

CENTRO STUDI DI PETROGRAFIA E GEOLOGIA DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
PRESSO L'UNIVERSITÀ DI PADOVA

O. HIEKE MERLIN

I BASALTI DELL'AFRICA ORIENTALE

(Con 3 tavole)



PADOVA
SOCIETÀ COOPERATIVA TIPOGRAFICA
1950

Memorie degli Istituti di Geologia e Mineralogia dell'Università di Padova

Volume XVII

INTRODUZIONE

In questa memoria vengono riferiti i risultati di un vasto ciclo di ricerche petrografiche da me svolte su lave basiche dell'Africa Orientale e vengono tratte conclusioni di carattere generale sul chimismo e sulla differenziazione magmatica delle formazioni basaltiche di questa regione.

Le rocce considerate fanno parte del copioso interessante materiale raccolto durante gli anni 1936-1937 dalla Missione geologico-petrografica, organizzata e sovvenzionata dall'A.G.I.P. per lo studio del territorio Hararino, della Dancalia meridionale e della regione di Addis Abeba, missione diretta dai Proff. M. GORTANI e A. BIANCHI.

Il materiale su cui ho svolto le ricerche petrografiche è stato messo gentilmente a mia disposizione dal Prof. BIANCHI, a cui esprimo la mia viva riconoscenza per questo e per il costante interessamento rivolto al mio lavoro.

Già nel 1937 iniziavo le prime ricerche sulle lave basiche dell'Africa Orientale e successivamente indirizzavo le mie indagini sulle ossidiane, sulle lave acide e sui tufi della stessa regione. Per motivi di guerra la pubblicazione dei tre lavori, frutto di queste mie ricerche, iniziata per conto dell'Accademia d'Italia, non veniva portata a termine. Negli anni successivi sono state date alla stampa tre brevi note: una sulle ossidiane e due su facies basiche speciali. Offertasi ora la possibilità di pubblicare questi lavori, ho dato la precedenza, dopo averlo totalmente aggiornato e sviluppato, allo studio sulle lave basiche che si impongono in Africa Orientale per l'estensione e la potenza delle loro formazioni. Confido di condurre a termine quanto prima anche l'aggiornamento delle ricerche sulle lave acide e sui tufi.

Reputo opportuno premettere alla trattazione petrografica alcune notizie di carattere geologico-petrografico che ho dedotto dai lavori di M. GORTANI e A. BIANCHI (bibl. 16, 17, 18, 19), basandomi inoltre sulla carta geologica degli Altipiani Hararini e della Dancalia meridionale disegnata dagli stessi Autori.

Le rocce eruttive in Africa Orientale costituiscono una formazione geologica alquanto complessa, di cui è ancora incerta l'esatta posizione cronologica. Sullo zoccolo cristallino paleozoico e sulla serie mesozoica arenaceo - calcarea si sono riversate potenti colate basiche attribuibili ad un primo ciclo eruttivo terziario, lave dette della serie « stratoide » dal loro tipico modo di giacitura, mentre un secondo ciclo eruttivo deve essersi svolto dal Neogene superiore ai tempi attuali. Delle lave da me studiate alcune sono sicuramente riferibili, in base ai caratteri rilevati sul terreno dai predetti Autori, alla serie stratoide altre alla serie più recente, per altre invece la posizione cronologica è incerta.

Era sorto così il problema di rintracciare particolari caratteri chimico-petrografici distintivi fra le lave della serie stratoide ed i basalti neogenici per poter dedurre un criterio sistematico di carattere generale che avesse rapporti diretti con la giacitura geologica delle lave e permettesse quindi, sulla base dei caratteri petrografici, la classificazione delle lave di incerta posizione cronologica.

Come risulterà nella parte conclusiva di questa memoria, lo studio di facies basaltiche di tipo e di età diverse, non ha rilevato nessuna relazione fra i caratteri chimico-petrografici delle lave studiate e la loro età, pertanto per la loro classificazione mi sono basata sui caratteri strutturali e sulla composizione mineralogica delle singole facies, tenendo in particolare conto: la presenza o assenza dei feldispati, la presenza o meno di olivina, i rapporti quantitativi fra quest'ultimo minerale ed i pirosseni. Ho individuato, in base a tale criterio, otto gruppi di facies basaltiche:

- 1) basalti ultrafemici olivinico-pirossenici quasi senza feldispati, a struttura porfirica;
- 2) basalti limburgitici pirossenico-olivinici scarsamente plagioclasici con vetro, a struttura microfirica;
- 3) basalti pirossenico-olivinico-plagioclasici, a struttura porfirica con massa di fondo od intersertale o microcristallina;
- 4) basalti pirossenico-plagioclasici ad olivina, a struttura porfirica;
- 5) basalti pirossenico-plagioclasici senza o quasi senza olivina, microgranulari;
- 6) basalti plagioclasici a pirosseno con olivina nella massa di fondo, a netta struttura porfirica;
- 7) lava basaltica bollosa a fenocristalli plagioclasici con pirosseno e scarsa olivina;
- 8) facies filoniane.

Delle ricerche chimico-petrografiche dei vari autori che si sono interessati delle formazioni basaltiche dell'Africa Orientale, avrò modo di parlare nella seconda parte di questa memoria.

STUDIO CHIMICO-PETROGRAFICO DELLE PRINCIPALI FACIES

FACIES ULTRAFEMICHE

Due sole sono le facies ultrafemiche che ho potuto rinvenire fra l'abbondante ed interessante materiale messo a mia disposizione, facies che prendo in considerazione per prime in quanto si differenziano nettamente per il loro marcato carattere femico da tutti i tipi basici da me studiati e di cui tratterò nella presente memoria. In una nota di recente pubblicazione (bibl. 21) ho creduto opportuno di riferire separatamente i risultati completi delle indagini chimico-petrografiche da me eseguite su queste due rocce, per cui mi limito nel presente lavoro a riportare in breve le loro caratteristiche essenziali, per avere un quadro completo delle varie facies basiche studiate.

Si tratta di due rocce pirosseniche molto ricche in olivina, provenienti l'una dall'Uadi Suchiè, l'altra dall'Uadi Burcà.

TABELLA I.

