

MARIA DE FINO (*), LUIGI LA VOLPE (*) e LUCIO LIRER (**)

NOTIZIE PRELIMINARI SUL VULCANISMO BASALTICO DELLA REGIONE DI ASSAB (ETIOPIA)

RIASSUNTO. — Si riferiscono i risultati di ricerche petrografiche e chimiche preliminari sui basalti legati al vulcanismo della zona di Assab.

Sia i prodotti del vulcanismo subattuale che quelli del vulcanismo basale hanno strutture simili: in prevalenza afiriche e subafiriche, solo subordinatamente porfiriche, con masse di fondo per lo più intersertali, raramente fluidali. Le paragenesi sono anche identiche: olivina, clinopirosseno (da augite ad augite debolmente titanifera), plagioclasti (microliti 50-60% An., fenoicristalli 65-75% An.) e minerali opachi. Le uniche differenze sono rappresentate dai diversi rapporti di abbondanza fra le varie specie mineralogiche e dalla diversa composizione delle miscele oliviniche.

I prodotti del vulcanismo recente di Assab, associato a fratture ad andamento E-W, hanno caratteri tipicamente alcalini con frazionamento da alcali-basalti ad hawaiiiti, mentre le vulcaniti di base hanno carattere meno alcalino e sono termini, più o meno evoluti, di transizione tra basalti alcalini e tholeiiti.

SUMMARY. — The note reports the preliminary results of the petrological and chemical investigations on the basalts associated with vulcanism in the Assab region (Ethiopia).

The products of the relatively recent vulcanism and of the basal vulcanism have similar structures: mainly aphyric and subaphyric, only subordinately porphyritic, the groundmass being predominantly intersertal and only occasionally fluidal. Their paragenesis is also identical: olivine, clinopyroxene (from augite to slightly titaniferous augite), plagioclase (microlites 50-60% An, phenocrysts 65-70% An) and opaque minerals. The only differences lie in the diverse ratios of relative abundance of the various mineralogical species present and the diverse composition of the olivine mixes.

The products of the recent vulcanism, associated with E-W fractures, are typically alkaline ranging from alkali basalts to hawaiiite, while the basal vulcanism are less alkaline in character being represented by fairly evolved transition forms ranging between alkaline basalts and tholeiitic basalts.

(*) Sezione Petrografica dell'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Bari.

(**) Istituto di Mineralogia dell'Università di Napoli.

Premessa.

Nel quadro dei programmi internazionali per lo studio del Mantello Superiore e della Deriva dei Continenti, ha assunto particolare importanza il vulcanismo recente e subattuale delle regioni marginali del Mar Rosso e del Golfo di Aden.

Ricercatori inglesi stanno studiando le serie vulcaniche dello Yemen e della regione di Aden, ricercatori francesi quelle del Golfo di Tagiura, un'équipe italo-francese la depressione della Dancalia e infine altri studiosi italiani le serie dell'altopiano etiopico e della depressione dancala.

In questo contesto una regione non vasta ma di notevole interesse è quella di Assab ⁽¹⁾, nella parte più meridionale dell'Eritrea, sulla quale a tutt'oggi non esistono che poche notizie geologiche e petrografiche dovute a RICCIARDI (1886), GORTANI e BIANCHI (1938 e 1941), DAINELLI (1943) e HIEKE MERLIN (1950).

Questa regione presenta un duplice motivo d'interesse. Nella zona di Assab, infatti, sono presenti episodi di vulcanismo basaltico subattuale (zone immediatamente a W di Assab e a S di Burè). Questo vulcanismo non è molto diffuso nella parte meridionale e centrale della depressione dancala o sui bordi che la limitano, mentre com'è noto (TAZIEFF, MARINELLI, BARBERI e VARET, 1969; BARBERI, BORSI, FERRARA, MARINELLI e VARET, 1969) è prevalentemente sviluppato nella parte settentrionale (zone dell'Erta Alè e dell'Alaita).

