

Classificazione chimica delle rocce vulcaniche mediante il diagramma TAS (Total Alkali-Silica)

Proposte della Sottocommissione della I.U.G.S. per la sistematica delle rocce magmatiche

BRUNO ZANETTIN

Istituto di Mineralogia e Petrologia dell'Università di Padova
Via Garibaldi 37, 35100 Padova

RIASSUNTO. — Nel 1976 la Sottocommissione per la Sistematica per le rocce magmatiche della IUGS ha raccomandato l'uso dell'ormai noto doppio triangolo modale *QAPF* per la classificazione delle rocce plutoniche.

Poiché le rocce vulcaniche non possono essere adeguatamente classificate né su base modale né su base normativa, la stessa Sottocommissione ha proposto, nel 1984, una classificazione chimica, basata sul diagramma « Total Alkali-Silica » (TAS). L'uso di sistemi classificativi diversi per le plutoniti e per le vulcaniti limita notevolmente la tradizionale equivalenza fra queste due categorie di rocce.

Il diagramma TAS comprende 14 campi principali derivati dall'intersezione di linee radiali rispetto all'origine — e che separano settori a diverso grado di saturazione di silice — con un altro sistema di linee — che indica diversi gradi di evoluzione magmatica. Ad ogni campo corrisponde, ovviamente, un nome; ulteriori suddivisioni entro lo stesso campo si possono ottenere mediante altri parametri chimici o normativi.

Il diagramma TAS rappresenta inoltre un mezzo semplice per definire il carattere « seriale » delle rocce analizzate.

Parole chiave: classificazione chimica, rocce vulcaniche, diagramma TAS, alcali-silice, Sottocommissione I.U.G.S.

CLASSIFICATION OF MAGMATIC ROCKS: RECOMMENDATIONS OF THE « AD HOC » SUBCOMMISSION OF THE INTERNATIONAL UNION FOR GEOLOGICAL SCIENCES (IUGS)

In 1978 the IUGS Subcommission on Systematics of Igneous rocks recommended the use of the well-known modal double-triangle *QAPF* for the classification of plutonic rocks.

Given that volcanic rocks may not be adequately classified on a modal nor a normative basis, in 1984 the Subcommission proposed a chemical classification based on the « Total Alkali vs. Silica (TAS) diagram ». It should be noted that different

classification systems for volcanic and intrusive rocks, respectively, would considerably undermine the traditional correspondence between them.

The TAS diagram comprises 14 principal fields deriving from the intersections of radial lines emanating from the origin, indicating sectors of different silica saturations, with transversal lines which indicate different degrees of magmatic evolution. Each field is identified by a root name; further subdivisions within each field may be obtained by means of additional chemical and/or normative parameters.

In addition, the TAS diagram represents a simple system to define the « serial » character of analyzed rocks.

Key words: chemical classification, volcanic rocks, TAS diagram, alkali-silica, IUGS Subcommission.

Il diagramma *QAPF* è già largamente usato in tutto il mondo per classificare le rocce plutoniche. Dato che i nomi originali delle rocce intrusive sottintendevano una composizione mineralogica quantitativa più o meno definita, tale diagramma doveva essere necessariamente modale; l'uso di altri metodi, p. es. quello chimico, avrebbe comportato la ridefinizione dei vecchi nomi o il conio di nuovi.

Il problema si ripropose più tardi per le rocce vulcaniche dato che esse spesso non consentono un'analisi modale sufficientemente accurata, rendendo così inevitabile una loro classificazione su base chimica. L'uso di un diagramma chimico veniva a cozzare contro l'idea consolidata che dovesse esistere una perfetta corrispondenza classificativa fra rocce plutoniche e rocce vulcaniche: ai grani-

ti dovevano corrispondere le rioliti, ai gabbri e basalti, e così via.

Per aggirare l'ostacolo la Sottocommissione dello I.U.G.S. ha a lungo sperimentato la via, apparentemente semplice, di costruire le associazioni mineralogiche partendo dai dati chimici (mediante norme di vario tipo: C.I.P.W., Rittmann, Barth e Niggli ecc.) in modo da poter far uso di un diagramma $Q'AP'F'$, corrispondente normativo del doppio triangolo usato per le rocce plutoniche.

Ma i risultati non sono stati incoraggianti a causa di varie difficoltà, prima fra tutte quelle di stabilire in quali proporzioni l'albite normativa vada distribuita fra feldspato potassico e anortite.

Non restava quindi altra alternativa che adottare, per le rocce vulcaniche, un sistema classificativo chimico, sacrificando così la loro tradizionale corrispondenza con le rocce plutoniche.

