

EVELINA ORIGONI GIOBBI*, GIOVANNA PEYRONEL PAGLIANI*,
ROSA MARIA ZANCHINI CAMERINI*

CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA CHIMICO-PETROGRAFICA DELLE VULCANITI PERMIANE AFFIORANTI TRA LA VAL TROMPIA E LE VALLI GIUDICARIE**

RIASSUNTO. — Oggetto di questa nota è stato lo studio petrologico delle vulcaniti permiane affioranti nell'area che sta a NE della Val Riccomassimo (bassa Val Caffaro) e fa parte di una serie di indagini sulle effusioni permiane del settore delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello.

In base a criteri stratigrafici la serie vulcanica della zona è stata suddivisa in quattro raggruppamenti:

- 1) *Ignimbriti di base* alla Formazione di Collio;
- 2) *Lave interstratificate* ai sedimenti della suddetta formazione;
- 3) *Masses subvulcaniche* con caratteri intrusivi rispetto al basamento cristallino e alle ignimbriti di base al Collio;
- 4) « *Vulcaniti di Auccia* » (ignimbriti e piroclastiti) sovrastanti alla Formazione di Collio. Queste ultime non compaiono nella zona oggetto del presente studio.

Tutte le vulcaniti sopraelencate presentano in linea generale una notevole omogeneità dal punto di vista mineralogico e chimico: sono in massima parte classificabili come rioliti alcaline, tranne alcuni litotipi, appartenenti alle masse subvulcaniche, riferibili a trachiti alcaline. L'esame dei dati analitici ha portato tuttavia a distinguere due gruppi, uno con SiO_2 elevata ed un chimismo decisamente alcali-riolitico (ignimbriti di base al Collio), l'altro con SiO_2 relativamente più bassa e con chimismo tendente all'alcali-trachitico. Sempre elevati i contenuti di Al_2O_3 e K_2O , soprattutto nelle ignimbriti, in cui più incisivi sembrano essere stati i processi deutericici.

Per queste, come per tutte le altre manifestazioni vulcaniche acide permiane, riteniamo l'ipotesi di una genesi anatettica come la più valida.

Il confronto fra le vulcaniti prese in esame e quelle del « Gruppo superiore » della Piat-forma Porfirica Atesina ha messo in evidenza una maggiore alcalinità nelle prime.

ABSTRACT. — Aim of the present work is the petrological study of the Permian volcanites occurring NE of Val Riccomassimo (Southern Val Caffaro); this work represents the continuation of our researches on the Permian volcanites of the Brescian Prealps S of M.te Adamello. On the basis of stratigraphic criteria, in the volcanic series of this area four classes can be distinguished:

- 1) the *ignimbrites* underlying the Collio formation;
- 2) the *lavas interbedded* within the Collio sediments;
- 3) the *subvolcanic discordant lava bodies* within the metamorphic basament and the ignimbrites;
- 4) the « *Auccia volcanites* » (ignimbrites and pyroclastites) overlying the Collio sediments (not considered in the present work).

* Istituto di Mineralogia, Petrografia e Geochimica dell'Università degli Studi di Milano.

** Lavoro eseguito nell'ambito delle ricerche del Centro di Studi sulla Stratigrafia e Petrografia delle Alpi Centrali del C.N.R..

All these volcanites show generally a notable mineralogical and chemical homogeneity; they are mostly alkaline rhyolites with the exception of some discordant subvolcanic lava bodies that consist of alkaline trachytes.

On the basis of chemical data two groups can be distinguished: the first one with high SiO_2 values and an alkali-rhyolitic chemical character (ignimbrites underlying the Collio formation), the second one with lower SiO_2 values and a fundamentally alkali-trachytic chemical character (lava flows interfingering with the Collio formation and subvolcanic lava bodies).

The Al_2O_3 and K_2O content is on the average high, particularly in the ignimbrites in which deuteric processes were more active.

For these, as well as for the whole Permian volcanites we maintain valid the hypothesis of an anatectic magma generation.

From the comparison between the Brescian rhyolites and those of the « Gruppo superiore » of the « plateaux Atesino » it stands out clearly that our rhyolites show a more marked alkaline character.

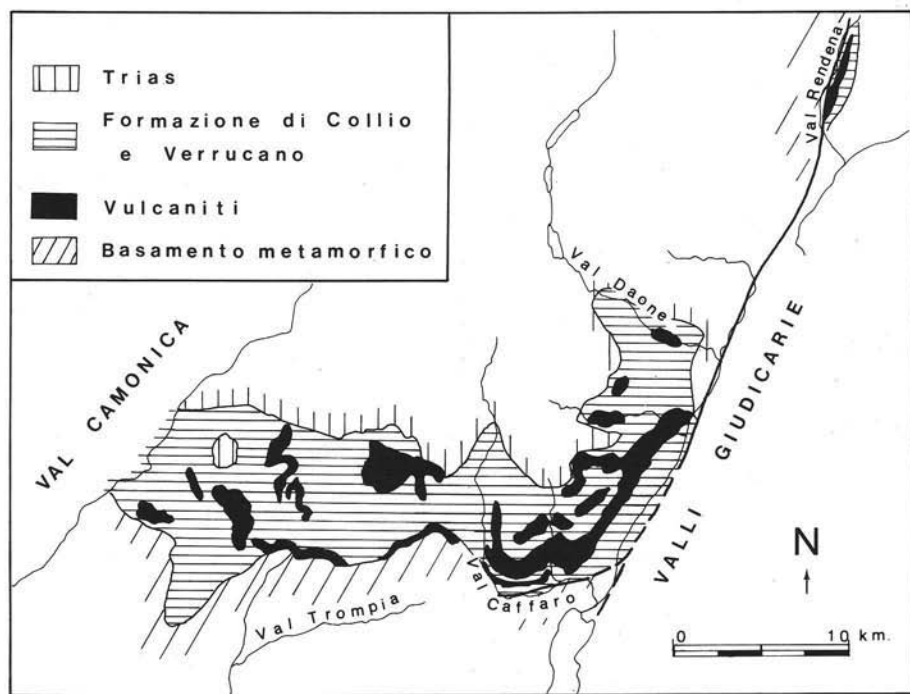


Fig. 1. — Distribuzione geografica delle vulcaniti permiane in esame.

Nel quadro delle ricerche che, soprattutto in quest'ultimo decennio, hanno avuto come oggetto le serie effusive permiane a oriente della Val Camonica, dall'alta Val Trompia fino alla Val Riccomassimo (bassa Val Caffaro), abbiamo giudicato opportuno allargare le indagini a tutta l'area che sta a NE della Val Riccomassimo fino alla Val Giudicarie e alla Val Rendena (fig. 1).

Le indagini sinora svolte in campo geologico e petrografico da un numero notevole di autori in tutta l'area che ricopre le Prealpi bresciane a S dell'Adamezzo (ARDIGÒ G., 1955; BONI A., 1947; BONI A. e CASSINIS G., 1973; CASSINIS G.,

1966 a, 1966 b; CASSINIS et al., 1975; CASSINIS G. e PEYRONEL PAGLIANI G., 1976) hanno permesso di suddividere, in base a criteri stratigrafici, le serie vulcaniche che in questa zona sono costituite da una potente successione di ignimbriti, piroclastiti e lave riolitiche, in quattro raggruppamenti, e cioè:

- 1) *ignimbriti di base* alla formazione di Collio, associate a vari livelli piroclastici;
- 2) *lave interstratificate* al Collio sedimentario;
- 3) *masse subvulcaniche* con caratteri intrusivi rispetto al basamento cristallino, ai sedimenti del Collio e alle ignimbriti di base;
- 4) *ignimbriti e piroclastiti (Vulcaniti di Auccia)*, costituenti le ultime manifestazioni effusive della zona.

Nell'area da noi presa in esame le vulcaniti sono costituite esclusivamente dalle lave del secondo e terzo gruppo, che sono state oggetto delle nostre ricerche chimico-petrografiche; per quanto riguarda le ignimbriti, ne riassumeremo in breve le caratteristiche, rimandando per maggiori notizie ai lavori specifici (PEYRONEL PAGLIANI G., 1965; PEYRONEL PAGLIANI e CLERICI RISARI, 1973).

L A V E

Generalità

CASSINIS ed al. (1975) hanno suddiviso i corpi effusivi, in base alla giacitura, in due tipi ben distinti: lave interstratificate a composizione riolitica, moderatamente alcalina e masse subvulcaniche discordanti, a composizione riolitica, ma con tendenza a volte trachitica.

Le prime manifestazioni hanno dato luogo ad espandimenti concordanti con il Collio sedimentario, che diventano più numerosi dalla Val Trompia alle Valli Giudicarie. Infatti in Val Trompia si hanno due sole bancate riolitiche di non grande potenza, associate a piroclastiti, intercalate alle argilliti ed alle arenarie del Collio; in bassa Val Caffaro, invece, poderosi espandimenti si trovano lungo una fascia abbastanza continua che va dal Dosso del Matto, al Dosso del Bue al M. Carena, fino alla Val Riccomassimo (M. Tonolo). Espandimenti concordanti sono inoltre segnalati anche sul fianco occidentale della Val Giudicarie inferiore da P.te Caffaro fino a Brione. Espandimenti di notevole entità si trovano ancora in Val Daone all'altezza di P.te Murandin e in alta Val Giudicarie, allo sbocco della Val Rendena, nei pressi di Tione di Trento.

