra. Durante questa attività ignimbritica si sono probabilmente messi in posto i duomi a chimismo riodacitico.

Successivamente l'attività vulcanica si interruppe e sul territorio peneplanato cominciò a realizzarsi un nuovo assetto idrografico.

La successiva ripresa dell'attività vulcanica fu preceduta da sprofondamenti vulcanotettonici di vaste porzioni del settore meridionale del territorio studiato. A questo ciclo di attività si deve la messa in posto di imponenti effusioni di lave alternate ad ignimbriti riolitiche. La messa in posto dei primi prodotti di tale attività (formazione R_3) fu fortemente condizionata dalla preesistente morfologia accidentata dovuta sia a processi erosivi sia ai suddetti sprofondamenti vulcanotettonici.

Va sottolineato come durante tutta l'attività effusiva le stasi furono piuttosto frequenti e sono attualmente testimoniate dalla presenza di locali intercalazioni di variabile potenza di sedimenti di tipo lacustre o fluvio-torrentizio.

L'episodio sedimentario più rilevante e significativo è rappresentato dalla formazione T_4, formazione che è costituita prevalentemente da depositi alluvionali arenacei e conglomeratici formatisi nell'intervallo di tempo intercorso fra la messa in posto delle vulcaniti riodacitiche del *Gruppo intermedio* e quelle riolitiche del *Gruppo superiore*. Questo particolare periodo di stasi sembra ampiamente confermato anche per altre aree del Complesso effusivo: nell'area meridionale da C. D'Amico e C. Ghezzo [1963, pag. 302]; nella catena di Lagorai da P. Leonardi (« Arenarie e conglomerati intravulcanici », 1967, Vol. II, pagg. 587-588) e nella Val Gardena da M. Mittempergher (« Formazione piroclastica e sedimentaria T_4: tufi conglomeratici, arenarie vulcaniche, arcosi », 1962, pag. 20).

Per le altre intercalazioni sedimentarie, a carattere prevalentemente lacustre, cui si è accennato, si possono considerare valide nelle linee generali le osservazioni fatte da G. P. Giannotti [1962] anche se riteniamo improprio il riunirle tutte (comprese quelle sopra riportate) sotto la dizione comune di « Scisti di Tregiovo ».

Terminate le effusioni vulcaniche, in concomitanza con una probabile subsidenza dell'intera area della « piattaforma porfirica atesina », in tutto il territorio si depositarono i sedimenti alluvionali corrispondenti alla formazione delle «*Arenarie di Val Gardena*».

La partizione in tre *Gruppi* di formazioni da noi fatta della successione stratigrafica nella Val Sarentina trova corrispondenza nella bipartizione generalmente adottata per altre aree della « Piattaforma porfirica atesina », qualora si tenga presente che il *Gruppo inferiore* corrisponde al *Complesso inferiore* (o al *Gruppo inferiore* distinto nel F° 21 «Trento»), e che i *Gruppi intermedio e superiore* corrispondono al *Complesso superiore* (o al *Gruppo superiore* distinto nel F° 21 «Trento»).

Il confronto con altre aree di affioramento del Complesso effusivo permette di rilevare che la successione vulcanica della Val Sarentina presenta notevoli analogie con le successioni descritte da altri Autori e schematicamente riassunte nella importante monografia di sintesi elaborata da P. LEONARDI [1967] per la regione dolomitica (v. I Vol., pag. 47-64).

Infatti da tale letteratura emerge chiaramente come in molte altre aree del Complesso effusivo, nei livelli inferiori dello stesso, si abbia una associazione di vulcaniti riodacitiche di tipo ignimbritico con lave prevalentemente di tipo andesitico, mentre nei livelli intermedi prevalgono ignimbriti riodacitiche in estesi e potenti espandimenti nelle quali solo localmente sono intercalate lave di tipo riodacitico o dacitico o più raramente riolitico e come infine nei livelli sommitali siano di gran lunga prevalenti ignimbriti riolitiche in grandi espandimenti tabulari.

Emerge dunque come vi sia una quasi costante alternanza fra prodotti di apparati di eruzione di tipo centrale e prodotti di eruzione probabilmente lineare ed è appunto tale compenetrazione che allo stato attuale delle conoscenze rende problematica l'interpretazione vulcanologica e magmatologica del Complesso effusivo. Certamente nuovi fondamentali contributi alla conoscenza del vulcanesimo tardopaleozoico atesino saranno portati da future ricerche volte ad analizzare le relazioni fra i diversi tipi di prodotti lavici e fra questi e i prodotti ignimbritici.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ANDREATTA C. (1959) - Aufeinanderfolge der magmatischen Tätigkeiten im grössten permisch-vulkanischen Schild der Alpen. *Geol. Rundschau*, **48**, 99-111.