Dopo aver discusso, e poi scartato per varie ragioni, i diagrammi chimici proposti in anni recenti da vari autori, fra i quali notevole quello di DE LA ROCHE et al. (1980), la Sottocommissione si è orientata a svolgere un'indagine accurata sulle possibilità classificative offerte dal diagramma più semplice e più noto, il diagramma di Harker (Silice-alcali).

L'uso di tale diagramma era stato largamente sfruttato, sia ai fini di stabilire l'appartenenza di una roccia vulcanica ad una determinata serie magmatica (Mc DONALD e KATSURA, 1964; KUNO, 1968; PEACOCK, 1931; RITTMANN, 1960), sia ai fini di una classificazione vera e propria (MIDDLEMOST, 1972; FROLOVA e PETROVA, 1974; BOGATIKOV et al., 1981; COX et al., 1979).

Nella preparazione del diagramma TAS (che non è definitivo in senso assoluto, potendovi essere apportate, se giustificate, alcune modifiche non sostanziali, o ulteriori suddivisioni) si è cercato di far coincidere, nella misura consentita dai risultati statistici, la classificazione chimica con quella modale $QAPF$.

La costruzione del diagramma TAS

Per la suddivisione dell'area del diagramma silice-alcali (fig. 1) sono state usate circa 24.000 analisi chimiche di rocce fresche

($H_2O < 2\%$, $CO_2 < 0,5\%$) provenienti dai files CLAIR e PETROS.

Non sono state prese in considerazione rocce di tipo cumulitico. I valori di SiO_2 e degli alcali sono stati ricalcolati a cento dopo aver escluso H_2O e CO_2 .

Sono stati proiettati nel diagramma i punti rappresentativi di tutti i principali gruppi di rocce, intendendo per « gruppo » l'insieme delle rocce indicate dagli autori delle analisi con lo stesso nome, vale a dire le rocce chiamate basalti, o andesiti, o trachiti ecc. Trascorrendo i punti dispersi e restringendo il nome di ciascun gruppo alle rocce che cadono nelle aree di massima frequenza sono stati definiti 14 campi. Tali campi risultano dall'intersezione di due sistemi di linee: uno disposto a raggiera, l'altro costituito da una serie di spezzate che, in prima approssimazione, si può far corrispondere ad una serie di archi di cerchio concentrici. Le linee radiali via via più alte sono linee ad alcalinità crescente. Le linee concentriche via via più esterne possono essere considerate indicative di un crescente grado di evoluzione magmatica. Si noti come l'andamento di queste ultime sia in accordo con le linee che rappresentano i valori approssimativi di MgO nel diagramma silice-alcali (fig. 2). Come è noto, il valore di MgO è in vario modo usato dai petrologi come indice di differenziazione.

Le linee radiali

La linea radiale più bassa separa le rocce di serie alcalina da quelle di serie subalcalina (¹).

La scelta di questa linea è stata determinata da varie considerazioni. Essa è quasi coincidente (fig. 3) con la linea di KUNO; con quelle adottate dai sovietici; si sovrappone alla gradinata di MIDDLEMOST; è molto prossima alla linea corrispondente al sigma 3 di RITTMANN. Inoltre, e ciò è più importante, essa si colloca in un'area poco popolata (fig. 4) che sta a cavallo di due aree di pertinenza di rocce definite con sicurezza rispettivamente alcaline e subalcaline.

(¹) Questa linea congiunge i due punti a coordinate 52,5 e 68,9. È possibile che quest'ultimo punto venga in futuro spostato sui valori 69,8. La linea risulterebbe così leggermente abbassata.