Il secondo tipo di manifestazioni, la cui identità è già stata segnalata e minutamente descritta da CASSINIS nel lavoro citato, compare in bassa Val Caffaro ed ha la sua maggiore estensione areale tra il Rio Secco e il M. Macaone. Si tratta di masse subvulcaniche che attraversano i sedimenti del Collio inferiore (arenarie, siltiti e argilliti) e che in alcune località, ad esempio lungo le Vie Rate, vengono a contatto non solo con il basamento cristallino, ma anche con le ignimbriti di base al Collio. A differenza delle lave interstratificate, queste masse presentano molto spesso, al contatto con la roccia incassante, una fascia di spessore estremamente va-

riabile (da pochi cm a poco più di un metro) di colore verdastro scuro, a grana minuta, che passa gradualmente alla riolite (differenziati periferici).

Lave interstratificate

Alta Val Trompia

In alta Val Trompia gli espandimenti lavici concordanti sono rappresentati essenzialmente da una colata di circa 10 metri di potenza, intercalata alle clastiti del Collio (CASSINIS, 1966 b); in posizione sottostante alla prima se ne trova una seconda a lente di appena un metro di spessore. Sono rocce compatte, grigiastre o grigio-verdastre, a evidente struttura porfirica. Frequenti gli xenoliti riferibili a metamorfiti, lembi del Collio sedimentario, inclusi a struttura microlitica, pseudo-trachitica.

Al microscopio le lave costituenti le due colate appaiono del tutto simili: la massa di fondo a struttura da micro a criptocristallina costituisce non più del 40-50 % della roccia; la frazione cristallina è costituita da: *quarzo*, *plagioclasio* (10-15 % An), *biotite* e solo raramente *K-feldspato*. Rari gli accessori: *zirconio*, *apatite*, *opachi*.

Non molto diffusi i secondari: *sericite*, *clorite*, *calcite*.

Un'albite neogenica in minuti individui, talvolta associati in chiazze o in vene è estremamente diffusa nella massa di fondo e sostituisce sia il *sanidino* che l'*oligoclasio*, formando plaghe con struttura a scacchiera. Questa diffusa albitizzazione è anche tipicamente presente in tutte le piroclastiti che stanno fra le ignimbriti di base e le lave interstratificate al Collio.

Bassa Val Caffaro

In bassa Val Caffaro espandimenti concordanti si possono trovare interstratificati nella zona intermedia e superiore della Formazione di Collio, dal Balotto alto al Dosso del Bue, al M. Carena e sulle pendici occidentali del M. Tonolo. Si tratta di lave di colore grigio-verdastro, con struttura nettamente porfirica, con fenocristalli di feldspato bianchi o rosati.

Al microscopio si nota che la lava è costituita da *albite-oligoclasio* (5-10 % An) in fenocristalli abbastanza freschi, geminati polisinteticamente, lievemente zonati, *quarzo* in grossi individui a contorni arrotondati con profonde insenature e riassorbiti dalla massa di fondo, *biotite* incolore con segregazione di opachi lungo le linee di sfaldatura e rarissimo *pirosseno* completamente cloritizzato e serpentinizzato. Sono diffusi *apatite*, *zirconio* e *titanite*. Nella massa di fondo sono talvolta presenti plaghe con struttura a « snow flake » e lenticelle ricche di granuli di *quarzo* apparentemente orientate e ciuffetti di *clorite* debolmente pleocroica con colori di interferenza marroncini.

Un discorso a sè stante meritano le lave del M. Macaone, che si trova alla confluenza della Val Caffaro con la Val Giudicarie inferiore. CASSINIS ed al. (1975) prospettano l'ipotesi che « l'apparato vulcanico del M. Macaone abbia una forma

più o meno a fungo con parti discordanti e parti concordanti » e addirittura con « lave che potrebbero essere uscite in superficie ed aver dato luogo ad una coltre vulcanica orizzontale e declive ». Nelle parti più alte del M. Macaone, e precisamente tra q. 1200 e q. 1375 sulla strada che dal P.te dello Squadrone porta ai Fienili Tonolo, la lava assume caratteristiche molto simili a quelle già osservate da CASSINIS nella valletta Riccomassimo a q. 1200, e cioè il colore diviene rosato e macroscopicamente si notano delle strutture di flusso abbastanza caratteristiche che danno indicazioni precise sulla direzione di movimento della lava. Al microscopio la massa di fondo di queste lave appare molto ricca di lenticelle di quarzo disposte in modo abbastanza omogeneo ed isoorientate. I fenocristalli sono costituiti da *albite* (3-4 % An) con cristalli che raggiungono i 5-6 mm di lunghezza, piuttosto fresca, geminata polisinteticamente, *quarzo* con contorni arrotondati e corrosi dalla massa di fondo, con estinzione lievemente ondulata e lamelle di deformazione abbastanza accentuate; *biotite* fortemente decolorata, sostituita spesso da *calcite* e *clorite* lungo i piani di sfaldatura e zeppa di inclusioni di *rutilo* e *apatite* aciculare. Raro, ma presente anche in queste lave, il *pirosseno*, completamente alterato.

La particolare struttura e tessitura farebbe pensare ad una lava più ricca in volatili che non le lave del M. Carena o Dosso del Bue, ad esempio, capace quindi di fluire ed espandersi; ciò potrebbe avvalorare l'ipotesi formulata da CASSINIS (1975) e cioè che queste manifestazioni laviche sarebbero concordanti, mentre le lave della parte inferiore del M. Macaone sarebbero discordanti e correlabili alle masse subvulcaniche del Dicco de la Tor, a cui del resto risultano molto simili.

Val Giudicarie inferiore

Sul versante occidentale della Val Giudicarie inferiore, e precisamente tra P.te Caffaro e Brione, continuano ancora espandimenti abbastanza cospicui di lave, intercalate al Collio sedimentario. Qui però le lave, specialmente quelle del Faserno e del Rio Lavin, risultano molto più alterate che in Val Caffaro. La struttura è nettamente porfirica, con grossi fenocristalli di *quarzo*, *plagioclasio* sericitizzato, *biotite* cloritizzata, con segregazione di ossidi. La massa di fondo è minuta, microcristallina.

Val Daone

Nella bassa Val Daone, poco a W dell'omonimo paese, nei pressi di P.te Murandin si ha un affioramento di lave alla sommità concordanti con la « arenaria » della Val Daone (CASSINIS e PEYRONEL PAGLIANI, 1976). Tali lave erano già state prese in esame da DIENI (1958) il quale fa notare che le lave locali « presentano interessanti variazioni di facies e soprattutto un chimismo che le differenzia dalle più cospicue masse originate dal vulcanismo eopermico ». L'Autore distingue due tipi di lave: il « porfido rosso violetto » e « il porfido verde ». La composizione mineralogica delle due lave è sostanzialmente identica: *quarzo*, *albite* (4 % An), *biotite* nei fenocristalli; *microliti feldspatici*, *quarzo* e *ossidi di Fe* nella massa di fondo. Accessori comuni sono: *titanite*, *zircono*, *apatite*; secondari: *clorite*, *calcite*.

L'analisi chimica rivela un « carattere lievemente basico, del tipo sienitico-sodico »,

Le lave da noi analizzate provengono dagli affioramenti che si trovano lungo la strada statale della Val Daone, nei pressi di Ronchi di Sotto, sul lato settentrionale del F. Chiese, dove le lave sono intercalate a sedimenti tufacei. Il colore è variabile dal rossastro al verde scuro, la struttura porfirica è manifesta; in genere l'alterazione è abbastanza marcata. Al microscopio i fenocristalli risultano costituiti da *albite*, quasi sempre completamente sericitizzata, *quarzo* con profonde insenature, evidenti segni di corrosione magmatica, *biotite* quasi sempre del tutto sostituita da clorite ed ossidi di Fe. Raramente al centro degli aggregati di sostituzione rimangono lamelle di mica incolore ad alto colore di interferenza, spesso lungo i piani di sfaldatura si trova della *calcite*. Diffusi sono *ossidi di Fe*, *apatite* aciculare, *zirconio* e *rutile*. Quest'ultimo si trova comunemente in aciculi disposti secondo linee che si intersecano ad angoli acuti, in aggregati molto piccoli.

Frequenti gli xenoliti a grana minutissima che al microscopio risultano costituiti da probabili porfiriti pirosseniche: infatti si notano fenocristalli di *pirosseno* completamente alterato in *clorite* e *serpentino* con segregazione di *ossidi di Fe*, intorno al bordo, e massa di fondo costituita da *sericite*, *clorite*, *ossidi di Fe*, raro *quarzo* e *plagioclasio*.

Val Rendena

La Formazione di Collio della Val Rendena è stata descritta da diversi Autori, ma mancavano fino ad ora dati petrografici e chimici sulle lave interstratificate ai sedimenti arenacei del Collio. Le vulcaniti da noi esaminate affiorano sulla nuova strada che da Spiazzo, in Val Rendena conduce al Passo Daone (M. Amolo).