ANDREATTA C. (1962) - Successione delle attività magmatiche nella grande piattaforma porfirica atesina con particolare riferimento all'Altipiano di Pinè (Trento). *Acta Geol. Alpina*, **8**, 25-80.

BARTH T. F. W. (1969) - Feldspars. *Wiley and Sons Inc.*

DAL CIN R. (1963) - Primi risultati di uno studio sul «Verrucano Alpino» delle Dolomiti Settentrionali. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, **82**(3), 93-106.

DAL CIN R. (1966) - Caratteristiche morfometriche e granulometriche di alcuni affioramenti di Conglomerato Basale (Verrucano Alpino) delle Dolomiti. *Atti Symp. sul Verrucano, Soc. Tosc. Sc. Nat.*, 275-292.

D'AMICO C. (1966) - Le riodaciti di Monte Zaccon (Valsugana). *Miner Petrogr. Acta*, **12**, 11-35.

D'AMICO C., GHEZZO C. (1963) - La sequenza delle vulcaniti permiane nell'area meridionale del sistema atesino (Trentino). *Miner. Petrogr. Acta*, **9**, 279-306.

D'AMICO C., VENTURELLI G. (1968) - Riodaciti e rioliti atesine in cupole e colate di Piné (Trento). *Miner. Petrogr. Acta*, **14**, 143-170.

GHEZZO C. (1967a) - Le vulcaniti paleozoiche nell'area centro-orientale del Complesso effusivo atesino. *Miner. Petrogr. Acta*, **13**, 339-408.

GHEZZO C. (1967b) - Relazioni fra fessurazioni e petrogenesi delle vulcaniti paleozoiche di Sotto Sassa (Val Travignolo). *Rend. S.M.I.*, **23**, 59-87.

GIANNOTTI G. P. (1962) - Intercalazioni lacustri entro le vulcaniti paleozoiche atesine. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, ser. A, **69** (2), 1-22.

GUIDICINI B. (1962) - Studio petrografico di alcune vulcaniti atesine dell'altipiano del Monte Calisio (Trento). *Acta Geol. Alp.*, **8**, 475-486.

KLEBELSBERG R. von (1935) - Geologie von Tirol. Borntroeger. Berlin.

LEONARDI P. (1967) - Le Dolomiti. Geologia dei Monti tra Isarco e Piave. *Edito a cura del C.N.R. e della Giunta Provinciale di Trento*, Rovereto.

LEONARDI P., ROSSI D. (1959) - I porfidi permiani della conca di Cavalese nelle Dolomiti Occidentali. *Mem. Mus. St. Nat. Venezia Trid.*, **12** (1), 1-52.

MITTEMPERGHER M. (1958) - La serie effusiva paleozoica del Trentino-Alto Adige. *C.N.R.N. St. e Ric. Div. Geomin.*, **1** (1), 61-146.

MITTEMPERGHER M. (1959) - Su un ammasso porfirico compreso nelle ignimbriti della Val di Nova (Alto Adige). *C.N.R.N. St. e Ric. Div. Geomin.*, **2**, 1-18.

MITTEMPERGHER M. (1960) - Studio di alcuni vitrofiri del complesso vulcanico paleozoico atesino. *C.N.R.N. St. e Ric. Div. Geomin.*, **3**, 1-43.

MITTEMPERGHER M. (1962) - Rilevamento e studio petrografico delle vulcaniti paleozoiche della Val Gardena. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem.*, ser. A, **69** (2), 1-41.

RITTMANN A. (1965) - Calcolo dell'associazione mineralogica stabile delle vulcaniti. Catania (in manoscritto).

RITTMANN A. (1967) - I vulcani e la loro attività. Ed. Cappelli, Bologna.

SACERDOTI M. (1969) - Le vulcaniti paleozoiche del fianco settentrionale della Valle di S. Pellegrino (Moena, Trento). *St. Trentini Sc. Nat.*, Nuova Ser., Sez. A, **46** (2), 355-396.

SMITH R. L. (1960 a) - Ash-flows. *Bull. Geol. Soc. America*, **71**, 795-842.

SMITH R. L. (1960 b) - Zones and zonal Variations in Welded Ash Flows. *Geol. Survey Prof. Paper*, **354**-F, 149-159.

STRECKEISEN A. L. (1967) - Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. *N. Jb. Miner. Abh.*, **107** (2 e 3), 144-240.

WEDEPOHL K. H. (1969) - Composition and abundance of common igneous rocks. *Handbook of Geochemistry*, **1**, 227-249.

WOLFF F. von (1909) - Beiträge zur Petrographie und Geologie des Bozener Quarzporphyr. *Neues-Jahr. f. Mineralogie, Geol. etc.*, **27**, 72-156.

F° 10 «BOLZANO» - Carta Geologica delle Tre Venezie, *Uff. Idr. Mag. Acque*, Venezia (1957).

(*ms. pres. il 10 giugno 1970; ult. bozze il 30 giugno 1970*).