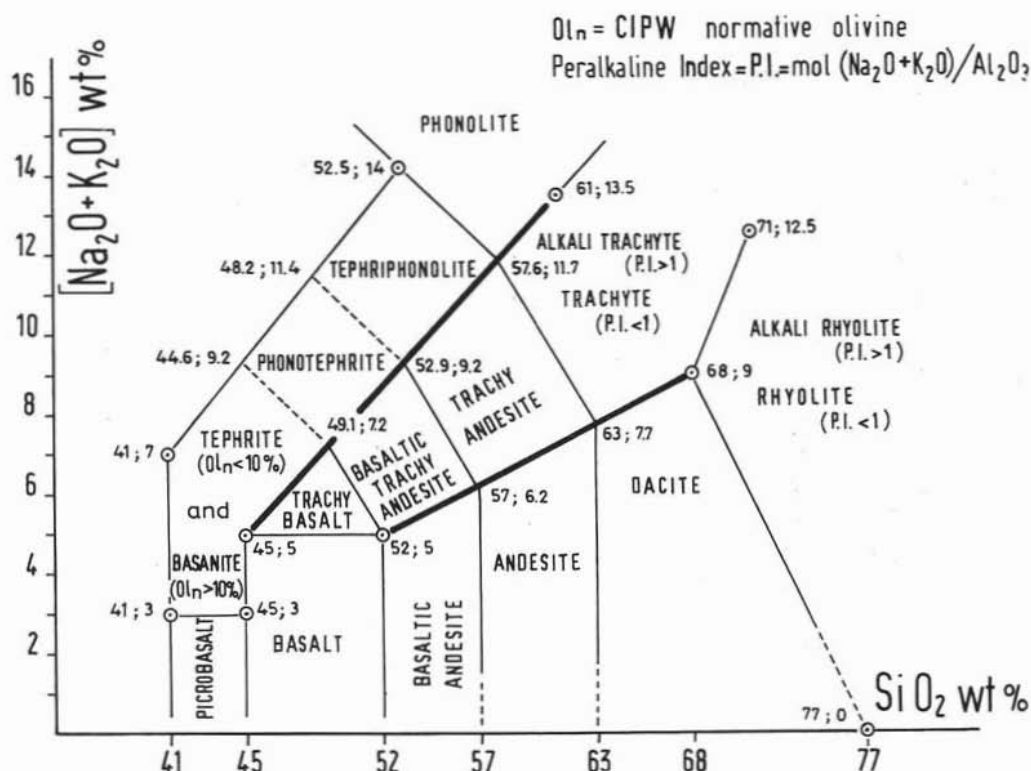


Fig. 1. — Diagramma TAS (Total Alkali-Silica) (da ZANETTIN, 1984) - Le due linee radiali più marcate separano tre settori a diverso grado di alcalinità: nel settore inferiore si proiettano le rocce subalcaline, in quello intermedio le rocce alcaline e in quello superiore le rocce «altamente» alcaline. Le linee trasversali rispetto a quelle radiali indicano gradi di evoluzione magmatica crescenti verso destra. Nel diagramma sono riportati anche i criteri supplementari necessari per definire correttamente il nome (root name) di alcuni gruppi di rocce. — Total alkali vs. silica (TAS) diagram (ZANETTIN, 1984) - Thick radial lines separate three sectors with different degrees of alkalinity, i.e. lower, intermediate and higher, corresponding to subalkaline, alkaline and higher alkaline rocks, respectively. Transversal lines indicate degrees of magmatic evolution increasing from left to right. Some additional parameters necessary for the correct definition of the root names of some rock types are also given.

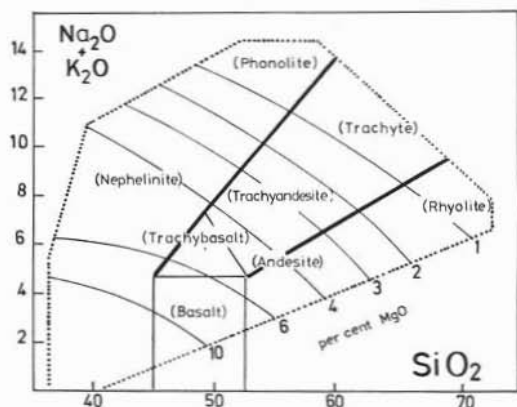
La figura mostra anche che per valori decrescenti di silice la fascia delle rocce alcaline e quella delle rocce subalcaline vengono a convergere e infine, per valori inferiori a 52 % (rocce basiche), a sovrapporsi. Questa è la ragione per la quale la linea è stata interrotta in corrispondenza a tale valore.

Una seconda linea radiale divide le rocce di serie alcalina da quelle di una serie che si può provvisoriamente indicare come «altamente alcalina» (fig. 3). Essa è prossima sia alla linea usata da SAGGERSON per separare dalle altre le rocce con alto contenuto in nefelina (10 %), sia alle analoghe linee proposte da FROLOVA e PETROVA e da MIDDLEMOST. Quella da noi adottata corrisponde approssimativamente al 10 % di nefelina

(foidi) normativa computata sulla base di $A'P'F' = 100$ (ove A' = feldspati alcalini, P' = plagioclasti, F' = foidi).

Queste due linee radiali (fig. 1) separano tre fasce ben distinte dal punto di vista del grado di saturazione della silice dedotto dalla norma CIPW ⁽²⁾.

⁽²⁾ Dato che il grado di saturazione in silice dipende, almeno in parte, dallo stato di ossidazione del ferro, si raccomanda di usare, nel calcolo, i valori di FeO e di Fe₂O₃ direttamente forniti dall'analisi; eventuali modifiche del rapporto fra i due ossidi devono essere chiaramente indicate e giustificate. In fig. 5 è riportata la posizione approssimativa che le due linee radiali del diagramma TAS assumerebbero nel diagramma normativo $Q'A'P'F'$.