Il secondo motivo d'interesse è di carattere tettonico. Mentre in tutto il resto della depressione il motivo tettonico dominante è secondo N-NW, parallelo all'asse del Mar Rosso, nella regione di Assab l'attività vulcanica recente sembra correlata a fratture ad andamento E-W. Si hanno quindi tracce di una tettonica diversa, forse correlabile alla direzione del Rift del Golfo di Aden.

In questa nota si danno notizie preliminari sui prodotti legati al vulcanismo dei dintorni di Assab. Il materiale esaminato è stato campionato dalla équipe italo-francese e gentilmente messo a disposizione degli autori dal Prof. G. MARINELLI.

(¹) Lo studio di questa zona costituirà tema di dettagliate ricerche vulcanologiche e petrografiche da parte di ricercatori delle Università di Bari e Napoli, che effettueranno durante il corrente anno una spedizione nella regione sotto gli auspicj e con il contributo del C.N.R. (contratto n. 70.01718/05 115.4323).

Le vulcaniti studiate, che provengono da alcune colate affioranti poco a W di Assab e lungo i primi 40 Km della strada che da questa città conduce per Sardò ad Addis Abeba (fig. 1), possono essere riunite in due gruppi.

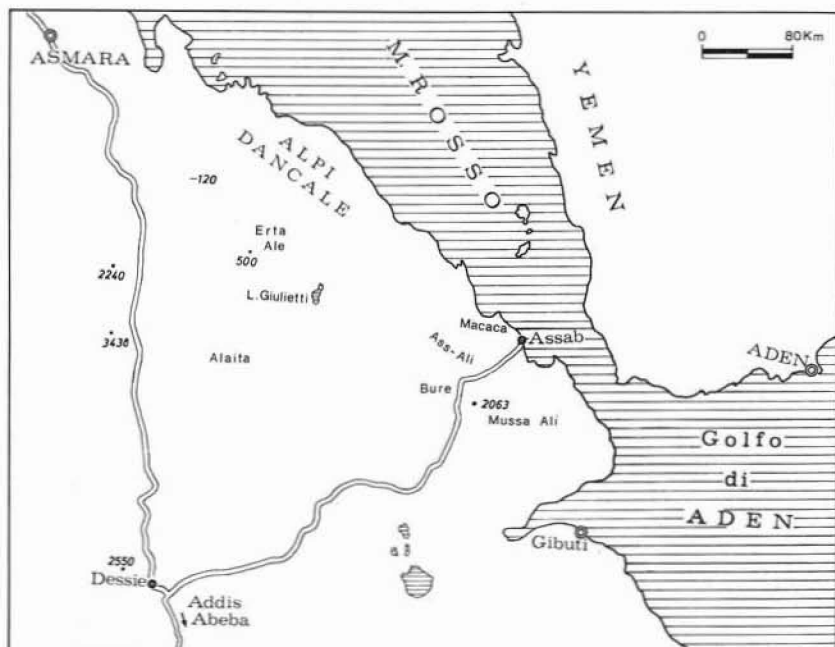


Fig. 1.

Un gruppo si riferisce a prodotti di un vulcanismo più antico, di età non nota, legato ad un'attività per lo più fissurale. Questo vulcanismo ha prodotto serie stratoidi di basalti, con spessori che superano varie centinaia di metri; localmente ad esso sono associate manifestazioni lineari ignimbritiche. Queste serie stratoidi, con associati apparati centrali, coprono un'area assai vasta da Assab fino a tutta la parte centrale della depressione dancala.

L'altro gruppo è relativo a prodotti del vulcanismo subattuale di Assab, impostato sulle succitate serie stratoidi basali, che ha dato luogo ad estesi campi di lava e a piccoli coni di scorie allineati lungo fratture di alimentazione ad andamento E-W.

Caratteri petrografici.

Sia i prodotti del vulcanismo basale, che quelli dell'attività subattuale hanno strutture per lo più subafiriche, subordinatamente porfiriche e molto di rado afiriche; i rapporti tra fenocristalli e fondo sono variabili in un intervallo molto ampio. Le masse di fondo hanno carattere generalmente intersertale, a luoghi fluidale. Le tessiture fluidali si realizzano preferibilmente nei termini afirici.