Le vulcaniti della parte più bassa della serie hanno colore scuro e grana minuta, nella parte più alta hanno colore grigio verde, struttura nettamente porfirica con fenocristalli di feldspato rosato. Questi ultimi sono costituiti da *plagioclasio* (17 % An) in monocristalli o in aggregati di cristalli di varie dimensioni, generalmente abbastanza sericitizzato; il *quarzo*, sempre con contorni arrotondati e profonde insenature, sembrerebbe più scarso che non nelle rioliti della Val Caffaro; la *biotite* è anche qui fortemente alterata; in rari casi è presente del *pirosseno* completamente alterato. La massa di fondo presenta talora strutture a « snow-flake » e ciuffetti di clorite finemente dispersi.

Masse subvulcaniche

Bassa Val Caffaro

Le masse discordanti subvulcaniche, come già fatto notare in precedenza, sono caratteristiche di questa zona, compresa tra il Rio Secco e la Val Riccomassimo e si presentano oltre che in grandi ammassi anche in dicchi (Rio Secco, Corno de la Tor, ecc.) e apofisi che attraversano in modo discordante i sedimenti (arenarie e argilliti) del Collio inferiore. Questo tipo di manifestazioni sembrerebbe interes-

sare anche la parte inferiore del M. Macaone, nei pressi del P.te dello Squadrone e una ristretta zona della Val Giulis nei pressi delle malghe Serolo.

Le lave hanno colore grigio chiaro, struttura nettamente porfirica, con fenocristalli di feldspato rosato che raggiungono 2-3 mm di lunghezza.

Al microscopio si osserva che la massa di fondo ha struttura microcristallina, con passaggi a strutture granofiriche ed è in percentuale, rispetto ai fenocristalli, intorno al 60-70 %, come nelle lave concordanti.

I fenocristalli sono costituiti da *quarzo* in individui con contorni corrosi e profonde insenature, con estinzione ondulata e lamelle di deformazione, come già osservato nelle lave interstratificate; *albite* (7 % An) in singoli individui o in aggregati, geminata polisinteticamente o albite-Carlsbad o albite-periclino, abbastanza fresca e *biotite* fortemente alterata. L'alterazione dà luogo a formazione di *sericite*, *clorite* incolore e segregazione di *minerali di Fe e Ti*. Talvolta la *biotite*, completamente decolorata, presenta lungo le tracce di sfaldatura vene di *calcite*. Abbondanti le inclusioni di *apatite* aciculare e *zircon*. È presente anche *pirosseno*, ormai completamente alterato in minerali del gruppo del *serpentino* e *clorite*.

Talvolta la tessitura delle lave diviene pilotassitica o addirittura fluidale, come si è notato in alcune zone marginali, al Rio Secco, al Corno de la Tor e ai Fienili Tonolo; a questa variazione di struttura corrisponde una leggera variazione nel chimismo, infatti le lave assumono una tendenza trachitica o alcali-trachitica. In sezione sottile si nota che i fenocristalli mancano o sono rarissimi e i microliti della massa di fondo assumono dimensioni lievemente maggiori che nelle lave a composizione riolitica. L'*albite* prevale nettamente sul *quarzo*; la *biotite* è quasi completamente riassorbita; il *pirosseno* è lievemente più abbondante e sempre fortemente alterato. Caratteristici sono aggregati di *rutilo* aciculare, sempre associato a *clorite* incolore, *apatite* e *minerali opachi*.

Caratteristica peculiare delle masse subvulcaniche è quella di far passaggio molto spesso, al contatto con le rocce incassanti, ad un differenziato di colore verdastro, con rari grandi fenocristalli di feldspato di color rosa. Questi margini, che hanno uno spessore variabile da pochi cm a qualche metro, sono stati osservati in varie località: Vie Rate, Dos Tupi, Ermos Basso, ecc. da CASSINIS. Il chimismo di questi differenziati è diverso da quello delle lave, si tratta infatti di latiti e di latit-andesiti.

In sezione sottile si nota una struttura intersertale; la frazione cristallina, nettamente superiore alla massa di fondo, è costituita da fenocristalli di *oligoclasio* (20 % An) e *biotite*. Manca o è rarissimo il *quarzo*; accessori sono *rutilo*, *apatite* e *zircon*.

La massa di fondo a struttura intersertale appare notevolmente più basica, ricca di *clorite* e di ossidi di Fe.

I fenocristalli oligoclasici appaiono generalmente con nucleo alterato o in via di trasformazione; quelli albitici sono più freschi, ma con una corona interna di minutissimi cristalliti (o massa vetrosa scura) che divide il bordo esterno di egual composizione dalla massa più interna.

Ignimbriti

Le ignimbriti riolitiche, come si è detto, costituiscono sia una vasta coltre di vulcaniti di base al Collio, che si estende con notevole continuità dall'alta Val Trompia alla bassa Val Caffaro, fino ai piedi del Corno de la Tor, sia gran parte dell'unità vulcanica detta « *Vulcaniti di Auccia* », che affiora nella parte più occidentale del settore da noi preso in esame, sovrapponendosi alla Formazione di Collio fra il Conglomerato del Dosso dei Galli e il Verrucano Lombardo. Esse sono state descritte in dettaglio in lavori precedenti a cui rimandiamo (PEYRONEL PAGLIANI, 1965; CASSINIS, 1969; PEYRONEL PAGLIANI e CLERICI RISARI, 1973). Ci limitiamo qui a darne una rapida descrizione per rendere più completo il quadro dei fenomeni vulcanici nella zona.

Le *ignimbriti riolitiche di base* al Collio formano potenti bancate, alternantesi con piroclastiti, che poggiano direttamente sul basamento gneissico-micascistoso. Sono rocce assai compatte, a struttura porfirica assai evidente, varicolori dal rosso bruno al violaceo; nella sezione tipo del M. Colombine, dove sono fortemente deuterizzate, assumono colore grigiastro o addirittura biancastro. La stratificazione è poco distinta.

La massa di fondo risulta prevalente (80-90 % della massa totale della roccia) sulla frazione cristallina; appaiono assai frequenti e nitide le tipiche strutture axiolitiche, le fiamme, i frammenti pomicei; all'esame röntgenografico essa è risultata costituita da *albite*, *microclino massimo*, *clorite*.

La frazione cristallina è costituita, nell'ordine, da fenocristalli di *plagioclasio albitico*, piuttosto fresco o lievemente sericitizzato, da *K-feldspato* monoclini con 2 V_x variabile da plaga a plaga e con estinzioni irregolari; da *quarzo* fortemente corroso e talvolta con nette estinzioni ondulate, e da *biotite* fortemente deuterizzata.

Piuttosto frequenti gli inclusi enallogeni costituiti da frammenti di metamorfiti e di vulcaniti (pomici, tufi, « porfiriti »).

Le *ignimbriti* appartenenti alle « *Vulcaniti di Auccia* » che si trovano intercalate a livelli piroclastici, formano bancate assai estese che, partendo dalla Val Camonica giungono fino all'alta Val Trompia, mantenendo una notevole uniformità d'aspetto; caratteristica la compattezza, la struttura porfirica, il colore violaceo.

La massa di fondo di questi litotipi, sempre prevalente sulla frazione cristallina, presenta strutture ignimbritiche e, frequentemente, sferuliti anche di notevoli dimensioni.

La frazione cristallina è costituita, nell'ordine, da un *plagioclasio albitico* o *oligoclasico*, da *K-feldspato*, che talvolta può mancare completamente, da *quarzo* e da *biotite*, con gli stessi caratteri delle ignimbriti sottostanti.

Gli xenoliti sono abbastanza diffusi e rappresentati da rocce vulcaniche (lave, pomici), più raramente da metamorfiti.

Per quanto riguarda il chimismo delle ignimbriti, esso è sempre riolitico con tendenza alcalina; i tipi magmatici più vicini sono l'alcali-granitico e l'engadinit-granitico, secondo NIGGLI.

I valori di SiO_2 , piuttosto elevati nelle ignimbriti di base (SiO_2 70 %), sono più bassi nelle ignimbriti di Auccia, il cui chimismo è sostanzialmente molto simile a quello delle lave sottostanti. Sempre elevato il tenore di Al_2O_3 e basso quello di CaO , quest'ultimo correlato alla presenza tra i fenocristalli di un plagioclasio primario albitico.

Nelle ignimbriti la deuteresi appare più accentuata che nelle lave e come in queste ha portato alla formazione di sericite, clorite, calcite e ossidi di Fe, soprattutto diffusi nella massa di fondo. In quest'ultima è assai diffuso un *K-feldspato* in minutissime plaghe o in aciculi entro le sferuliti e le pomici cristallizzate, con caratteri di alta triclinità e composizione potassica estrema. La sua natura e la sua associazione con clorite, sericite e albite portano ad ammettere che questo *K-feldspato* si sia formato a temperature molto più basse rispetto a quelle relative ai fenocristalli, e cioè quando il vetro cristallizzò in condizioni idrotermali nell'attuale associazione mineralogica (D'AMICO, 1966; D'AMICO e VENTURELLI, 1968).

Fenomeni deutericici hanno portato, soprattutto nelle ignimbriti di base al Collio delle bancate affioranti nella parte più occidentale della zona in esame (bassa Val Trompia), ad un forte aumento di K_2O con valori di k che raggiungono lo 0,95 %.

Nelle ignimbriti della Val Caffaro e in quelle della serie di Auccia tali valori, se pur sempre elevati, sono più vicini a quelli che si trovano comunemente in rocce di questo tipo ($k = 0,57-0,76$).