Nella fascia più bassa si proiettano quasi esclusivamente rocce soprasature, cioè quarzo-normative (*Qn*) (andesiti basaltiche, andesiti, daciti e rioliti), in quella più alta quasi

Fig. 2. — Valori approssimativi di MgO nel diagramma silice-alcali (modificato, da Cox et al. (1979)). Per comodità del lettore sono state inserite anche alcune linee fondamentali del diagramma TAS. Dal confronto con la fig. 1 risulta un sostanziale parallelismo fra i valori di MgO e le linee che nel diagramma TAS indicano il grado di evoluzione magmatica. — Approximate MgO values in the total alkali silica diagram (modified after Cox et al., 1979). Some fundamentals TAS lines are included for the reader's convenience. Comparison with fig. 1 demonstrates that the MgO values are essentially parallel to the transversal TAS lines indicating degrees of magmatic evolution.

esclusivamente rocce sottosature, cioè nefelina-normative (*Nen*) (basaniti, tefriti, fonotefriti, tefrifonoliti, fonoliti), nella fascia intermedia rocce che per comodità vengono indicate come sature, ma che in realtà hanno saturazione variabile (trachibasalti, trachian-desiti basaltiche, trachian-desiti, trachiti e

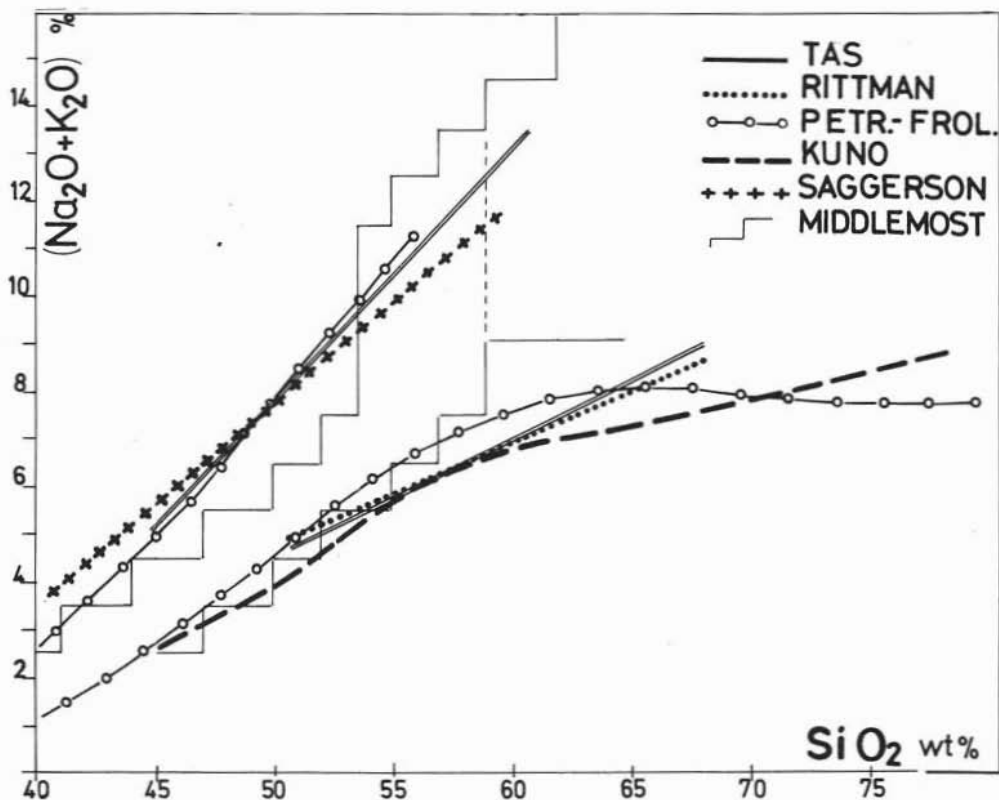
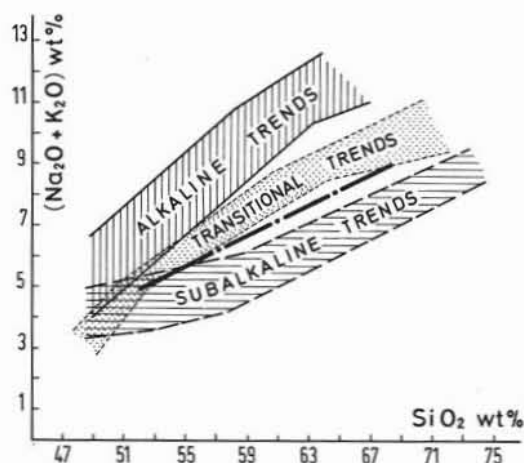