Anche la composizione mineralogica delle vulcaniti di questi due gruppi è analoga ed è data da: olivina (anche nelle paste di fondo), clinopirosseno, plagioclasì e minerali opachi.

Vulcaniti subattuali.

Le *olivine* mostrano di norma contenuti in fayalite variabili dal 12 al 22% corrispondenti a miscele di tipo crisolitico. Esse sono presenti in tutto l'intervallo di cristallizzazione, non sono caratterizzate dalla reazione BOWEN-ANDERSON e la loro quantità modale varia tra il 15 e il 20%.

Le *olivine* per lo più si presentano in granuli non molto sviluppati a contorni arrotondati e solo i fenocristalli possono avere abito idiomorfo; spesso sono fratturati e di rado debolmente zonati. I fenocristalli talvolta presentano profonde anse (fig. 2) e bordi marcati da ossidi di ferro. Questi caratteri non possono essere riferiti a una effettiva instabilità dell'olivina nel liquido, visto che il minerale è presente anche nella massa fondamentale, ma devono essere interpretati come dovuti a variazioni di pressione di gas nella camera magmatica prima e dopo l'eruzione (MACDONALD e KATSURA, 1964). L'olivina è frequentemente trasformata più o meno intensamente e la trasformazione interessa il bordo e le fratture dei fenocristalli, solo a luoghi si spinge fino al nucleo. Negli elementi più minuti invece la trasformazione interessa i granuli in maniera diffusa, senza che si apprezzino differenze tra nucleo e periferia. I prodotti di alterazione sono rappresentati da aggregati, non risolvibili al microscopio, generalmente di colore da giallo-verdastro a bruno-rossastro, altre volte di colore rosso-bruno intenso; nel complesso si possono riferire a termini iddingsitici.

Il *pirosseno*, in quantità variabile dal 15 al 20% si trova costantemente nelle masse di fondo, mentre non è sempre presente tra i fenocristalli nei tipi porfirici. I fenocristalli possono presentare abito idiomorfo, i granuli meno sviluppati invece occupano di norma posizione interstiziale nei feltri plagioclasici. E' monoclinico, incolore o de-



Fig. 2. — *Hawaiiite* (B7). L'olivina presenta profonde anse dovute a variazioni di pressione di gas nella camera magmatica. (Nicol +; 35 ×)

bolmente rosato, e in questo ultimo caso mostra leggero pleocroismo. Di frequente è leggermente zonato anche con strutture a clessidra, raramente è geminato. Si tratta di augite, a luoghi debolmente titanifera, che presenta valori di $2V_\gamma$ fra 54° e 57° e di c/γ fra 42° e 54° .

I *plagioclasti* rappresentano il costituente mineralogico più abbondante, con oscillazioni tra il 40 e il 50% del totale della roccia. I fenocristalli di plagioclasio, che non sono sempre presenti nei termini porfirici, sono freschi, hanno abito idiomorfo ma leggermente irregolare, sono geminati secondo le leggi albite-Karlsbad, Karlsbad e

albite, di frequente zonati (in modo più o meno evidente) e di rado inhomogenei. I microliti plagioclasici che costituiscono la gran parte del feltro si presentano anch'essi con abito generalmente idiomorfo, geminati e a luoghi debolmente zonati, raramente sono in plaghe irregolari. Circa la composizione dei plagioclasii si può rilevare che men-