Chimismo

Le tabelle 1, 2 e 3 riportano dati analitici di 38 campioni rappresentanti lave interstratificate (tab. 1), lave delle masse subvulcaniche con i loro differenziati periferici (tab. 2), ignimbriti (tab. 3). Sono riportati anche i parametri di Niggli e la Norma CIPW degli stessi campioni.

La composizione chimica di tutte le vulcaniti in esame, sia quelle della Val Caffaro che quelle della Val Daone e della Val Rendena, varia entro limiti piuttosto ristretti, se si eccettuano le sottili zone marginali delle masse subvulcaniche, differenziate in senso più mafico e più alcalino.

Partendo dalla Norma di RITTMANN e usando la classificazione di STRECKEISEN, tutte le ignimbriti e la massima parte delle lave cadono nel campo delle *rioliti alcaline*; solo alcuni litotipi, provenienti dalle parti più periferiche del Dicco Rio Secco, Dicco de la Tor e da alcuni affioramenti in Val Daone (DIENI, 1958) sono classificabili come *quarzo-trachiti alcaline* e *trachiti alcaline*. Cadono invece nel campo delle *latiti* e delle *latit-andesiti* le zone marginali dei corpi subvulcanici.

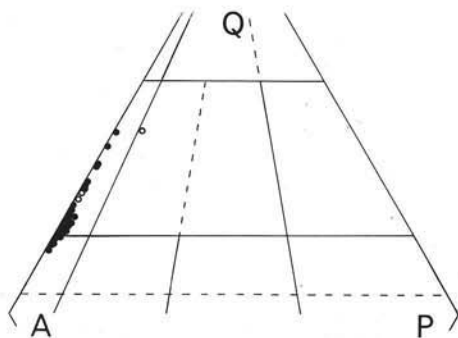


Fig. 2. — Diagramma Q-A-P - ●: lave interstratificate, masse subvulcaniche; ○: ignimbriti di base e vulcaniti di Auccia.

TABELLA 1
Analisi chimiche, norma CIPW, parametri di Niggli
delle lave interstratificate al Collio
 (Analista R. M. ZANCHINI CAMERINI)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	71.59	70.73	69.51	68.80	68.35	67.86	67.86	67.47	67.16
TiO ₂	.38	.45	.24	.39	.42	.48	.40	.45	.31
Al ₂ O ₃	13.31	13.84	15.30	14.44	14.44	15.00	14.95	14.82	15.60
Fe ₂ O ₃	1.96	2.18	1.47	1.74	1.48	1.67	1.88	1.92	2.37
FeO	1.22	1.30	1.33	1.15	2.29	1.14	2.00	1.58	2.37
MnO	.08	.07	.19	.08	.04	.03	.02	.05	1.50
MgO	1.53	.01	.50	.94	.72	.79	.61	.83	.10
CaO	.74	.24	.76	1.11	.24	.49	.17	1.07	.93
Na ₂ O	3.92	3.85	6.40	2.96	3.93	3.88	3.93	3.00	1.15
K ₂ O	2.88	4.76	2.80	6.56	5.80	6.02	5.70	6.55	5.70
P ₂ O ₅	.08	.16	.00	.09	.23	.25	.25	.10	3.20
H ₂ O+	2.65	2.54	1.57	2.30	1.86	2.04	2.04	2.48	.00
H ₂ O-	.00	.24	.10	.00	.00	.00	.00	.00	1.44
Somma	100.34	100.37	100.17	100.56	99.80	100.65	99.81	100.32	99.68
Q	34.05	30.03	18.65	22.86	21.27	20.64	21.93	21.39	17.69
C	2.59	2.30	.35	.66	1.81	1.84	2.60	1.08	.66
Or	17.02	28.13	16.54	38.76	34.27	35.58	33.68	38.70	18.91
Ab	33.17	32.57	54.15	25.04	33.25	33.01	33.25	25.38	48.23
An	3.14	.14	3.77	4.91	-.31	.56	.78	4.65	5.70
En/Hy	3.81	.02	1.24	2.34	1.79	1.96	1.51	2.06	2.31
Fs/Hy	.14	.00	1.18	.17	2.36	.00	1.49	.66	.47
Mt	2.84	3.11	2.13	2.52	2.14	2.36	2.72	2.78	3.43
Hm	.00	.03	.00	.00	.00	.16	.00	.00	.00
Il	.72	.85	.45	.74	.79	.91	.75	.85	.58
Ap	.18	.37	.00	.21	.54	.34	.59	.23	.00
si	374.51	393.33	331.89	335.76	334.88	333.10	331.84	321.14	298.51
al	41.10	45.40	43.10	41.60	41.60	43.40	43.10	41.50	40.90
fm	25.30	15.60	14.90	18.20	20.30	16.70	19.60	19.30	20.00
c	4.10	1.40	3.90	5.80	1.30	2.60	.90	5.50	5.50
alk	29.50	37.60	38.10	34.40	36.80	37.30	36.40	33.70	33.60
k	.33	.45	.22	.59	.49	.51	.49	.59	.27
mg	.47	.01	.24	.37	.26	.34	.23	.31	.31
Q	58.67	56.23	48.67	50.95	50.78	49.16	51.77	50.18	47.39
L	35.90	40.65	47.09	43.76	43.91	42.70	43.67	44.32	46.55
M	5.43	3.12	4.24	5.29	5.31	8.20	4.56	5.50	6.06

(continua)

segue Tab. 1

	10	11	12	13	14	15	16	17	18
SiO ₂	67.14	66.96	66.79	66.63	66.38	63.73	63.59	61.82	63.98
TiO ₂	.64	.63	.57	.43	.39	.77	.64	.69	.56
Al ₂ O ₃	15.63	15.64	15.49	15.18	16.06	15.47	15.56	15.54	15.48
Fe ₂ O ₃	4.91	2.84	1.22	2.20	1.37	5.62	2.01	5.67	4.32
FeO	.21	1.36	2.87	2.00	1.97	.41	2.69	.72	.43
MnO	.17	.17	.05	.03	.00	.11	.06	.11	.00
MgO	.78	.78	1.84	1.06	.56	3.47	3.14	3.68	2.31
CaO	.22	.21	.20	.18	.92	.39	.77	.85	.72
Na ₂ O	2.61	4.61	3.23	4.89	4.23	1.64	3.21	3.80	5.27
K ₂ O	5.69	4.21	5.35	4.61	4.98	4.59	4.12	2.86	4.25
P ₂ O ₅	.12	.10	.11	.22	.00	.11	.12	.11	.18
H ₂ O ⁺	2.05	2.02	2.64	2.40	3.14	3.75	3.75	3.95	1.94
H ₂ O ⁻	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.15
Somma	100.17	99.53	100.46	99.83	100.00	100.06	99.66	99.80	99.59
Q	28.88	22.70	22.96	18.64	19.06	30.92	22.09	21.77	12.58
C	5.06	3.35	4.28	2.34	2.03	7.35	4.70	4.91	1.33
Or	33.62	24.88	31.61	27.24	29.43	27.12	24.34	16.90	25.11
Ab	22.08	39.00	27.33	41.37	35.79	13.87	27.16	32.15	44.59
An	.30	.38	.27	-.54	.00	1.21	3.03	3.49	2.39
En/Hy	1.94	1.94	4.83	2.63	1.39	8.64	7.81	9.16	5.75
Fs/Hy	.00	.00	3.41	1.20	1.84	.00	2.33	.00	.00
Mt	.00	3.11	1.76	3.18	1.98	.00	2.91	.67	.00
Hm	4.90	.69	.00	.00	.00	5.61	.00	5.20	4.31
Il	.80	1.19	1.08	.81	.74	1.10	1.21	1.31	.90
Ru	.21	.00	.00	.00	.00	.19	.00	.00	.08
Ap	.28	.23	.26	.52	.00	.26	.28	.26	.42
si	323.08	316.22	301.73	306.34	312.55	266.81	262.51	237.59	258.36
al	44.40	43.50	41.20	41.10	44.60	38.20	37.80	35.20	36.80
fm	24.90	21.60	28.20	22.70	16.50	41.20	35.10	40.10	28.50
c	1.10	1.10	1.00	.90	4.60	1.70	3.40	3.50	3.10
alk	29.60	33.80	29.60	35.30	34.30	18.90	23.70	21.20	31.60
k	.59	.38	.52	.38	.44	.65	.46	.33	.35
mg	.22	.25	.46	.32	.24	.53	.55	.52	.49
Q	54.93	51.79	53.14	48.99	50.16	58.40	51.84	49.78	43.46
L	38.57	43.58	40.46	44.95	46.14	31.40	38.36	37.42	46.70
M	6.50	4.63	6.40	6.06	3.70	10.20	9.80	12.80	9.84

TABELLA 2

*Analisi chimiche, norma CIPW, parametri di Niggli
delle masse subvulcaniche discordanti con il Collio sedimentario*
(Analista R. M. ZANCHINI CAMERINI)