Fig. 3. — Confronto fra le linee radiali usate nel TAS per separare serie di rocce a diverso grado di alcalinità, e analoghe linee divisorie proposte da altri autori. — Comparison between the radial TAS lines used to distinguish rock series with different degrees of alkalinity and similar lines proposed by other authors.



alcali trachiti). Per queste ultime può essere quindi importante sapere se siano quarzo-normative (Qn), olivina-normative (On) o nefelina-normative (Nen).

I numerosi tests finora eseguiti mostrano che i punti rappresentativi di prodotti comagmatici a grado di evoluzione crescente si dispongono, nel diagramma, lungo allineamenti più o meno rettilinei, subparalleli alle linee radiali.

Il diagramma TAS rappresenta quindi uno strumento semplice ed efficace per definire il carattere seriale delle rocce vulcaniche.

Fig. 4. — La linea che nel diagramma TAS separa le rocce di serie subalkalina da quelle di serie alcalina si colloca in un'area poco popolata. Si noti che per valori decrescenti di silice i punti rappresentativi delle rocce delle due serie si avvicinano fino a sovrapporsi per valori di silice inferiori al 52 %. — The TAS line which separates rocks of the alkaline series from those of the subalkaline series is placed in a low density area. Note that representative compositions from the two series tend to converge for decreasing silica and overlap for $\text{SiO}_2 < 52 \text{ wt}\%$.

Le linee concentriche

Nella fascia inferiore del diagramma TAS, che contiene il 77 % del totale delle rocce considerate, le linee concentriche sono per lo più verticali, anziché inclinate, come dovrebbero essere; in tal modo è il valore della silice a determinare l'appartenenza di una roccia ad uno dei gruppi che costituiscono la serie subalkalina (picrobasilto, basalto⁽³⁾, andesite basaltica, andesite, dacite, riolite).

Le ragioni di tale scelta sono numerose:

- i valori di 45 %, 52 %, 63 % SiO_2 erano già stati adottati dalla Sottocommissione come limiti rispettivamente per le rocce ultrabasiche, basiche, intermedie ed

⁽³⁾ Va ricordato che l'11 % circa dei basalti TAS ha carattere alcalino.

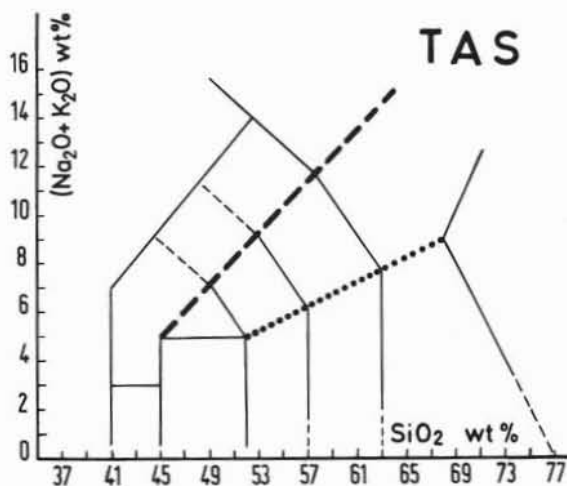
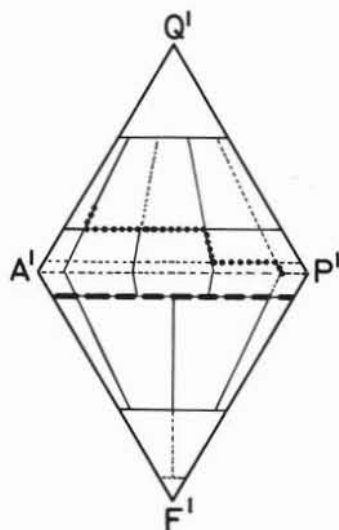


Fig. 5. — Posizione approssimativa che le due linee radiali del diagramma TAS assumerebbero nel diagramma normativo $Q'A'P'F'$. — Approximate location of the two radial TAS lines in the normative $Q'A'P'F'$ diagram.