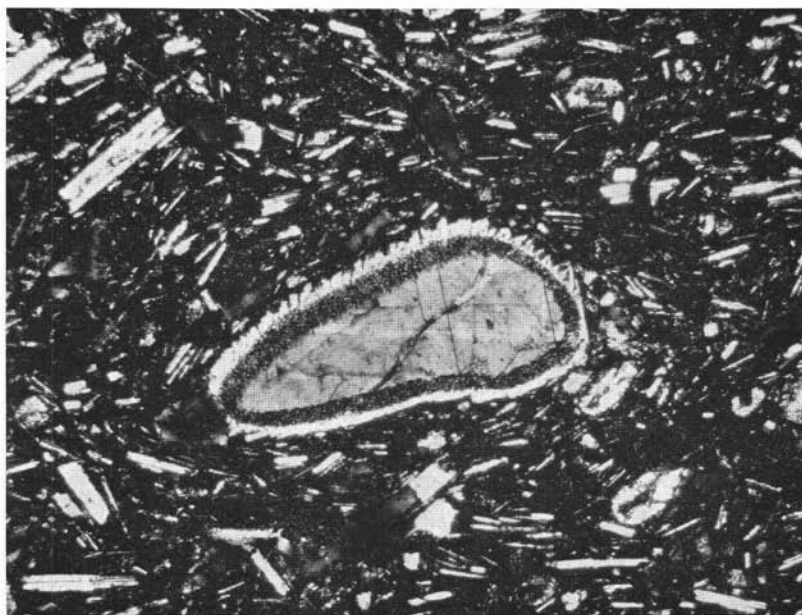


Fig. 3. — *Hawaiiite* (B 202). Plagioclasio a composizione bitownitica con sottile corona seghettata labradoritica. Le due parti sono separate da un orlo di inclusioni vetrose. (Nicol + ; 40 ×)

tre i microliti hanno composizioni piuttosto costanti con contenuti in anortite oscillanti dal 50 al 60%, i fenocristalli hanno di norma composizioni variabili dal 65 al 75% An., eccezionalmente intorno all'80% An.

Con relativa frequenza gli individui più sviluppati presentano un bordo di accrescimento successivo che ripete la forma del cristallo. In alcune vulcaniti sono stati osservati anche grossi individui subarotondati a composizione bitownitica che hanno una sottile corona seghettata labradoritica (fig. 3); le due parti sono spesso separate da un sottile orlo di inclusioni vetrose. La parte esterna labradoritica rap-

presenta un accrescimento del cristallo in condizioni extra-telluriche e l'arrotondamento indica condizioni di instabilità del primitivo plagioclasico nel fuso, forse dovute semplicemente a variazioni nella pressione di gas conseguenti all'eruzione.

I *minerali opachi* sono presenti in quantità oscillanti intorno al 14% circa del totale dei componenti la roccia. Sono essenzialmente rappresentati da *magnetite* di norma ben sviluppata e con abito idiomorfo e in quantità nettamente subordinata da *ilmenite*.

Fra gli accessori si trovano: *ematite*, in piccole plaghe irregolari e *ossidi idrati di ferro* in grumi.

Nella massa di fondo oltre all'olivina, ai pirosseni, ai plagioclasii e ai minerali opachi, si osserva *apatite* in sottili aciculi e in discreta quantità, a luoghi associata a vetro. Il *vetro* (limpido e da incolore a nocciola) occupa per lo più posizioni interstiziali, formando piccole plaghe irregolari; comunque non è mai molto abbondante e in alcune rocce è assente.

Vulcaniti di base.

La composizione mineralogica di queste vulcaniti è sostanzialmente analoga a quella delle vulcaniti subattuali. Le sole differenze riscontrate sono rappresentate dai diversi rapporti di abbondanza fra le varie specie mineralogiche e dalla differente composizione delle miscele oliviniche che si fanno più ferifere.

L'olivina, presente anche nella massa di fondo, ha infatti contenuti in fayalite tra il 22 e il 28% e in alcune vulcaniti del 37%; si tratta rispettivamente di miscele crisolitiche e hyalosideritiche.

I pirosseni, i plagioclasii ed i minerali opachi mostrano gli stessi caratteri dei corrispondenti minerali delle vulcaniti subattuali.

Caratteri chimici e considerazioni conclusive.

I dati analitici e le norme C.I.P.W. relativi ad alcune delle vulcaniti esaminate sono riferiti nelle Tabelle I e II. I campioni B 28, B 202 e B 7 si riferiscono ai prodotti del vulcanismo subattuale della zona di Assab, gli altri alle vulcaniti di base (B 30, B 186, B 34).