<i>Analisi</i>			<i>Composizione mineralogica (in volume)</i>	
	Suchiè	Burcà	<i>Basalto dell'Uadi Suchiè</i>	
SiO ₂	44.48	44.72	Fenocristalli	Pirossemi 26 %
TiO ₂	3.06	2.13		Olivina 18 %
P ₂ O ₅	tr.	0.40	Pasta di fondo 56 %	
Al ₂ O ₃	9.61	8.40		
Cr ₂ O ₃	0.08	0.10	<i>Basalto dell'Uadi Burcà</i>	
Fe ₂ O ₃	6.43	4.34		
FeO	6.01	8.82	Fenocristalli	Pirossemi 25 %
MnO	0.18	0.56		Olivina 10 %
MgO	13.45	11.90		Plagioclasì 5 %
CaO	12.26	11.60	Pasta di fondo 50 %	
Na ₂ O	2.56	1.97		
K ₂ O	1.18	0.74	Prodotti di alteraz. dell'olivina 10 %	
H ₂ O ⁻	0.26	1.24		
H ₂ O ⁺	0.34	2.67		
CO ₂	—	0.21		
	99.90	99.80		

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>ti</i>	<i>p</i>	<i>c/fm</i>	<i>qz</i>
Suchiè	85	10.9	57.7	25.2	6.2	0.23	0.66	4.41	—	0.44	-40
Burcà	92	10.2	59.4	25.5	4.9	0.20	0.61	4.10	0.34	0.43	-28

“ Molecola base „

	Suchiè		Burcà	
Q	16.5	Q = 16.5	20.4	Q = 20.4
Kp	4.2	L = 24.7	2.6	L = 21.2
Ne	13.7		11.2	
Cal	6.8		7.4	
Cs	14.8	M = 56.7	13.2	M = 55.4
Fs	6.8		4.8	
Fo	27.9		25.9	
Fa	7.2		11.5	
Ru	2.1		1.5	
Cp	—		0.9	
Cc	—		0.6	
	100.0		100.0	

“ Norma molecolare „

	Suchiè		Burcà	
Or	7.0	Or	4.3	
Ab	18.2	Ab	18.0	
An	11.3	An	12.8	
Ne	3.2	Wo	17.6	
Wo	19.7	En	18.0	
Fo	27.9	Fo	12.4	
Fa	3.8	Fa	9.1	
Mt	6.8	Mt	4.8	
Cp	—	Ru	1.5	
Ru	2.1	Cp	0.9	
	100.0	Cc	0.6	
			100.0	

	Q	L	M	Ru	Cp	Cc	π	μ	γ	α
Suchiè	16.5	24.7	56.7	2.1	—	—	0.27	0.49	0.26	0.002
Burcà	20.4	21.2	55.4	1.5	0.9	0.6	0.35	0.48	0.24	0.32

Il basalto pirossenico - olivinico dell' Uadi Suchiè.

La roccia proviene dalla regione a nord est di Addis Abeba e precisamente all'intersezione della strada Debra Brean - Debrasina con il torrente Suchiè. È grigio-nerastra, compatta, a struttura porfirica. Nella massa di fondo pirossenico-olivinico-plagioclasica spiccano individui nettamente idiomorfi di pirosseno augitico ($c: \gamma = 54^\circ$) e vistosi fenocristalli olivinici (a nucleo più magnesiaco, di composizione prossima al crisotilo con una percentuale molecolare di fajalite del 16 %, e a periferia più ferrifera, di composizione jalosideritica con una percentuale molecolare di fajalite del 28 %). L'aggregato di fondo, a struttura pilotassitica, è costituito da augite titanifera leggermente violacea zonata ($c: \gamma = 56^\circ$ circa al centro, sino a 60° alla periferia) che si differenzia dai fenocristalli di augite, da olivina, da minute lamelle plagioclasiche a composizione labradoritico-bitownitica al 70 % An. (che talvolta si addensano a costituire piccole geodi), da abbondante magnetite idiomorfa, da rarissimi aciculi di apatite ed infine da molto poco vetro.

Il basalto pirossenico - olivinico dell' Uadi Burcà.

Questa roccia è stata rinvenuta a valle di Batiè in una località sita lungo la strada Dancala e precisamente a chilometri 3,5 ad oriente dell'Uadi Burcà, nel punto in cui la strada interseca colate di basalti nero-verdastri a grana grossa che presentano molte fratture e vene biancastre di prodotti d'alterazione. La struttura di questa facies è nettamente porfirica. Fra i fenocristalli troviamo: augite idiomorfa, zonata, geminata a leggera tinta bruna con $c: \gamma = 49^\circ$; olivina a composizione molto magnesiaca profondamente alterata in serpentino e talco; e scarsi e poco sviluppati individui plagioclasici a composizione labradoritico-bitownitica al 70 % An.. Rare laminette di biotite dal tipico pleocroismo e rarissimi cristallini prismatici di orneblenda bruna si rinvengono come inclusioni dei grossi individui idiomorfi di pirosseno. La massa di fondo è costituita da elementi feldispatici, da granuli olivinici, da augite roseo-violacea a tendenza alcalina ($c: \gamma = 54^\circ$ al nucleo del granulo fino a 57° alla periferia) e da abbondanti ossidi di ferro.

La tabella I offre i dati analitici della composizione chimica e mineralogica di entrambe le facies, seguiti dai coefficienti della formula magmatica, della molecola base e della norma, da me calcolati.

Dal confronto delle formule magmatiche di queste due facies con i tipi NIGGLI, risulta chiaramente che entrambe le rocce derivano da un comune magma ultrafemico del gruppo pirossenico e precisamente sono paragonabili al tipo pirossenitico, presentando però rispetto a questo una maggiore alcalinità (in particolare la roccia dell'Uadi Suchiè), come è messo in evidenza dal valore più elevato del coefficiente *alc*.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>qz</i>
Basalto Uadi Suchiè	85	10.9	57.7	25.2	6.2	0.23	0.66	-40
Tipo pirossenitico	90	9	59	28	4	—	0.70	-26
Basalto Uadi Burcà	92	10.2	59.4	25.5	4.9	0.20	0.61	-28

La composizione mineralogica normativa precisa pure il loro carattere molto femico. Strutture e composizioni chimiche e mineralogiche, ci permettono senz'altro di definire queste due facies come *basalti ultrafemici*.

BASALTI LIMBURGITICI

Il basalto limburgitico di Batié.