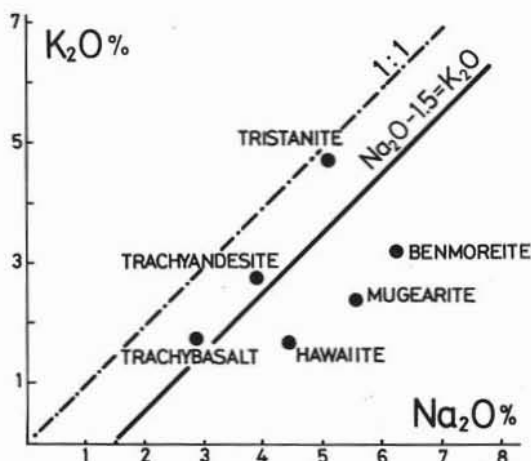


Fig. 6. — Il diagramma mostra come la linea $\text{Na}_2\text{O} - 1,5 = \text{K}_2\text{O}$ separi, nell'intervallo trachibasalti → trachiandesiti, i tipi sodici da quelli potassici. — This diagram shows the line $\text{Na}_2\text{O} - 1,5 = \text{K}_2\text{O}$ which separates sodic rock types from potassic ones in the field trachybasalt → trachyandesite.

acide, in accordo con le proposte di JOHANNSEN (1950);

- b) valori molto prossimi a quelli proposti sono stati usati nelle classificazioni di FROLOVA e PETROVA (1974), di PECCE-RILLO e TAYLOR (1976), di MIDDLEMOST (1972), e, in parte, di COX et al. (1979).

La linea che separa il campo delle daciti da quello delle rioliti è invece inclinata, anziché posta verticalmente al valore di 68 % SiO_2 , in quanto essa meglio si adatta alla distribuzione osservata di rocce chiamate daciti e rioliti. Analoga considerazione ha consigliato, per contrapposto, di separare le trachiti dalle rioliti mediante una linea verticale (sempre sul valore 68 % SiO_2) anziché inclinata.

Nomenclatura

Nomi dei gruppi (root names)

Come si è detto, l'intersecarsi delle linee radiali con quelle concentriche definisce 14 campi. Undici di questi sono contraddistinti da un solo nome (root name), mentre ciascuno degli altri tre offre l'alternativa fra due nomi. Essi sono: a) riolite o riolite alca-

lina; b) trachite o trachite alcalina; c) basanita o tefrite. La scelta di uno dei due nomi richiede criteri aggiuntivi.

Una roccia riolitica o trachitica sarà chiamata riolite alcalina o trachite alcalina se l'Indice Peralcalino (P.I.) è maggiore di 1.

L'Indice Peralcalino è dato da $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$ (in moli), il che equivale a $(1,6 \text{ Na}_2\text{O} + 1,06 \text{ K}_2\text{O}) / 0,98 \text{ Al}_2\text{O}_3$ in peso %.

La distinzione fra basaniti e tefriti richiede l'uso della norma CIPW. Le rocce con olivina normativa superiore al 10 % sono basaniti, le altre sono tefriti.

Nomi dei sottogruppi (sub-root names)

Tradizionalmente le rocce sono state distinte in sodiche e potassiche a seconda del prevalere di Na_2O o di K_2O (JOHANNSEN, 1950; RITTMANN, 1960).

La Sottocommissione della I.U.G.S. propone invece che una roccia sia considerata sodica o potassica a seconda che $\text{Na}_2\text{O} - 1,5$ sia rispettivamente maggiore o minore di K_2O (fig. 6). Usando questo criterio (che ancora non è definitivo) il 33 % delle rocce vulcaniche risultano potassiche, mentre adottando come discriminante il rapporto $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O} = 1 : 1$, questo valore si riduce al 12 %.

Ma la scelta di questo valore è legata soprattutto al fatto che nelle rocce della serie cosiddetta satura esso separa bene le rocce che nella letteratura (NOCKOLDS et al., 1978) sono state indicate come sodiche (hawaiiti, mugeariti, benmoreiti), da quelle un tempo indicate come potassiche (trachibasalti, trachiandesiti e tristaniti). Usando il rapporto tradizionale quasi tutte queste rocce risulterebbero sodiche. In effetti, ai fini della nomenclatura, l'applicazione di questo criterio è rilevante solo per le rocce della serie satura: trachibasalti, trachiandesiti basaltiche, trachiandesiti. I rispettivi tipi sodici possono prendere opzionalmente il nome (sub-root name) di hawaiite o di trachibasalto sodico; di mugearite o di trachiandesite basaltica sodica; di benmoreite o di trachian-desite sodica. I tipi potassici il nome di trachibasalto potassico; di shoshonite o di trachian-desite basaltica potassica; di latite o di trachian-desite potassica.