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	68.62	68.60	67.72	67.22	66.46	65.93	64.99	63.18
TiO ₂	.40	.42	.47	.43	.45	.35	.61	1.09
Al ₂ O ₃	14.78	14.79	14.72	15.92	15.44	12.99	16.60	16.22
Fe ₂ O ₃	1.63	1.58	3.88	1.89	1.77	3.09	3.77	1.87
FeO	1.94	1.65	.36	1.87	2.15	.43	.14	2.44
MnO	.06	.07	.04	.03	.07	.12	.00	.03
MgO	1.00	.90	1.04	1.43	1.27	.62	2.03	2.65
CaO	.78	.67	.91	.19	.52	3.67	.24	.62
Na ₂ O	3.61	4.27	1.70	3.87	3.89	.24	2.71	3.84
K ₂ O	5.86	4.98	6.27	5.87	5.55	8.61	5.43	3.92
P ₂ O ₅	.09	.10	.10	.10	.09	.08	.21	.03
H ₂ O+	2.20	1.94	2.96	1.94	2.25	4.33	3.30	3.20
Somma	100.97	99.97	100.17	100.76	99.91	100.46	100.03	99.09
Q	21.52	21.67	30.61	19.43	18.98	24.90	25.49	20.10
C	1.29	1.39	3.72	3.09	2.30	.00	6.33	4.60
Or	34.63	29.43	37.05	34.69	32.79	50.88	32.08	23.16
Ab	30.54	36.13	14.38	32.74	32.91	2.03	22.93	32.49
An	3.28	2.67	3.86	.29	1.99	8.93	-.17	2.88
Wo/Di	.00	.00	.00	.00	.00	1.78	.00	.00
En/Di	.00	.00	.00	.00	.00	1.54	.00	.00
Wo	.00	.00	.00	.00	.00	1.86	.00	.00
En/Hy	2.49	2.24	2.58	3.56	3.16	.00	5.05	6.59
Fs/Hy	1.66	1.16	.00	1.21	1.87	.00	.00	1.19
Mt	2.36	2.29	.00	2.74	2.56	.76	.00	2.71
Hm	.00	.00	3.87	.00	.00	2.56	3.76	.00
Il	.75	.79	.84	.81	.85	.66	.29	2.07
Ru	.00	.00	.02	.00	.00	.00	.45	.00
Ap	.21	.23	.23	.23	.21	.18	.49	.07
si	324.12	331.12	336.92	302.50	301.45	313.65	293.97	264.74
al	41.20	42.00	43.10	42.30	41.30	36.50	44.30	40.00
fm	20.70	19.20	23.90	23.10	23.00	17.60	27.00	31.10
c	3.90	3.50	4.90	.90	2.50	18.70	1.20	2.80
alk	34.20	35.30	28.10	33.70	33.20	27.20	27.50	26.10
k	.52	.43	.71	.50	.48	.96	.57	.40
mg	.34	.34	.32	.41	.37	.25	.51	.53
Q	50.40	50.72	57.06	49.93	49.35	51.35	55.25	50.65
L	43.89	44.20	37.81	44.63	44.62	39.87	39.21	41.05
M	5.71	5.08	5.13	5.44	6.03	8.78	5.54	8.30

(continua)

segue Tab. 2

	9	10	11	12	13	14
SiO ₂	66.47	66.02	62.63	57.39	51.72	51.38
TiO ₂	.42	.46	.71	1.00	1.07	1.17
Al ₂ O ₃	14.41	15.65	15.98	16.81	17.38	17.06
Fe ₂ O ₃	1.79	2.48	3.37	2.74	4.46	4.09
FeO	1.71	1.57	2.43	4.57	2.71	4.29
MnO	.05	.04	.09	.09	.17	.15
MgO	.76	.65	1.86	4.42	2.39	5.50
CaO	1.52	.44	.50	.37	4.41	2.01
Na ₂ O	4.36	3.67	4.15	5.28	5.65	6.08
K ₂ O	5.23	6.64	4.83	2.82	4.24	1.45
P ₂ O ₅	.06	.16	.14	.19	.00	.26
H ₂ O+	3.10	2.09	3.09	3.90	5.97	6.29
Somma	99.98	99.87	99.78	99.58	100.17	99.73
Q	17.00	17.72	16.24	6.92	.00	.00
C	.00	2.00	3.35	4.85	.00	.00
Or	30.90	39.24	28.54	16.66	25.05	8.56
Ab	36.89	31.05	35.11	44.67	31.94	51.44
An	4.30	1.13	1.56	.59	9.54	8.27
Ne	.00	.00	.00	.00	8.59	.00
Wo/Di	1.18	.00	.00	.00	5.15	.00
En/Di	.72	.00	.00	.00	4.45	.00
Fs/Di	.40	.00	.00	.00	.00	.00
En/Hy	1.17	1.61	4.63	11.00	.00	.00
Fs/Hy	.65	.14	.67	4.64	.00	1.28
Fo/Ol	.00	.00	.00	.00	1.05	5.26
Fa/Ol	.00	.00	.00	.00	.00	1.20
Mt	2.59	3.59	4.88	3.97	6.18	5.93
Hm	.00	.00	.00	.00	.19	.00
Il	.79	.87	1.34	1.89	2.03	2.22
Ap	.14	.37	.33	.45	.00	.61
si	307.26	304.70	255.95	192.83	159.29	151.09
al	39.20	42.50	38.50	33.40	31.60	29.60
fm	18.30	19.30	30.30	42.10	28.70	44.10
c	7.50	2.20	2.20	1.30	14.50	6.30
alk	35.00	36.00	29.00	23.20	25.20	20.00
k	.44	.54	.43	.26	.33	.14
mg	.29	.23	.37	.52	.38	.55
Q	46.95	48.12	46.45	40.17	28.39	31.24
L	46.08	46.77	44.41	43.56	53.46	46.81
M	6.97	5.11	9.14	16.27	18.15	21.95

TABELLA 3

*Analisi chimiche, norma CIPW, parametri di Niggli
delle ignimbriti di base e delle vulcaniti di Auccia*
(Analista R. M. ZANCHINI CAMERINI)

	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	74.70	74.44	71.52	70.53	68.17	66.71
TiO ₂	.00	.05	.38	.15	.53	.53
Al ₂ O ₃	13.79	13.98	13.25	14.48	15.08	14.70
Fe ₂ O ₃	0.73	.55	2.04	1.07	3.35	3.31
FeO	.43	.23	.14	1.89	.60	.50
MnO	.05	.00	.01	.02	.06	.05
MgO	.10	.12	.25	.61	.47	.96
CaO	.38	.12	.08	.05	.33	.67
Na ₂ O	.30	.20	3.41	1.61	4.27	4.47
K ₂ O	7.75	8.60	6.86	7.56	4.00	4.60
P ₂ O ₅	.00	.00	.38	.15	.10	.16
H ₂ O+	1.74	1.48	2.53	2.05	2.90	2.90
H ₂ O-	.08	.22	.00	.00	.00	.00
Somma	100.05	99.99	100.85	100.17	99.86	99.56
Q	42.20	39.92	25.95	30.55	26.89	20.68
C	4.21	4.12	.97	3.91	3.36	1.53
Or	45.80	50.82	40.54	44.67	23.63	27.18
Ab	2.53	1.69	28.85	13.62	36.13	37.82
An	1.88	.59	-2.08	-.73	.98	2.27
En/Hy	.24	.29	.62	1.51	1.17	2.39
Fs/Hy	.27	.00	.00	2.37	.00	.00
Mt	1.05	.59	.00	1.55	0.59	.23
Hm	.00	.13	2.03	.00	2.94	3.14
Il	.00	.09	.31	.28	1.00	1.00
Ru	.00	.00	.21	.00	.00	.00
Ap	.00	.00	.90	.35	.23	.37
si	502.43	501.92	406.19	385.82	345.98	317.24
al	54.70	55.50	44.40	46.70	45.00	41.20
fm	7.40	5.30	11.50	18.10	19.20	20.80
c	2.70	.90	.50	.30	1.80	3.40
alk	35.20	38.30	43.60	34.90	34.00	34.60
k	.94	.97	.57	.76	.38	.40
mg	.14	.23	.18	.27	.19	.33
Q	65.67	64.17	54.41	59.34	54.22	49.66
L	33.49	35.16	42.31	38.65	41.34	44.45
M	.84	.67	3.28	2.01	4.44	5.89

Caratteristici in tutti i litotipi sono i valori piuttosto elevati degli alcali e i tenori alti di Al_2O_3 .

Il diagramma $SiO_2/(Na_2O + K_2O)$ (fig. 3) mostra la tendenza alcalina abbastanza netta di tutte le vulcaniti analizzate. In esso è inoltre evidente un adden-

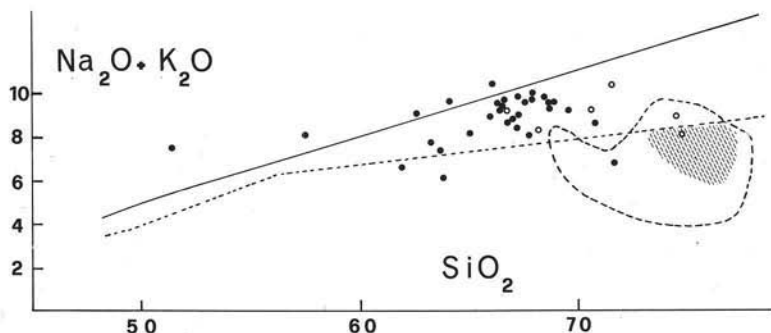


Fig. 3. — Diagramma $SiO_2/(Na_2O + K_2O)$. Oltre alle vulcaniti in esame (simboli come nel diagramma precedente, fig. 2) sono riportate in tratteggio obliquo l'area in cui cadono i punti rappresentativi delle vulcaniti del « Gruppo Superiore » del Complesso porfirico Atesino e nella curva tratteggiata quella delle ignimbriti Bergamasche.