TABELLA I. — *Analisi chimiche.*

	B 28	B 202	B 7	B 30	B 186	B 34
SiO ₂	45.26	48.03	48.57	47.83	49.52	51.05
Al ₂ O ₃	14.50	15.29	14.87	13.18	14.52	13.71
Fe ₂ O ₃	7.02	4.75	2.89	6.45	7.02	3.90
FeO	6.81	7.70	7.45	9.89	7.70	8.91
MnO	0.17	0.15	0.15	0.21	0.22	0.21
MgO	7.57	5.18	6.76	5.79	3.83	3.61
CaO	10.71	9.29	11.14	11.82	7.68	8.62
Na ₂ O	2.64	3.56	3.13	2.53	3.37	3.42
K ₂ O	0.72	1.80	1.77	0.44	0.84	1.09
TiO ₂	2.36	2.32	2.09	1.06	2.45	2.63
P ₂ O ₅	0.33	0.75	0.60	0.30	0.68	0.96
H ₂ O ⁻	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.26
H ₂ O ⁺	1.42	0.85	0.45	1.10	1.38	0.99
	99.66	99.83	100.05	100.79	99.43	99.36

Vulcaniti subattuali:

B 28 - Alkali olivinbasalto - strada Assab-Sardò, Km. 11,5.

B 202 - Hawaiiite - dintorni di Assab, Km. 11,5, ad ovest di Macaca.

B 7 - Hawaiiite - dintorni di Assab, Km. 2,5 ad ovest di Macaca.

Vulcaniti di base:

B 30 - Basalto - strada Assab-Sardò, Km. 27,5.

B 186 - Hawaiiite-mugearite - regione di Assab - zona Ass-Alì.

B 34 - Hawaiiite-mugearite - strada Assab-Sardò, Km. 42,5.

TABELLA II. — *Norme C.I.P.W.*

	B 28	B 202	B 7	B 30	B 186	B 34
Q	—	—	—	4.10	4.70	5.50
or	3.80	10.55	10.55	2.80	4.50	6.60
ab	22.55	28.80	21.00	21.55	28.80	28.80
an	25.60	20.55	21.05	23.15	22.05	18.60
ne	—	0.55	3.10	—	—	—
wo	10.65	8.85	12.75	6.30	4.75	7.35
en	8.30	5.50	16.85	3.40	3.00	3.50
fs	1.30	2.75	8.15	2.65	1.45	3.70
en	4.70	—	—	11.05	6.45	5.40
fs	0.75	—	—	9.00	8.45	5.50
fo	4.10	5.20	6.20	—	—	—
fa	0.85	3.00	3.25	—	—	—
mt	10.15	6.95	4.15	9.30	10.15	5.60
il	4.45	4.40	4.00	1.90	4.70	5.00
ap	0.70	1.60	1.30	0.70	1.65	2.30

Nel diagramma $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ della fig. 4 i due gruppi appaiono chiaramente distinti.

Il carattere diagnostico principale risiede nella maggiore alcalinità dei prodotti del vulcanismo recente rispetto a quelli del vulcanismo basale.

La roccia B 28 è il prodotto di un magma alcali basaltico; le rocce B 202 e B 7 si possono considerare prodotti leggermente evoluti in senso hawaïitico dello stesso magma. Questi ultimi termini hawaïitici presentano nefelina nella norma sia pure in piccole quantità, mentre nella norma del campione B 28 la nefelina è assente. Ciò non indica un maggior grado di saturazione del basalto B 28, bensì un più marcato stato di ossidazione del ferro. E' infatti noto che nel calcolo della norma C.I.P.W. alti tenori di Fe_2O_3 portano, attraverso la costruzione di abbondante magnetite, ad un eccesso di silice.