Basalti alcalini e subalcalini

Nel campo dei basalti (fig. 7) si possono distinguere due sottogruppi. Seguendo la classificazione normativa (tetraedro) di YODER e TILLEY (1962) ed accogliendo i risultati di una indagine su vasta scala condotta dalla Sottocommissione dello I.U.G.S. i basalti con nefelina normativa prendono il nome (sub-root name) di *basalti alcalini*. Quelli privi di nefelina normativa, cioè sia ad olivina che a quarzo normativo, prendono il nome di *basalti subalcalini*. Nella parte superiore del campo i basalti a diverso grado di saturazione in silice vengono in parte a sovrapporsi fra loro (BELLINI et al., 1983); per distinguere fra tipi alcalini e subalcalini è quindi necessario ricorrere alla norma C.I.P.W. Sotto la linea indicata in fig. 7 si proietta circa il 70 % del totale dei basalti, e, salvo una percentuale trascurabile (2 %), tutti questi sono privi di nefelina normativa e possono quindi essere classificati direttamente come basalti subalcalini (⁴).

Riassunto e conclusioni

Il diagramma TAS soddisfa in modo conveniente alle contrapposte esigenze di semplicità di metodo e di attendibilità classificativa. Mediante la sola proiezione del valore della silice e degli alcali si giunge, di norma, a definire il nome del gruppo (root name) cui la roccia appartiene. In due casi (rioliti e trachiti) è necessario ricorrere a criteri supplementari, che richiedono solo di verificare se $(1,6 \text{ Na}_2\text{O} + 1,06 \text{ K}_2\text{O})$ è maggiore o minore di $0,98 \text{ Al}_2\text{O}_3$, per decidere se si tratti o meno di rioliti e trachiti alcaline. In un solo caso è necessario l'uso della norma C.I.P.W. (basaniti e tefriti).

Le rocce che si proiettano sopra la linea che attraversa il campo dei basalti richiedono l'uso della norma C.I.P.W. per decidere se si tratti di tipi alcalini o subalcalini. Le rocce che stanno sotto la linea sono basalti subalcalini.

Ovviamente potranno rendersi necessarie,

(⁴) Ulteriori suddivisioni dei basalti subalcalini (basalti calcalkalini, tholeiitici, transizionali (?) ecc.) saranno possibili in futuro mediante opportuni criteri chimici. La Sottocommissione non si è tuttavia ancora impegnata in questo senso.

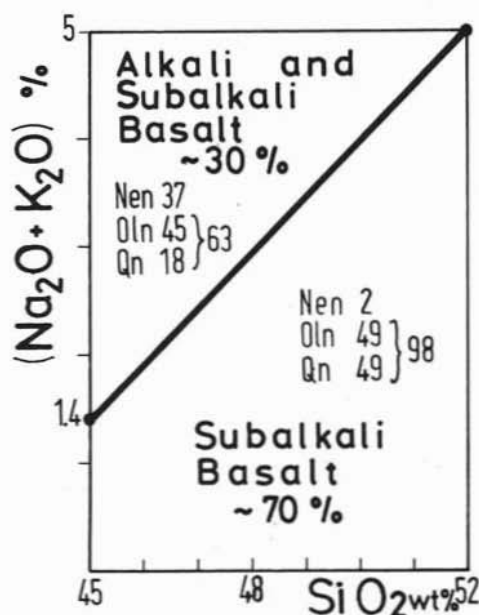


Fig. 7. — Distribuzione dei basalti alcalini e subalcalini nel campo dei basalti TAS. — Distribution of alkaline and subalkaline basalts in the TAS basalt field.

da parte dei petrologi, altre specificazioni (per es. low-k, high-k, low-Mg, high-alumina) per definire meglio i caratteri chimici delle rocce studiate. In tal caso si raccomanda che i criteri adottati siano chiaramente e accuratamente definiti.

Si ricorda infine che l'uso di diagrammi o sistemi classificativi diversi comporta inevitabilmente risultati in varia misura discrepanti; nel dare il nome della roccia sarà quindi necessario menzionare il sistema classificativo adottato.

Ringraziamenti. — La prima bozza del diagramma TAS fu preparata a Padova da un piccolo gruppo di lavoro guidato da R. LE MAITRE e comprendente: G. BELLINI, E. JUSTIN-VISENTIN, M.J. LE BAS, E.M. PICCIRILLO, R. SCHMID, A. STRECKEISEN e B. ZANETTIN.

I sottolencati membri della Sottocommissione della I.U.G.S. hanno contribuito alla preparazione della versione finale della classificazione TAS: G. BELLINI, F. CHAYES, A. DUDEK, S.V. EFREMOVA, J. KELLER, M.J. LE BAS, R.W. LE MAITRE, N.P. MIKHAILOV, H. DE LA ROCHE, P.A. SABINE, R. SCHMID, H. SÖRENSEN, A. STRECKEISEN, V. SZECKY-FUX, M. TERUGGI e B. ZANETTIN.