La roccia che prendo ora in esame proviene dalla regione di Batié, da una località lungo la strada Dessiè-Combolcià a 3 km. circa ad ovest di Batié dove filoni nerastri a grana finissima, a minuta fessurazione prismatica e superficiale alterazione brunastra si intrecciano fra loro intercalandosi ai tufi e ai basalti, costituenti il complesso delle lave stratoidi antiche della regione sovrastante a Batié.

Anche di questa lava, che differisce per struttura e composizione mineralogica da tutte le altre rocce da me prese in esame, ho ritenuto opportuno di trattare separatamente (bibl. 20) in una nota di recente pubblicazione. Per la completezza del presente lavoro reputo necessario riferirne succintamente le caratteristiche essenziali.

La roccia presenta struttura microfirica ipocristallina: augite ($c: \gamma = 50^\circ$) in perfetti, ma piccoli cristalli prismatico-allungati sensibilmente zonati ed olivina, totalmente serpentinizzata, sono intercluse in una massa di fondo granulare femica ad abbondante magnetite idiomorfa e a residuo vetroso giallo-ocraceo. I feldispati (miscele labradoritiche al 57% An.) sono presenti solo sottoforma di rari microliti listiformi appena intravedibili fra gli elementi femici. È appunto la scarsissima frequenza degli elementi plagioclasici unitamente alla notevole quantità di residuo vetroso che costituisce il motivo strutturale caratteristico di questa roccia.

I risultati dell'analisi chimica e dell'analisi mineralogica, la formula magmatica ed i coefficienti normativi sono riportati nella Tabella II.

Dal confronto con i tipi NIGGLI, risulta che questa facies può essere considerata una forma limite di transizione di magmi femici alcali-calcici verso magmi a tendenza alcalina. La sua formula magmatica è accostabile al tipo *si-pirossenitico* di serie alcali-calcica, da cui però differisce per il valore più basso del coefficiente *si* e per il valore relativamente più alto del coefficiente *k*. Per questa sua tendenza alcalina si sposta verso il tipo *ankaratritico* di serie sodica.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>qz</i>
Tipo <i>si-pirossenitico</i>	125	13	50	20	7	—	0.7	-3
Basalto di Batié	100	16.2	47.8	29.4	6.6	0.27	0.5	-26
Tipo <i>ankaratritico</i>	75	13	52	27	8	0.25	0.6	-57

La struttura, la composizione mineralogica ed infine la classificazione magmatica ci permettono senz'altro di definire questa facies come un *basalto limburgitico*.

BASALTI PIROSSENICO - OLIVINICI CON PLAGIOCLASI NELLA SOLA MASSA FONDAMENTALE

Reputo opportuno di prendere in esame contemporaneamente, data la loro analogia di composizione chimica e mineralogica, due rocce che provengono: una da Giar-sagorò, sul fianco nord del gruppo dell'Abdulla, l'altra dalla regione di Batié e preci-

TABELLA II.

				Comp. mineral. (in volume)		
SiO ₂	45.51	MnO	0.18	Elementi idiomorfi	augite	21
TiO ₂	1.27	MgO	7.38		olivina	3
P ₂ O ₅	0.07	CaO	12.47			
Al ₂ O ₃	12.45	Na ₂ O	2.28	Pasta di fondo	el. colorati ed access.	35
Cr ₂ O ₃	0.06	K ₂ O	1.27		serpentino	9
Fe ₂ O ₃	10.25	H ₂ O ⁻	1.32		plagioclasì	6
FeO	3.34	H ₂ O ⁺	1.91		vetro	26
						100
						99.76

si	al	fm	c	alc	k	mg	ti	p	c/fm	qz
100	16.2	47.8	29.4	6.6	0.27	0.50	2.1	0.06	0.61	-26

“ Base „			“ Norma „		
Q	23.5	Q = 23.5	An	20.8	Q = 23.5
Kp	4.8	L = 30.3	Ab	21.7	L = 30.3
Ne	13.0		Or	8.0	M = 45.1
Cal	12.5		En	16.4	Ru = 0.9
Cs	13.3	M = 45.1	Wo	17.7	Cp = 0.2
Fs	11.4		Fo	3.9	π = 0.41
Fo	16.2		Mt	8.4	γ = 0.29
Fa	4.2		Hm	2.0	μ = 0.36
Ru	0.9		Ru	0.9	α = 0.21
Cp	0.2		Cp	0.2	
100.0			100.0		

samente dalla sella, incisa in masse basaltiche, esistente fra quest'ultima località ed il M. Barud. Entrambe queste due facies sono pirosseniche a notevole quantità di olivina, mentre i plagioclasì mancano negli individui di prima generazione per essere presenti nella sola massa di fondo.

Il basalto del M. Abdulla.

Il gruppo dell'Abdulla nella sua parte superiore è costituito da potenti sovrapposizioni di basalti stratoidi a colate successive che poggiano sopra i calcari giurassici e le arenarie della regione di Giarsagorò, al margine settentrionale dell'Altipiano Hararino. Delle due facies più comuni che vi si rinvencono, la microgranulare e la porfirica, prendo qui in considerazione la facies porfirica. Della facies microgranulare, che è la più frequente, tratterò in seguito.

La struttura di questa roccia è nettamente intersertale: fenocristalli di pirosseno ed olivina sono inclusi in una massa di fondo costituita da un feltro di individui plagioclasici listiformi abbastanza sviluppati e di granuli irregolari di pirosseno, peridoto, magnetite e lamelle tipicamente scacchettate d'ilmenite.

I fenocristalli di pirosseno, zonati e spesso geminati, presentano: leggerissimo pleocroismo dai toni giallo-rosei appena avvertibili, angolo di estinzione c: γ = 57°, angolo degli assi ottici (determinato al T. U.) 2V_γ = 60° con netta dispersione degli assi

ottici $r > v$. Da tutti questi caratteri risulta trattarsi di un termine della famiglia delle augiti, tendente verso termini titaniferi. Gli stessi caratteri sono riscontrabili nella generazione minuta della massa fondamentale.

I fenocristalli di olivina, raramente idiomorfi, presentano grosse fratture riempite da prodotti di alterazione giallognoli o verdastri o rossicci di natura iddingsitico-serpentinosa. In generale però gli elementi olivinici sono ben conservati e la roccia nel complesso appare molto fresca. L'angolo degli assi ottici dell'olivina risulta essere: $2V_{\alpha} = -84^{\circ}$, dal cui valore si deduce la composizione ferri-ferica della miscela.