Nel complesso pertanto il vulcanismo recente di Assab presenta caratteri tipicamente alcalini, ed i prodotti fin qui esaminati mettono in chiara luce l'esistenza di un frazionamento da alcali basalti ad hawaiiiti. Da osservare infine che questo frazionamento non comporta alcun arricchimento di ferro, che anzi diminuisce nel passaggio basalto-hawaiiite.

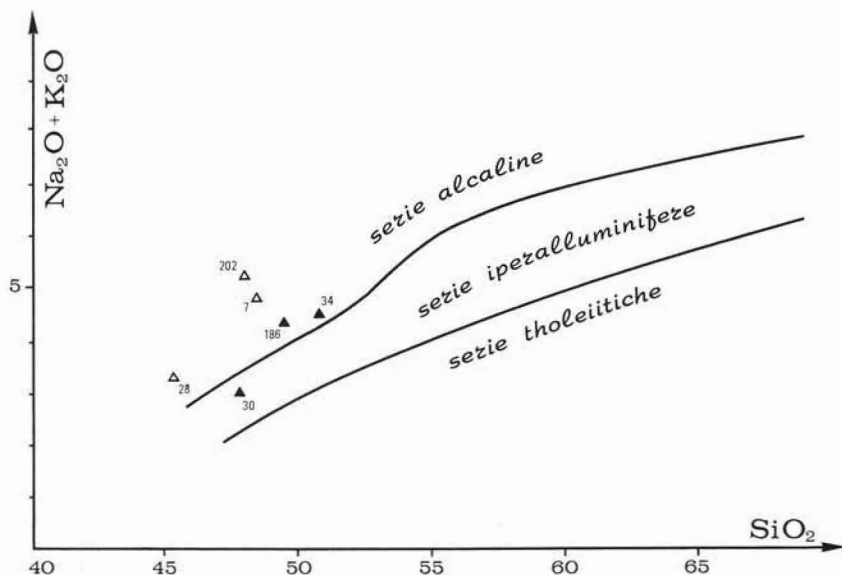


Fig. 4. — Diagramma $Na_2O + K_2O - SiO_2$.

△ vulcaniti subattuali

▲ vulcaniti di base

Nettamente diversi sono i risultati relativi alle vulcaniti di base, sulle quali si è impostata l'attività subattuale.

Dei tre campioni esaminati, solo uno (B 30) è piuttosto basico, anche se il tenore in MgO (5,79%) è un po' basso per un tipico basalto.

I valori normativi, insieme alla posizione dei punti nel diagramma di fig. 4, indicano chiaramente che il carattere chimico di queste rocce è meno alcalino delle precedenti.

Il tenore in potassio è particolarmente indicativo a questo proposito, si confrontino infatti i campioni B 186 e B 34 con B 202 e B 7.

I primi due hanno tenori in K_2O nettamente più bassi, nonostante che i valori inferiori del magnesio li indichino come prodotti più evoluti e quindi teoricamente più ricchi in alcali.

Dal punto di vista puramente normativo il campione B 30 dovrebbe considerarsi come tholeiitico, presentando quarzo normativo. In realtà anche in questo caso è il forte stato di ossidazione del ferro che conduce all'apparente sovrassaturazione della roccia. Del resto anche le osservazioni microscopiche indicano chiaramente che si tratta di fusi sottosaturi, nei quali l'olivina è perfettamente stabile.

Le due rocce B 186 e B 34 rappresentano probabilmente dei differenziati piuttosto avanzati rispetto al basalto B 30, come indicano i tenori relativamente bassi di MgO . Queste due vulcaniti possono considerarsi intermedie tra hawaiiiti e mugeariti, ma comunque non presentano chimismo simile a quello dei tipici differenziati dei magmi alcalini. Esse risultano invece assai simili a certi tipi intermedi tra basalti e rioliti (basalti ad andesina al limite con trachiti femiche) descritti per la parte settentrionale della depressione dancale (TAZIEFF, MARINELLI, BARBERI e VARET, 1969; BARBERI, BORSI, FERRARA, MARINELLI e VARET, 1969).