Altri colleghi che hanno significativamente contribuito al lavoro della Sottocommissione sono: J.H. BRÄNDLE, K.G. COX, A. CUNDARI, E.A.K. MIDLEMOST, M. MUÑOZ, S. PELTZ, G.O. SNYDER, W.J. WADSWORTH e J.F.G. WILKINSON.

BIBLIOGRAFIA

- BELLIENI G., JUSTIN VISENTIN E., LE MAITRE R.W., PICCIRILLO E.M. & ZANETTIN B. (1983) - *Proposal for a division of the basaltic (B) field of the TAS diagram*. IUGS Subcommittee, 38th circular, Contrib. No. 102, 1-6.
- BOGATIKOV O.A., GONSHAKOVA V.I. & EFREMOVA S.V. JERBEI - *Classifikatsiya i nomenklatura magmaticheskikh gornich porod*. Moscow Nedra.
- COX K.G., BELL J.D. & PANKHURST R.J. (1979) - *The Interpretation of Igneous Rocks*. George Allen & Unwin, London.
- FROLOVA T.I. & PETROVA M.A. (1974) - *The classification diagram of effusive rocks*. IUGS Subcommittee, 18th circular, Contrib. No. 39, 25-30.
- HATCH F.H., WELLS A.K. & WELLS M.K. (1949) - *The Petrology of the Igneous Rocks*. Thomas Murby, London.
- IRVINE T.N. & BARAGAR W.R. (1971) - *A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks*. Can. J. Earth Sci., 8, 523-548.
- JOHANNSEN A. (1950) - *A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks*. Vol. 1, University of Chicago Press, Chicago.
- KUNO H. (1968) - *Differentiation of basalt magma*. In «Basalt», J. Wiley and Sons, 2, 623-688.
- LE MAITRE R.W. (1976 a) - *Some problems of the projection of chemical data into mineralogical classification*. Contrib. Mineral. Petrol., 56, 181-189.
- LE MAITRE R.W. (1976 b) - *Chemical variability of some common igneous rocks*. J. Petrol., 17, 589-637.
- LE MAITRE R.W., BELLINI G., LE BAS M.J., SCHMID R., STRECKEISEN A., ZANETTIN B., PICCIRILLO E.M. & JUSTIN-VISENTIN E. (1982) - *A proposal for a definitive chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram*. IUGS Subcommittee, 36th circular, Contrib. No. 100, 1-24.
- LE MAITRE R.W. (1984) - *A proposal by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks for a chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica (TAS) diagram*. Australian Journ. Earth Sciences, 31, 243-255.
- MACDONALD G.A. & KATSURA T. (1964) - *Chemical composition of Hawaiian lavas*. Journ. Petr., 5, 82-133.
- MIDDLEMOST E.A.K. (1972) - *A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks*. Bull. Volcanol., 36, 382-397.
- MIDDLEMOST E.A.K. (1980) - *A contribution to the nomenclature and classification of volcanic rocks*. Geol. Mag., 117, 51-57.
- NOCKOLDS S.R., KNOX W. O', B. & CHINNER G.A. (1978) - *Petrology for Students*. Cambridge University Press, Cambridge.
- PEACOCK M.A. (1931) - *Classification of igneous rocks*. Journ. Geol., 39, 54-47.
- PECCERILLO A. & TAYLOR S.R. (1976) - *Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey*. Contrib. Miner. Petrol., 58, 63-81.
- RITTMANN A. (1960) - *Vulkane und ihre Tätigkeit*. F.E. Verlag, Stuttgart.
- RITTMANN A. (1973) - *Stable Mineral Assemblages of Igneous Rocks*. Springer, Heidelberg.
- STRECKEISEN A. (1978) - *Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks*. N. Jb. Miner. Abh., 134, 1-14.
- STRECKEISEN A. & LE MAITRE R.W. (1979) - *A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks*. N. Jb. Miner. Abh., 136, 169-206.
- I.U.G.S. SUBCOMMISSION ON THE SYSTEMATICS OF IGNEOUS ROCKS (1973) - *Classification and nomenclature of plutonic rocks - Recommendations*. N. Jb. Miner. Mh., H. 4, 149-164.
- YODER H.S. Jr. & TILLEY C.E. (1962) - *Origin of basalt magmas: An experimental study of natural and synthetic rock system*. Journ. Petrol., 3, 342-532.
- ZANETTIN B. (1984) - *Proposed new chemical classification of Volcanic Rocks*. Episodes, 7, No. 4, 19-20.