I plagioclasti della massa di fondo, notevolmente idiomorfi, a zonatura non molto marcata, geminati sono miscele labradoritico-bitownitiche.

Per individui geminati secondo la legge semplice dell'albite ho ricavato valori massimi di estinzione simmetrica di 36° , corrispondenti al 65 % di An., valori propri di miscele labradoritiche. Per cristalli zonati geminati secondo la legge albite-Carlsbad ho ottenuto valori angolari portanti a miscele labradoritico-bitownitiche di composizione variabile dal 65 al 72 % An..

Il basalto del M. Barud.

La roccia, come ho precisato più sopra, presenta composizione chimico-mineralogica analoga a quella del M. Abdulla, diversificando invece da questa per la struttura: porfirica per vistosi fenocristalli di pirosseno e di olivina inclusi in una massa di fondo finissima, costituita da una minuta abbondantissima granulazione di magnetite, di pirosseno e di microliti plagioclastici, che nel loro complesso denotano una certa tendenza fluidale. Qua e là piccole chiazze e noduli verdastri di natura calcedoniosa.

Il pirosseno in vistosi individui idiomorfi, debolmente zonati, è un termine augitico, come denota il valore di $c: \gamma = 50^{\circ}$ determinato al T. U..

Gli elementi olivinici molto sviluppati sono totalmente alterati e nelle maglie brunastre di alterazione iddingsitica si annidano, in fini aggregati a fibre e a squame di colore verde-ocraceo, altri prodotti di alterazione quali il serpentino ed il talco, come si può dedurre dai colori di interferenza rispettivamente bassi per il primo prodotto di alterazione e notevolmente alti ed iridati per il secondo. Per i pochi individui feldspatici un po' più sviluppati inclusi nella massa di fondo (raramente geminati secondo la legge albite, frequentemente secondo la legge albite-Carlsbad) ho determinato una composizione labradoritico-bitownitica al 70 % An., come risulta dai valori angolari: I 22° II $37^{\circ} = 70\%$ An..

Le analisi chimiche di queste due rocce hanno dato:

	Abdulla	Barud		Abdulla	Barud
SiO ₂	44.92	47.22	MgO	9.34	6.40
TiO ₂	1.74	4.01	CaO	10.72	10.06
P ₂ O ₅	0.30	0.22	Na ₂ O	2.76	2.62
Al ₂ O ₃	13.48	12.49	K ₂ O	0.82	1.43
Fe ₂ O ₃	2.68	8.05	H ₂ O ⁻	0.88	1.20
FeO	10.35	5.11	H ₂ O ⁺	1.82	0.60
MnO	0.08	0.20		—	—
				99.86	99.61

I coefficienti delle rispettive formule magmatiche sono qui riportati:

	si	al	fm	c	alc	k	mg	ti	p	c/fm	qz
M. Abdulla	95	16.8	52.2	24.3	6.8	0.16	0.56	2.8	0.25	0.46	-32
M. Barud	113	17.7	48.1	25.9	8.3	0.26	0.48	7.3	0.23	0.54	-20

Ne risulta che la roccia dell'Abdulla si inquadra in complesso fra le formule rappresentative del gruppo gabbro denotando tuttavia sia un carattere ultrafemico sia, in rapporto a questo, una certa tendenza alcalina:

	si	al	fm	c	alc	k	mg
Gabbro normale	108	21	51	22	6	0.20	0.50
Gabbro eucritico	100	18	55	24	3	0.10	0.70
Basalto Abdulla	95	16.8	52.1	24.3	6.8	0.16	0.56
Gabbro essexitico	95	20	49	21.5	9.5	0.25	0.50

Risulta invece che la roccia del M. Barud, un po' meno femica, si può accostare al tipo melagabbrodioritico del gruppo gabbrodioritico, essendo la tendenza alcalina per questa roccia meno sensibile che per la roccia del M. Abdulla:

	si	al	fm	c	alc	k	mg
Melagabbrodiorite	130	19	51	21	9	0.25	0.5
Basalto M. Barud	113	17.7	48.1	25.9	8.3	0.26	0.48
Gabbroessexite	95	20	49	21.5	9.5	0.25	0.5

Per il complesso dei caratteri chimici e petrografici le due rocce esaminate si classificano come *basalti pirossenico-olivinici a scarsi plagioclasti*. I coefficienti della molecola « base » e della norma sono i seguenti (Tabella III).

TABELLA III.

“ Base „					“ Norma „				
	Abdulla		Barud		Abdulla		Barud		
Q	22.0	Q = 22.0	26.2	Q = 26.2	An	22.8	An	19.0	
Kp	2.9	L = 31.8	5.3	L = 31.5	Ab	23.5	Ab	24.2	
Ne	15.2		14.8		Or	4.9	Or	7.1	
Cal	13.7		11.4		Ne	1.1	Wo	12.8	
Cs	9.0		9.6		Wo	12.0	En	18.5	
Fs	2.9	M = 44.4	8.9	M = 38.9	Fo	19.9	Hy	5.3	
Fo	19.9		13.9		Fa	11.1	Fa	0.8	
Fa	12.6		6.5		Mt	2.9	Mt	8.9	
Ru	1.2		2.9		Ru	1.2	Ru	2.9	
Cp	0.6		0.5		Cp	0.6	Cp	0.5	
	100.0		100.0			100.0		100.0	
	Q	L	M	Ru	Cp	π	μ	γ	α
M. Abdulla	22.0	31.8	44.4	1.2	0.6	0.43	0.45	0.20	0.05
M. Barud	26.2	31.5	38.9	2.9	0.5	0.36	0.36	0.25	0.37

BASALTI PIROSSENICO-PLAGIOCLASICI AD OLIVINA

Uguaglianza di composizione chimica e mineralogica accostano fra loro le rocce raccolte al M. Iddidlei, al M. Agelù e nella località di Burè: facies pirossenico-plagioclasiche ad olivina, a struttura porfirica.

Il basalto del M. Iddidlei, presso Gogti.

La roccia presenta una struttura porfirica evidente, rilevabile già ad occhio nudo per i numerosi fenocristalli di plagioclasio, di pirosseno e di olivina. Microscopicamente è netto il contrasto fra questi e la massa di fondo minuta e omogenea, data dai microliti listiformi plagioclasici e dai granuli degli stessi elementi femici che compaiono fra i fenocristalli.