TABELLA 1 - Numeri di riferimento e localizzazione dei campioni analizzati — 1) EG 33: Riolite alcalina. Val Rendena: strada Spiazso-M. Amolo. 2) D 4: Riolite alcalina. Val Caffaro: Stablo Caldine. 3) VT 7: Riolite alcalina. Val Trompia: colata principale. Da PEYRONEL PAGLIANI, 1965. 4) EG 12: Riolite alcalina. Val Caffaro: sommità M. Macaone. 5) S 4: Riolite alcalina. Val Caffaro: Rio Secco. Da CASSINIS ed al., 1975. 6) I L: Riolite alcalina. Val Caffaro: mulattiera Bagolino-Fienili Fontana. Da CASSINIS ed al., 1975. 7) F 5: Riolite alcalina. Val Caffaro: Dosso del Bue. Da CASSINIS et al., 1975. 8) EG 13: Riolite alcalina. Val Caffaro: sommità M. Macaone. 9) VT 6: Riolite alcalina. Val Trompia: seconda colata. Da G. PEYRONEL PAGLIANI, 1965. 10) EG 32: Riolite alcalina. Val Rendena: strada Spiazso-M. Amolo. 11) EG 38: Riolite alcalina. Val Rendena: strada Spiazso-M. Amolo. 12) EG 39: Riolite alcalina. Val Rendena: strada Spiazso-M. Amolo. 13) S 15: Riolite alcalina. Val Caffaro: Rio Secco. Da CASSINIS ed al., 1975. 14) K 8: Riolite alcalina. Val Caffaro: base M. Macaone. 15) EG 31: Riolite alcalina. Val Rendena: strada Spiazso-M. Amolo. 16) EG 22: Riolite alcalina. Val Daone: strada provinciale, presso Ronchi di Sotto. 17) EG 27: Riolite alcalina. Val Daone: strada provinciale, presso Ronchi di Sotto. 18) D 1: Trachite, « Porfido rosso violetto ». Val Daone, presso P.te Murandin. Da DIENI, 1958.

TABELLA 2 - Numeri di riferimento e localizzazione dei campioni analizzati — 1) EG 4: Riolite alcalina. Val Caffaro: base Corno de la Tor. 2) EG 16: Riolite alcalina. Val Caffaro: base M. Macaone. 3) EG 41: Riolite alcalina. Val Giulis: presso la Malga Serolo. 4) EG 15: Riolite alcalina. Val Caffaro: base M. Macaone. 5) EG 5: Riolite alcalina. Val Caffaro: base Corno de la Tor. 6) EG 10: Riolite alcalina. Val Caffaro: fienili Tonolo. 7) C 9: Riolite alcalina. Val Caffaro: base M. Macaone. 8) EG 9: Melariolite alcalina. Val Caffaro: fienili Tonolo. 9) CF: Trachite alcalina con quarzo. Val Caffaro: Corno de la Tor. Da CASSINIS ed al., 1975. 10) C 12: Trachite alcalina con quarzo. Val Caffaro: P.te dello Squadrone. Da CASSINIS ed al., 1975. 11) F 1: Trachite alcalina. Val Caffaro: Rio Secco. Da CASSINIS ed al., 1975. - Differenziati periferici: 12) Caps 19: Melariolite alcalina. Val Caffaro: Vie Rate. Da CASSINIS ed al., 1975. 13) Q 2: Latite. Val Caffaro: Ermos basso. Da CASSINIS ed al., 1975. 14) Caps 15: Latit-andesite. Val Caffaro: Vie Rate. Da CASSINIS ed al., 1975.

TABELLA 3 - Numeri di riferimento e localizzazione dei campioni analizzati — 1) VT 3: Riolite. Val Trompia: livello più basso. Da PEYRONEL PAGLIANI ed al., 1965. 2) VT 2: Riolite. Val Trompia: livello più elevato. Da PEYRONEL PAGLIANI, 1965. 3) Caps 21: Riolite alcalina. Val Caffaro: Vie Rate. Da CASSINIS ed al., 1975. 4) I D 5: Riolite alcalina. Val Caffaro: Santella del Curlo. Da CASSINIS ed al., 1975. 5) 7 G: Riolite. Sezione tipo di Auccia. Da PEYRONEL PAGLIANI e CLERICI RISARI, 1973. 6) 15 V: Riolite. Sezione tipo di Auccia. Da PEYRONEL PAGLIANI e CLERICI RISARI, 1973.

Indice di Larsen

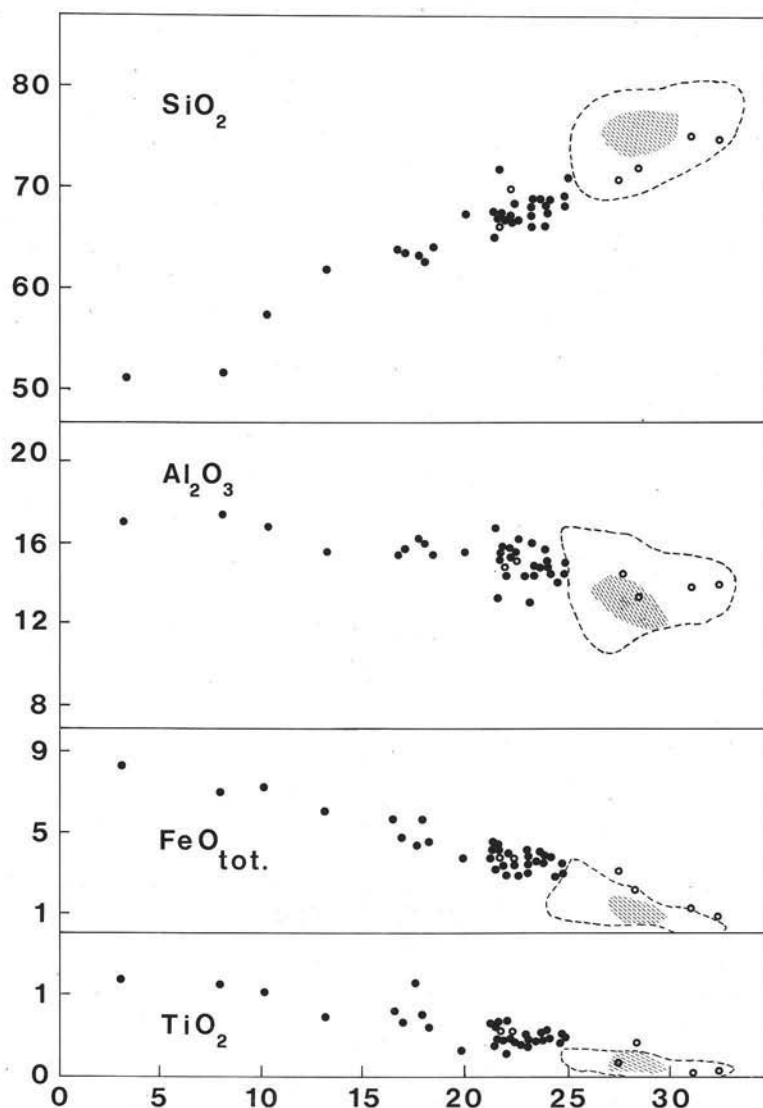


Fig. 4a. — Diagrammi: indice di Larsen - Ossidi. Per spiegazione vedere il testo.

samento di punti intorno a valori di SiO₂ del 66-69 %, determinato dai punti corrispondenti a tutte le lave riolitiche sia concordanti (Val Caffaro, Val Daone, Val Rendena) che discordanti, mentre solo i punti delle ignimbriti della Val Caffaro e della Val Trompia appaiono notevolmente dispersi e con valori di SiO₂ più elevati (70-72 %).