Nel complesso quindi il vulcanismo di base della regione di Assab presenta, com'è ovvio attendersi dato il suo significato geologico, gli stessi caratteri di quello della zona centrale della depressione dancale. Si tratta, nei termini basici, di basalti intermedi di composizione tra tholeiiti e basalti alcalini, nei quali tuttavia il carattere mediamente alcalino o almeno la natura sottosatura, prevalgono nettamente.

Lo studio eseguito conferma quindi l'interesse geologico e magmatologico della regione di Assab nel quadro del vulcanismo recente della zona del Mar Rosso e dell'Etiopia orientale; nella zona di Assab, associato a fratture ad andamento E-W, si trova infatti un vulcanismo marcatamente più alcalino rispetto a quello della regione immediatamente circostante.

*Bari, Sezione Petrografica dell'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università.
Napoli, Istituto di Mineralogia.*

BIBLIOGRAFIA

- BARBERI F., BOKSI S., FERRARA G., MARINELLI G. and VARET J., 1969 - *Relationships between tectonics and magmatology in the northern Danakil depression (Ethiopia)*. Trans. Royal Philos. Soc., London.
- BROWN G. M., 1968 - *Mineralogy of Basaltic Rocks*. In BASALTS, 1, J. Wiley and Sons Ed., New York.
- COMUCCI P. e MAZZI F., 1957 - *Le vulcaniti della Dancalia*. Atti Acc. Naz. Lincei.
- COX G. K., GASS I. G. & MALLICK D. I. J., 1969 - *The evolution of the volcanoes of Aden and Little Aden, South Arabia*. Q. Geol. Soc., London.
- DAINELLI G., 1943 - *Geologia dell'Africa Orientale*. Rend. Acc. It., Roma.
- GORTANI M. e BIANCHI A., 1938 - *Osservazioni geologiche e petrografiche sulla Dancalia meridionale e zone contermini*. Boll. Soc. Geol. Ital., vol. LVII.
- GORTANI M. e BIANCHI A., 1941 - *Note illustrative su la Carta Geologica degli Altipiani Hararini e della Dancalia Meridionale*. R. Acc. Sc. Ist. Bologna, S. IX, tomo VIII.
- HIEKE MERLIN O., 1950 - *I basalti dell'Africa Orientale*. Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova, vol. 17°.
- JOHANNSEN A., 1950 - *A descriptive petrography of the igneous rocks*. IV^a ed., the University of Chicago Press.
- JUSTIN VISENTIN E. e ZANETTIN B., 1968 - *Prime osservazioni geologico-petrografiche nella Dancalia interna, fra Sardò e Dallol*. St. Trent. Sc. Nat., vol. 45, n. 1.
- KUNO H. and KUSHIRO I., 1963 - *Origin of primary basalt magmas and classification of basaltic rocks*. Journ. Petrology, 4, London.
- KUNO H., 1968 - *Differentiation of Basalt Magmas*. In BASALTS, 2, J. Wiley and Sons Ed., New York.
- MACDONALD G. A., KATSURA T., 1964 - *Chemical composition of Hawaiian lavas*. Journ. Petrology, t. V.
- MACDONALD G. A., 1968 - *Composition and origin of Hawaiian lavas*. Studies in Volcanology, Geol. Soc. of Am., Mem. 116.
- MOHR P. A., 1963 - *The Ethiopian caenozoic lavas. A preliminary study of some trends: spatial, temporal and chemical*. Bull. Geophys. Observ., Addis Ababa, vol. 3, n. 2.
- POLDERVAART A., 1964 - *Chemical definition of alkali-basalts and tholeiites*. Boll. Soc. Geol. Am., t. 75.
- RICCIARDI L., 1886 - *Sulla composizione chimica delle rocce vulcaniche di Assab*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. V.
- TAZIEFF H., MARINELLI G., BARBERI F. et VARET J., 1969 - *Geologie de l'Afar Septentrional*. Bull. Volc., 33, 4.
- WILKINSON J. F. G., 1968 - *The Petrography of Basaltic Rocks*. In BASALTS, 1, J. Wiley & Sons Ed., New York.