I plagioclasidi idiomorfi di prima generazione per lo più zonati presentano geminazioni « albite - Carlsbad » e più raramente « albite-Carlsbad-periclino ». Si tratta generalmente di miscele plagioclasiche a composizione labradoritica, come risulta da misure eseguite su di un geminato albite-Carlsbad, per cui i valori di $c:\alpha$ sono: I 19°
II $35^\circ = 64\% \text{ An.}$

Uguale composizione presentano gli individui minuti di seconda generazione della massa di fondo.

Solo eccezionalmente per un individuo marcatamente zonato, geminato secondo la legge dell'albite, ho determinato una composizione della miscela più basica. La misurazione del $c:\alpha$, eseguita al T. U., ha dato infatti i valori di 59° al nucleo del fenocristallo e di 48° alla periferia, denotando con ciò variazioni nelle miscele dall'86% An. al 78% An.. Sempre nella parte nucleare dello stesso individuo il valore dell'angolo degli assi ottici è risultato: $2V_\alpha = 86^\circ$. Si tratta evidentemente di termini bitownitici.

Una variazione di composizione ancor più marcata dal centro alla periferia, con relativo passaggio da termini bitownitici a termini labradoritici, ho messo in evidenza su un geminato albite zonato, per cui ho determinato: bordo $34^\circ = 62\% \text{ An.}$ periferia $45^\circ = 75\% \text{ An.}$ nucleo $58^\circ = 84\% \text{ An.}$

L'olivina ed il pirosseno compaiono in due distinte generazioni sia nei fenocristalli sia nella massa di fondo.

Gli individui più sviluppati di olivina presentano un bordo di alterazione iddingsitica di tinta bruna o verdastria sino a nera per segregazione di ossidi di ferro. Al T. U., misurazioni su di un individuo zonato hanno dato: $2V_\alpha = 79^\circ$ periferia $= 83^\circ$ centro, denotando la composizione notevolmente ferrifera della miscela, di tipo hyalosideritico con un contenuto molecolare percentuale di fayalite variabile dal 30 al 40%. Gli elementi di olivina di seconda generazione sono totalmente iddingsitizzati.

Il pirosseno è un termine della famiglia delle augiti (al T. U., $c:\gamma = 46^\circ$, $2V_\gamma = 56^\circ$).

Nella massa di fondo è notevole la quantità di ossidi di ferro in granuli idiomorfi e vi si rinvencono pure rari aciculi di apatite. Tutta la roccia è sparsa di chiazze diffuse bruno-verdastre, prodotti dell'alterazione olivina.

Il basalto del M. Agelù.

La roccia grigiastra, bollosa, a carattere prettamente lavico proviene dallo zoccolo basaltico del M. Agelù. La struttura amigdaloide, vetrofirica, a tendenza porfirico-intersertale è determinata da due generazioni: fenocristalli idiomorfi di plagioclasio, di pirosseno e di olivina sono immersi in una massa di fondo costituita dai microliti degli stessi elementi, associati ad un'abbondante granulazione di magnetite ed ilmenite.

Il pirosseno è di tipo augitico con: $c:\gamma = 49^\circ$ e $2V_\gamma = 58^\circ$ (rosso) $= 59^\circ$ (verde).

L'olivina presenta una accentuata alterazione in una sostanza rosso-bruna, probabilmente di natura iddingsitica. Le osservazioni al T. U. hanno permesso di determinare la composizione ferriera della miscela: $2V_\alpha = -86^\circ$.

Il plagioclasio (spesso zonato, a geminazione albite a fitte lamelle o a geminazione doppia albite-Carlsbad) è di tipo labradoritico ($c:\alpha = 36^\circ = 64\% \text{ An.}$). Determinazioni del $c:\alpha$ su un geminato doppio albite-Carlsbad permettono di stabilire i limiti di composizione di un individuo sensibilmente zonato:

centro: I 40° II $17^\circ = 70\% \text{ An.}$, periferia: I 30° II $11^\circ = 58\% \text{ An.}$ denotando un passaggio da miscele bitownitico-labradoritiche a miscele labradoritiche.

Il basalto di Burè.

La facies basica porfirica, a grana grossa ad abbondanti fenocristalli plagioclasici, che prendo ora in esame proviene dalla località Burè a nord-ovest del M. Mussa-Ali lungo la strada Dancale a 75 Km. da Assab verso Sardò.

Numerosi fenocristalli plagioclasici e rari olivini sono immersi in una massa fondamentale plagioclasico-pirossenico-olivinica con tendenza a struttura intersertale; abbondante la magnetite, numerosi cristallini prismatici di apatite. Granuli olivini e bacchette ilmenitiche sono incluse nei plagioclasii, le cui fratture sono cementate da calcite di origine secondaria. I plagioclasii sono marcatamente zonati, geminati secondo le leggi albite e albite-Carlsbad. I limiti di composizione nei cristalli zonati stanno fra un'andesina e una labradorite variando dal $68\% \text{ An.}$ al nucleo al $34\% \text{ An.}$ alla periferia ⁽¹⁾.

Nel pirosseno l'angolo di estinzione è: $c:\gamma = 50^\circ$, valore corrispondente ad un termine augitico.

L'olivina che è spesso in individui idiomorfi, presenta bordo o chiazze di trasformazione iddingsitica.

I dati delle analisi chimiche da me eseguite su queste tre facies ed i coefficienti delle formule magmatiche e della « norma » da me calcolati sono contenuti nella tabella IV.

Le tre facies, confrontate con i tipi magmatici NIGGLI, risultano derivate da un comune magma femico di natura gabbriica, accostandosi: il basalto del M. Iddidlei al gabbro normale, i basalti del M. Agelù e di Burè invece alla miharaite. Si può mettere inoltre in risalto per la prima e l'ultima di queste tre facies una tendenza alcalina e

⁽¹⁾ In un cristallo zonato a geminazione albite-Carlsbad ho determinato per il $c:\alpha$ i seguenti valori:
nucleo $19^\circ 39^\circ = 68\% \text{ An}$ parte mediana $12^\circ 34^\circ = 65\% \text{ An.}$ bordo $6^\circ 17^\circ = 34\% \text{ An.}$

TABELLA IV.