Le lave a tendenza trachitica delle masse discordanti cadono in parte nell'ad-

Indice di Larsen

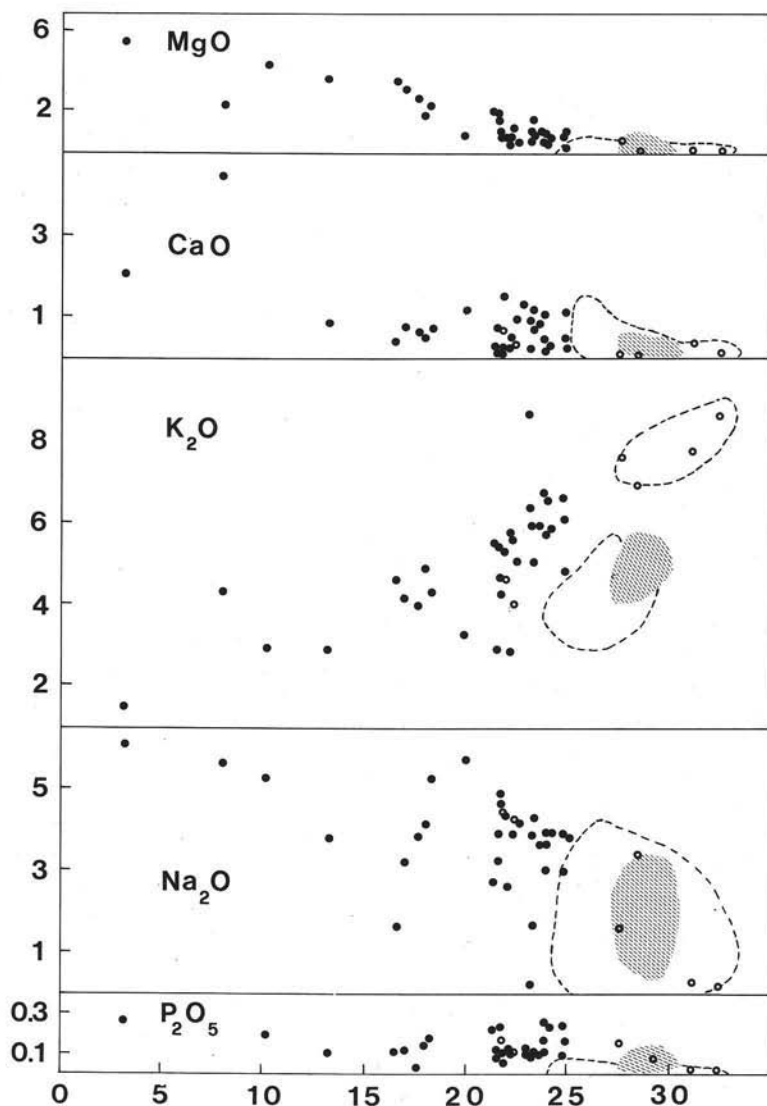


Fig. 4b. — Diagrammi: indice di Larsen - Ossidi. Per spiegazione vedere il testo.

densamento delle rioliti, in parte in un raggruppamento scarsamente popolato intorno ai valori 62-65 % di SiO₂. I punti rappresentativi delle parti marginali dei dicchi sono nettamente dispersi alla sinistra del diagramma. Delimitati da curve in tratteggio sono stati riportati per confronto i campi in cui cadono i punti rappresentativi delle vulcaniti costituenti il « Gruppo Superiore » del Complesso Effusivo Atesino (MITTEMPERGHER, 1958; BRONDI et al., 1970) e quelli rappresentanti

le vulcaniti delle Valli Bergamasche (ORIGONI GIOBBI, in stampa). Si può notare che sia le une che le altre formano raggruppamenti ben definiti spostati nel campo subalcalino, intorno a valori di SiO_2 del 70-78 %.

Altre variazioni composizionali sono messe in evidenza nei diagrammi: Indice di Larsen/Ossidi (fig. 4a e fig. 4b). Anche qui sono evidenti i raggruppamenti osservati nel diagramma precedente. Trends evolutivi lineari caratterizzano soprattutto SiO_2 , $\text{FeO}_{\text{tot.}}$, TiO_2 ; meno evidenti ma abbastanza significativi i trends di K_2O e Na_2O . Le ignimbriti e le lave atesine e le vulcaniti delle Valli Bergamasche occupano spazi ben differenziati da quelli delle vulcaniti studiate anche in questi diagrammi.

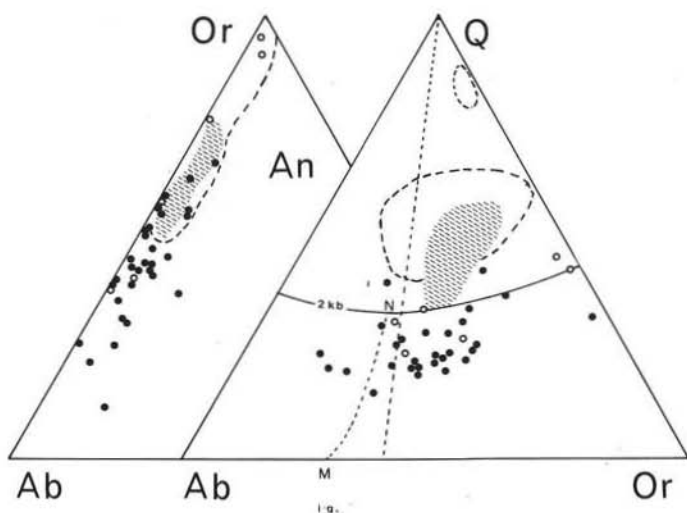


Fig. 5. — Sistema Or-Ab-An e sistema Q-Ab-Or. In quest'ultimo è riportata la curva cotettica a $P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \text{ Kb}$ tratta da O. F. TUTTLE e N. L. BOWEN (1958).

Nel diagramma Q-Ab-Or (fig. 5) si può notare un addensamento di punti in un'area piuttosto ristretta situata presso la linea cotettica per 2000 bars, nel campo dove il *K-feldspato* è sub-liquidus. Esso comprende anche i punti rappresentativi delle lave che, a differenza delle ignimbriti, contengono solo fenocristalli di *plagioclasio sodico* e *quarzo*, essendo tutto il *feldspato potassico* confinato nella massa di fondo. I punti restanti, che corrispondono quasi esclusivamente alle ignimbriti più deutericizzate dell'alta Val Trompia, sono fortemente dispersi.

Anche nel diagramma Or-Ab-An (fig. 5) si nota che i punti rappresentativi delle rocce analizzate cadono in massima parte nel campo di cristallizzazione primaria del *feldspato potassico*. I dati contrastanti fra la natura dei fenocristalli e la composizione chimica globale delle lave possono essere giustificati o dall'intervento di un processo evolutivo particolare, per cui i fenocristalli non sono più in equilibrio con la massa di fondo, oppure da trasformazioni deuteriche.

In effetti l'interpretazione dei dati petrochimici in questo tipo di rocce è resa

problematica a causa delle variazioni composizionali determinate da processi di alterazione tardo-post-magmatici che possono portare ad una lisciviazione del sodio e del calcio e ad un arricchimento in potassio.

Ad esempio le ignimbriti riolitiche di base al Collio in alta Val Trompia, che mostrano una deuterrizzazione assai più spinta che le corrispondenti ignimbriti della bassa Val Caffaro, hanno contenuti estremamente bassi di CaO e Na₂O e molto elevati di K₂O ($k = 0,96$).

Considerazioni conclusive

In base ai dati geologici e petrochimici attualmente a disposizione sulla serie effusiva permiana che affiora dalla Val Trompia alle Valli Giudicarie, si possono tentare alcune considerazioni conclusive.

Il vulcanesimo permiano inizia nella zona con l'emissione di ignimbriti riolitiche alcaline, associate a piroclastiti, affioranti in potenti bancate alla base della Formazione di Collio dall'alta Val Trompia alla bassa Val Caffaro, dove scompaiono ai piedi del Corno de la Tor. In questo settore le ignimbriti poggiano direttamente sul basamento gneissico-miscastoso, mentre sul versante orientale della bassa Val Caffaro compare il Conglomerato basale.

Seguono espandimenti di lave riolitiche, intercalate alle piroclastiti e ai sedimenti del Collio, che raggiungono la loro massima potenza e frequenza nel Collio superiore; questa attività vulcanica ha interessato pressochè completamente il bacino ed è stata soprattutto intensa verso la parte più orientale dello stesso.

Corpi a giacitura discordante, sia rispetto ai sedimenti del Collio inferiore, sia alle ignimbriti di base, ma mai rispetto alle lave interstratificate o alle Vulcaniti di Auccia (nei pressi delle quali non sono mai stati ritrovati) formano un'unità di notevole potenza affiorante dal Vallone del Rio Secco fino alla Val Riccomassimo. Documentati ampiamente dal CASSINIS (CASSINIS ed al., 1975), sono risultati allo studio petrografico e chimico del tutto simili alle lave in espandimenti; il loro chimismo è in genere riolitico-alcalino, ma non mancano, soprattutto nelle parti marginali, variazioni compositive che portano ad un chimismo trachi-riolitico o trachitico.

Al contatto fra questi corpi discordanti e le rocce incassanti è sempre presente, caratteristicamente, una facies di color verdastro, compatta, talvolta quasi afanítica, di vario spessore ma sempre assai sottile, che passa, talvolta gradualmente, talvolta bruscamente, alla facies porfirica rosata o grigiastrea normale.

In corrispondenza con il M. Macaone le cosiddette « Vulcaniti del M. Macaone » possono venir considerate come costituite da due tipi diversi di manifestazioni vulcaniche e, precisamente, mentre le lave della parte inferiore del monte possono essere correlate con la massa subvulcanica del Corno de la Tor, le lave sovrastanti, a partire da q. 1200 fino alla vetta, appaiono costituite da effusioni di lave che possono essere messe in relazione con le grandi colate concordanti del Dosso del Bue. In esse compaiono caratteristiche strutture di flusso e il colore da grigio diventa rosato. Non sono state messe in luce variazioni compositive fra le due manifestazioni.

Manifestazioni vulcaniche di tipo ignimbritico si sono avute posteriormente all'attività effusiva che ha portato alla formazione di colate, dalla Val Camonica fino alla Val Caffaro. Queste ignimbriti, sempre a chimismo riolitico, ma meno acide delle ignimbriti di base al Collio, costituiscono con i loro tufi, la formazione delle « Vulcaniti di Auccia ».