Analisi

	M. Iddidlei	M. Agelù	Burè
SiO ₂	46.06	46.47	47.56
TiO ₂	1.82	2.27	2.74
P ₂ O ₅	0.34	0.33	0.73
Al ₂ O ₃	15.72	16.45	15.95
Fe ₂ O ₃	3.40	5.92	3.06
FeO	9.46	6.21	9.91
MnO	0.11	0.16	0.22
MgO	6.35	6.21	3.72
CaO	9.00	10.82	10.36
Na ₂ O	3.23	3.03	3.67
K ₂ O	1.21	0.86	1.30
H ₂ O ⁻	0.84	0.30	0.16
H ₂ O ⁺	2.20	0.88	0.22
CO ₂	—	—	0.18
	99.74	99.91	99.78

	si	al	fm	c	alc	k	mg	ti	p	c/fm	qz
M. Iddidlei	107	21.6	46.8	22.5	9.1	0.19	0.47	3.2	0.33	0.48	-29
M. Agelù	111	23.1	41.0	27.6	8.3	0.16	0.54	4.1	0.33	0.67	-22
Burè	115	22.8	39.6	26.9	10.7	0.19	0.34	5.0	0.74	0.68	-28

“ Base „

Iddidlei			Agelù			Burè			Iddidlei			Agelù			Burè					
Q	25.3	Q = 25.3	26.1	Q = 26.1	26.8	Q = 26.8	Q	25.3	26.1	26.8	Q	25.3	26.1	26.8	Q	25.3	26.1	26.8		
Kp	4.4	L = 38.0	3.1	L = 37.5	4.7	L = 39.2	L	38.7	37.5	39.2	L	38.7	37.5	39.2	M	34.8	34.2	30.2		
Ne	18.1		16.7		20.2		M	34.8	34.2	30.2	Ru	1.3	1.6	2.0	Cp	0.6	0.6	1.4		
Cal	15.5		17.7		14.3		Cc	—	—	0.4	π	0.41	0.47	0.36	μ	0.39	0.39	0.26		
Cs	5.8	M = 34.8	7.0	M = 34.2	7.0	M = 30.2	Cp	0.6	0.6	1.4	γ	0.17	0.21	0.23	α	0.001	0.10	0.06		
Fs	3.7		6.3		3.3															
Fo	13.7		13.3		7.9															
Fa	11.6		7.6		12.0															
Ru	1.3		1.6		2.0															
Cp	0.6		0.6		1.4															
Cc	—		—		0.4															
<hr/>			<hr/>			<hr/>														
100.0			100.0			100.0														

“ Norma „

Iddidlei		Agelù		Burè	
Or	7.3	Or	5.2	Or	7.9
Ab	25.0	Ab	27.9	Ab	33.2
An	25.8	An	29.5	An	23.9
Ne	3.1	Wo	9.3	Ne	0.3
Wo	9.7	En	7.2	Wo	9.3
Fo	13.7	Fo	7.9	Fo	7.9
Fa	9.8	Fa	4.5	Fa	10.4
Mt	3.7	Mt	6.3	Mt	3.3
Ru	1.3	Ru	1.6	Ru	2.0
Cp	0.6	Cp	0.6	Cp	1.4
Cc	—	Cc	—	Cc	0.4
	100.0		100.0		100.0

precisamente la roccia del M. Iddidlei tende al *gabbro essexitico* e la roccia di Burè al *gabbro teralitico normale*.

	si	al	fm	c	alc	k	mg
<i>Gabbroessexitico</i>	95	20	49	21.5	9.5	0.25	0.50
Basalto M. Iddidlei	107	21.6	46.8	22.5	9.1	0.19	0.47
<i>Gabbro normale</i>	108	21	51	22	6	0.20	0.50
Basalto M. Agelù	111	23.1	41	27.6	8.3	0.16	0.54
<i>Miharaite</i>	130	23	42	27.5	7.5	0.20	0.50
Basalto Burè	115	22.8	39.6	26.9	10.7	0.19	0.34
<i>Gabbroteralitico normale</i>	105	24	38	25	13	0.25	0.50

Il complesso delle ricerche chimico-petrografiche permette di definire le tre facies come *basalti pirossenico-plagioclasici ad olivina, a struttura nettamente porfirica*.

BASALTI PIROSSENICO-PLAGIOCLASICI, MICROGRANULARI

Struttura microgranulare ed uguale composizione mineralogica pirossenico-plagioclasica con poca olivina sono le caratteristiche comuni delle quattro rocce che prenderò ora in esame. Si tratta di quattro basalti che provengono da varie località del territorio esplorato:

- a) da Giarsagorò, sul fianco settentrionale del gruppo dell'Abdulla, al margine nord dell'Altipiano Hararino;
- b) dalla piana di Aiscia;
- c) dalla regione di Farsò, al margine meridionale dell'Altipiano Hararino;
- d) dalla cima ovest del massiccio del Garamullata.

Il basalto di Giarsagorò.

Il basalto compatto, nero, minutamente cristallino proveniente dalla regione di Giarsagorò è la facies più comune rinvenibile fra i basalti stratoidi del gruppo dell'Abdulla, come ho già avuto modo di precisare precedentemente (pag. 8). Si tratta di una facies a struttura finemente cristallina, leggermente intersertale, senza fenocristalli e con chiazze vetrose, costituite essenzialmente da plagioclasì e pirosseni. Le osservazioni ottiche su individui plagioclasici, geminati secondo la legge albite, hanno dato valori massimi per il $c: \alpha$ di 30-31°, rivelando così una composizione media del 56-57 % An; le misure su di un geminato doppio albite-Carlsbad zonato hanno permesso di fissare i seguenti limiti di composizione, che sono risultati propri di termini labradoritici:

centro: I 20° II 33° = 62 % An. periferia: I 19° II 26° = 54 % An.

Il pirosseno sparso in tutta la roccia in piccoli e abbondanti granuli di colore paglierino, risulta essere un termine augitico ($c: \gamma = 49^\circ$).

Gli interstizi fra i microliti dei pirosseni e dei plagioclasì sono riempiti da sostanza vetrosa bruno-rosata, che qua e là si concentra in noduli di tinta verde od ocrea, al-

cuni dei quali nel nucleo accennano ad un principio di devetrificazione oppure ad una struttura a zone concentriche.

Piccole cavità sono riempite da calcite. Abbondantissima la magnetite e frequente pure l'ilmenite in sottili bacchette.

Il basalto di Aiscia.

La grande pianura di Aiscia è in prevalenza ricoperta dal materiale di disfacimento delle vulcaniti stratoidi preesistenti, disfacimento in posto favorito dalla fessurazione sferoidale delle colate basaltiche. Vi si riscontrano due tipi fondamentali rappresentati: uno da un basalto granulare grigio-nerastro augitico-olivinico con plagioclasti nella massa di fondo, a struttura porfirica intersertale; l'altro da un basalto a grana finissima, nero, talvolta compatto talvolta vacuolare.

Quest'ultima facies è la più frequente. La massa fondamentale a minuti microliti plagioclastici e pirossenici abbondantemente cosparsa di granuli di magnetite e da lamelle ilmenitiche, include piccoli e rarissimi fenocristalli di plagioclasti e pirosseni. In questa facies è presente pure, seppur molto scarsa, l'olivina in granuli. Alcuni elementi olivinici sono perfettamente freschi, altri invece presentano il nucleo iddingsitizzato, mentre la parte periferica è inalterata, contrariamente a quanto avviene nell'usuale processo di alterazione del peridoto. La roccia presenta una certa quantità di vacuoli in cui si può rinvenire calcite di origine secondaria. Un po' di sostanza vetrosa compare sotto forma di piccoli noduli o come cemento negli interstizi.

Fra i plagioclasti, poco zonati, prevale sulla geminazione albite la geminazione doppia albite-Carlsbad. Misure su individui zonati, geminati secondo quest'ultima legge, rivelano sempre composizioni labradoritiche per le parti periferiche (56-60 % An.) con variazioni verso miscele labradoritico-bitownitiche al nucleo (62-68 % An.).

Per i pirosseni il $c:\gamma$ risulta essere di 50°, valore che porta a termini ferriferi nella famiglia delle augiti.

Il basalto di Farsò.

Al limite meridionale del territorio hararino verso la Somalia, sulla via di Dagamedò, affiorano dal tavolato calcareo-arenaceo collinette basaltiche a forma conica isolate o raggruppate in sistemi: tipico il gruppo di Farsò, dove il sistema di collinette disegna una forma di gran cratere sventrato. Il materiale di natura basaltica compatta, ha subito un processo di disfacimento globulare del tipo di quello a cui ho già accennato per i basalti di Aiscia.

La facies comune è nera, compatta, a grana minutissima; la struttura microscopica è minuta, con tendenza in certe plaghe alla struttura intersertale, non mancano però nidi e concentrazioni di prodotti femici. La pasta fondamentale è essenzialmente plagioclastico-pirossenica ad abbondante magnetite. Molto scarsa l'olivina in granuli inalterati; una certa quantità di vetro verde si rinviene negli interstizi. Rarissimi fenocristalli plagioclastici non molto zonati, in geminati albite ed albite-Carlsbad di composizione labradoritica (al 59-61 % An.) sono sparsi nell'aggregato di fondo.

Analisi chimiche dei basalti microgranulari

	Giarsagorò	Aiscia	Farsò	Garamullata
SiO ₂	47.38	50.32	50.41	51.02
TiO ₂	2.43	2.28	2.58	0.98
P ₂ O ₅	0.52	0.35	0.25	0.76
Al ₂ O ₃	14.01	12.70	15.69	15.40
Fe ₂ O ₃	3.62	4.00	3.26	2.72
FeO	10.08	10.51	9.53	10.21
MnO	0.07	0.11	0.22	0.19
MgO	5.39	5.38	5.02	5.04
CaO	9.64	9.60	9.28	8.94
Na ₂ O	2.14	2.94	2.44	2.73
K ₂ O	0.66	0.83	1.12	1.32
H ₂ O ⁻	1.26	0.24		
H ₂ O ⁺	2.20	0.60	0.24	1.10
CO ₂	0.06	tr.	0.36	—
	99.94	99.87	100.40	100.41

I basalti del Garamullata.

Anche il massiccio del Garamullata è caratterizzato da enormi colate basaltiche stratificate sopra i calcari giurassici sottostanti. Tre sono le facies fondamentali:

a) *Basalto nero compatto*, che costituisce gran parte della massa e che solo in superficie di colata tende a diventare bolloso. Struttura minuta quasi olocristallina. Massa costituita uniformemente da plagioclasti in esilissime listerelle, da pirosseni in minuti granuli e da abbondanti ossidi di ferro; rari granuli di olivina non alterata s'intravedono nell'aggregato di fondo e qua e là chiazze giallo-brune di sostanza amorfa vetrosa e di prodotti d'alterazione di minerali femici. L'estrema piccolezza degli elementi plagioclastici e femici non permette alcuna determinazione microscopica.

b) *Basalto granulare grigio-nero* a frequente fessurazione intersertale abbastanza tipica. L'elemento incolore è rappresentato dal plagioclasio nettamente zonato, ad abituali geminazioni albite-Carlsbad e albite; si tratta di miscele molto ricche in calcio di tipo labradoritico-bitownitico:

in un geminato albite-Carlsbad: I 15° II 35° = 64 % An.

L'elemento colorato è rappresentato in prevalenza da pirosseno augitico ($c:\gamma = 49^\circ$). Qua e là si trovano dei piccoli residui non alterati di olivina, mentre frequenti sono le chiazze giallo-rossastre di alterazione a tipo iddingsitico; ciò fa ritenere che anche l'olivina entrasse come elemento essenziale nella composizione della roccia. Abbondanti gli ossidi di ferro e frequenti le lamelle d'ilmenite.

c) Il *basalto grigio* della parte superiore del Garamullata, presso Cima Ovest, è costituito da una facies meno scura delle precedenti con un certo orientamento nella

TABELLA V.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>ti</i>	<i>p</i>	<i>c/fm</i>	<i>qz</i>
<i>Miharaite</i>	130	23	42	27.5	7.5	0.2	0.5	—	—	—	0
Bas. Garamullata	126	22.5	45.2	23.7	8.6	0.24	0.41	1.8	0.8	0.52	-8
<i>Gabbrodiorite norm.</i>	130	23	44	22.5	10.5	0.2	0.5	—	—	—	-12
Bas. Giarsagorò	119	20.5	47.7	25.6	6.2	0.16	0.41	4.5	0.54	0.53	-6
Bas. Farsò	125	22.9	44.8	24.6	7.6	0.23	0.41	4.8	0.27	0.55	-6
<i>Gabbro normale</i>	108	21	51	22	6	0.2	0.5	—	—	—	-16
Bas. Aiscia	123	18.2	48.5	25.2	8.2	0.15	0.40	4.1	0.36	0.44	-10
<i>Melagabbrodiorite</i>	130	19	51	21	9	0.25	0.5	—	—	—	-6