Per quanto riguarda i caratteri petrografici delle vulcaniti prese in esame, si può notare che la struttura porfirica è sempre manifesta, anche se nelle lave a tendenza trachitica la quantità e le dimensioni dei fenocristalli risultano minori e la massa di fondo appare ricca di minuti microliti feldspatici. La massa di fondo è sempre prevalente sulla frazione cristallina, ha struttura da micro- a cripto-cristallina nelle ignimbriti e nelle lave; nelle prime sono diffuse le strutture axiolitiche, eutassitiche e vitroclastiche con fiamme e sferuliti, nelle seconde sono sovente visibili strutture a « snow-flake » e strutture di flusso. Nelle masse sub-vulcaniche, soprattutto in quelle a chimismo trachitico la struttura diventa pilotassitica, talvolta fluidale, mentre nei differenziati periferici a composizione latitica o latit-andesitica la struttura è generalmente intersertale.

La frazione cristallina è costituita, nelle ignimbriti, da *K-feldspato monoclinico*, assai puro, *plagioclasio albitico*, *quarzo* e *biotite*. In tutte le altre vulcaniti il *K-feldspato* è assente e in quelle meno acide compare il *pirosseno*.

Il *quarzo* in tutte le vulcaniti si trova sia in fenocristalli subidiomorfi con anse e sacche riempite dalla pasta di fondo sia in individui fortemente corrosi o arrotondati, talvolta con estinzione ondulata. La presenza di *quarzo* nella frazione cristallina, soprattutto in vulcaniti a tenore non eccessivamente elevato di SiO_2 , come le lave riolitiche e trachitiche alcaline della zona studiata, pone il problema della sua natura. Sia l'aspetto fortemente corrosivo che l'evidente deformazione di una parte degli individui, sia le deduzioni che si possono trarre dall'osservazione del diagramma Q-Or-Ab portano a considerare questo minerale come un possibile « *relict* » estraneo al fuso iniziale.

Per quanto concerne gli aspetti petrochimici, si può notare che tutte le effusioni presentano in linea generale una certa omogeneità dal punto di vista mineralogico e chimico; esse occupano infatti un'area piuttosto limitata nel campo delle « alcali-rioliti » nel triangolo di STRECKEISEN, usando la chiave di RITTMAN, con massimo addensamento nelle vicinanze del limite fra il campo delle rioliti alcaline e quello delle trachiti alcaline.

L'esame dei diagrammi di variazione e delle tabelle delle analisi mette in luce, nonostante l'apparente omogeneità, la presenza di due gruppi di rocce: il primo, più ricco di SiO_2 , è rappresentato dalle ignimbriti di base al Collio; il secondo è formato da tutti gli altri litotipi con SiO_2 relativamente bassa; i punti rappresentativi di queste rocce si addensano al limite fra i campi delle rioliti alcaline e delle trachiti o addirittura per alcuni litotipi cadono decisamente in quest'ultimo.

Altre variazioni compositive, piuttosto lievi e poco estese, si sono riscontrate nelle facies verdastré (*chilled margins*) al contatto tra rocce incassanti e corpi sub-

vulcanici. La scarsa estensione e potenza di questi differenziati, e la variabilità del loro chimismo da una zona all'altra, possono essere spiegate con oscillazioni locali nella natura e nella quantità dei fenocristalli, che in questi litotipi sono molto ridotti nelle dimensioni ma in genere assai numerosi. Le oscillazioni sarebbero determinate da variazioni nella temperatura e, di conseguenza, nella viscosità del fuso.

Per quanto fenomeni deuterici tardo-post-magmatici abbiano interessato tutte le vulcaniti prese in esame, e, in particolar modo, quelle affioranti in Val Trompia, la loro composizione chimica attuale dovrebbe essere assai vicina a quella del fuso magmatico iniziale, tranne che per le variazioni di una certa entità che si possono osservare soprattutto nei rapporti fra Na_2O e K_2O .

Ammettendo per le vulcaniti del bacino bresciano un'origine anatettica, attualmente accettata per tutte le manifestazioni effusive acide e medio-acide permiane (MARINELLI, 1977), l'evoluzione magmatica in questa zona potrebbe venire così ipotizzata:

a) formazione nella crosta di magmi a composizione leggermente diversa in rapporto con una fusione differenziale più o meno spinta, sia perchè avvenuta a livelli diversi della crosta, sia per anomalie termiche locali;

b) effusione, quando si crearono condizioni tettoniche favorevoli, in un primo tempo dei magmi dei livelli più elevati, più acidi, e in seguito di magmi meno ricchi di SiO_2 provenienti da zone più profonde e quindi a più elevata termalità.

Allo stato attuale delle ricerche non è possibile un confronto approfondito fra le vulcaniti del permiano bresciano e quelle coeve della Piattaforma Porfirica Atesina, lungo il cui margine occidentale si è impostato il bacino lombardo. Si può, in linea di massima, ipotizzare una correlazione tra le vulcaniti permiane lombarde e le vulcaniti riolitiche (ignimbriti e lave) del cosiddetto « Gruppo Superiore » atesino. I risultati petrochimici da noi ottenuti, messi a confronto con quelli di litotipi porfirici atesini (MITTEMPERGER, 1958; BRONDI ed al., 1970) hanno messo in evidenza una maggiore alcalinità in tutte le vulcaniti lombarde, accompagnata, nelle lave riolitiche, da un contenuto inferiore di SiO_2 .

Indagini petrochimiche, che in via preliminare abbiamo voluto effettuare sulle lave permiane della Val Rendena, considerata da molti autori come una zona di transizione tra il vulcanesimo permiano atesino e quello lombardo, hanno dimostrato l'identità fra le suddette e le lave del Collio bresciano.

Ringraziamenti. — Le Autrici desiderano ringraziare vivamente il Prof. G. CASSINIS dell'Istituto di Geologia dell'Università degli Studi di Pavia, con il quale hanno collaborato intensamente durante questi ultimi anni, per aver fornito i dati geologici inerenti la zona in esame e il Prof. A. GREGNANIN per gli utili suggerimenti.

BIBLIOGRAFIA

- ARDIGÒ G. (1955) - *Geologia della regione fra il Sebino e l'Eridio. Parte IV - La porzione nord-occidentale (stratigrafia)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 5, 65-82.
- BAILEY D.K. (1974) - *Continental rifting and alkaline magmatism. The alkaline rocks*. Ed. Sorensen, Londra, 148-159.
- BONI A. (1947) - *Geologia della regione tra il Sebino e l'Eridio. Parte II - Il margine occidentale*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 2, 67-102.
- BONI A., CASSINIS G. (1973) - *Carta geologica delle Prealpi Bresciane a sud dell'Adamello. Note illustrative della legenda stratigrafica*. Atti Ist. Geol. Univ., Pavia, 23, 119-159.
- BRONDI A., GHEZZO C., GUASPARRI G., RICCI C.A., SABATINI G. (1970) - *Le vulcaniti paleozoiche nell'area settentrionale del Complesso effusivo atesino. Nota I. Successione stratigrafica, assetto strutturale e vulcanologico nella Valle Sarentina*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., LXXVII, 177-200.
- CASSINIS G. (1966 a) - *Rassegna delle formazioni permiane dell'Alta Val Trompia (Brescia)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 17, 51-56.
- CASSINIS G. (1966 b) - *La Formazione di Collio nell'area tipo dell'alta Val Trompia (Permiano inferiore bresciano)*. Riv. Ital. Paleon. Strat., 72, 507-590.
- CASSINIS G. (1969) - *Vulcaniti di Auccia*. Studi ill. Carta Geol. d'Italia. Form. Geol., 2, 23-30.
- CASSINIS G., ORIGONI GIOBBI E., PEYRONEL PAGLIANI G. (1975) - *Osservazioni geologiche e petrografiche sul permiano della bassa Val Caffaro (Lombardia orientale)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 25, 17-71.
- CASSINIS G., PEYRONEL PAGLIANI G. (1976) - *Le permien des prealpes lombardes orientales. The Continental Permian in Central, West and South Europe*. D. Reidel. Publ. Comp. Dordrecht-Holland, 148-168.
- D'AMICO C. (1966) - *Le riodaciti del M. Zaccon (Valsugana)*. Min. Petr. Acta, 12, 11-35.
- D'AMICO C., VENTURELLI G. (1968) - *Riodaciti e rioliti atesine in cupole e colate di Piné (Trento)*. Min. Petr. Acta, 14, 143-170.
- DIENI I. (1958) - *I porfidi sienitici permiani della Valle di Daone*. Studi Tren. Sc. Nat., 35, 1-13.
- MARINELLI G. (1975) - *Magma evolution in Italy*, in «*Geology of Italy*». Petr. Expl. Soc. Lybia, 165-219.
- MITTEMPERGER M. (1958) - *La serie effusiva paleozoica del Trentino-Alto Adige (I contributo)*. Studi e ricerche della Div. Geom., C.N.R. Roma, 1, 1-75.
- PEYRONEL PAGLIANI G. (1965) - *Studio petrografico delle vulcaniti della «Formazione di Collio» in alta Val Trompia (Brescia)*. Rend. Ist. Lomb. Sc. Lett. Cl. Sc. (A), 99, 148-174.
- PEYRONEL PAGLIANI G., CLERICI RISARI E. (1973) - *Le ignimbriti paleozoiche costituenti la formazione «Vulcaniti di Auccia» (Permico Bresciano)*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, 23, 160-169.
- TUTTLE O.F., BOWEN N.L. (1958) - *Origin of granite in the light of experimental studies in the system $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$* . Geol. Soc. Am. Mem., 74, pp. 153.