“ Base „

Giarsagorò			Aiscia			Farsò			Garamullata		
Q	30.9	Q = 30.9	29.6	Q = 29.6	31.8	Q = 31.8	31.4	Q = 31.4			
Kp	2.5	L = 31.9	3.0	L = 31.1	4.1	L = 35.2	4.8	L = 35.7			
Ne	12.3		16.2		13.5		15.5				
Cal	17.1		11.9		17.6		15.9				
Cs	5.7	M = 34.2	8.2	M = 36.9	5.0	M = 30.6	4.4	M = 30.7			
Fs	4.0		4.3		3.4		2.9				
Fo	11.9		11.6		10.6		10.7				
Fa	12.6		12.8		11.6		12.7				
Ru	1.8		1.7		1.9		0.7				
Cp	1.1		0.7		0.5		1.5				
Ce	0.1		—		—		—				
	100.0		100.0		100.0		100.0				

“ Norma „

Or	4.1	5.0	6.9	8.0
Ab	20.5	24.2	22.5	25.0
An	28.5	19.9	29.2	26.5
Wo	7.6	10.9	6.6	5.9
En	15.9	15.5	14.1	14.3
Hy	7.7	9.5	6.8	5.3
Fa	8.7	8.3	8.2	9.9
Mt	4.0	4.3	3.4	2.9
Ru	1.8	1.7	1.9	0.7
Cp	1.1	0.7	0.5	1.5
Ce	0.1	—	—	—
	100.0	100.0	100.0	100.0

	<i>Q</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>Ru</i>	<i>Cp</i>	<i>Ce</i>	π	μ	γ	α
Giarsagorò	30.9	31.9	34.2	1.8	1.1	0.1	0.54	0.35	0.17	0.78
Aiscia	29.6	31.1	36.9	1.7	0.7	—	0.38	0.31	0.22	0.67
Farsò	31.8	35.2	30.6	1.9	0.5	—	0.50	0.35	0.16	0.76
Garamullata	31.4	35.7	30.7	0.7	1.5	—	0.45	0.33	0.13	0.69

massa stessa che si lascia dividere in grandi lastre, orientamento però che non si ritrova nella struttura microscopica. La massa è minuta, quasi olocristallina, come nel primo tipo: plagioclasti e pirosseni prevalgono nettamente sugli ossidi di ferro (magnetite e rara ilmenite), solo qualche raro plagioclasto (a composizione labradoritico-bitownitica al 68 % An.) assume carattere di fenocristallo. Data la finezza della grana sorge l'impossibilità di uno studio microscopico dettagliato.

Le due facies di Farsò e Garamullata furono analizzate da G. FACCA.

Riunisco nelle pagine 16 e 17 tutti i dati relativi alla composizione chimica e le formule necessarie per la classificazione petrografica delle quattro facies basaltiche ora prese in considerazione.

Dal confronto delle rispettive formule magmatiche con i tipi NIGGLI risulta che le quattro facies sono termini femici di serie alcali-calce localizzabili fra i tipi *gabbrodioritici* e *tipi gabbri* e più precisamente i basalti di Garsagorò e Farsò si possono inquadrare fra la *gabbrodiorite normale* ed il *gabbro normale*, il basalto di Aiscia fra la *melagabbrodiorite* e il *gabbro normale*, ed infine il basalto del Garamullata fra la *gabbrodiorite normale* e la *miharaite*:

Dal complesso dei dati petrografici sopra riportati viene riconfermata la natura basaltica delle quattro facies, derivanti tutte da un comune tipo di magma gabbriaco non molto basico.

BASALTI PLAGIOCLASICI A PIROSSENO CON OLIVINA NELLA MASSA DI FONDO, A NETTA STRUTTURA PORFIRICA

Le due rocce di questo tipo, provenienti da Entotto e da Debrasina, sono basalti plagioclastici a netta struttura porfirica, per grandi e numerosi fenocristalli feldispatici, a pirosseno e con poca olivina nella sola massa di fondo.

Il basalto di Entotto.

La lava prelevata sui monti di Entotto a nord di Addis Abeba, presso la chiesa di Entotto Marian, è un basalto grigio-nero a grana evidente. Microscopicamente è netto il contrasto fra la massa di fondo minuta omogenea (data da plagioclasti di seconda generazione, olivina, augite e abbondanti granuli di ossidi di ferro) ed i plagioclasti idiomorfi di prima generazione.

Questi sono rappresentati da numerosi fenocristalli a geminazione albite, albite-Carlsbad, raramente albite-Carlsbad-periclino e a zonatura frequente, talora marcata, con estremo bordo nettamente discordante dal nucleo. Dalle misurazioni eseguite al T. U. su individui albite e albite-Carlsbad risulta infatti per i plagioclasti una composizione media labradoritico-bitownitica, con variazioni estreme dalla bitownite nel nucleo dei cristalli più marcatamente zonati a miscele labradoritiche verso il bordo.

In geminati albite: periferia $28^\circ = 54\%$ An. nucleo $40^\circ = 70\%$ An.

In geminati albite-Carlsbad:

nucleo I 29° II $38^\circ = 83\%$ An. periferia I 23° II $36^\circ = 68\%$ An. bordo I 19° II $32^\circ = 60\%$ An.

Le misurazioni eseguite su individui feldispatici di seconda generazione portano a una composizione simile a quella dei fenocristalli: a miscele labradoritico-bitownitiche con un tenore in An. aggirantesi sul 70%.

Sugli individui femici dell'aggregato di fondo non mi è stato possibile eseguire alcuna determinazione data la loro piccolezza.

Il basalto di Debrasina.

Vistosi cristalli plagioclasici tabulari caratterizzano il basalto andesitico raccolto presso la località di Debrasina, al margine orientale dell'Altipiano di Addis Abeba. La massa di fondo è microcristallina plagioclasico-pirosenica ricca di magnetite (in minutissimi granuli o in rari individui idiomorfi) e sparsa qua e là di macchie verdi brune e giallo-verdognole (talora a struttura fibroso-raggiata talora criptocristallina talora amorfa) probabili prodotti di alterazione di elementi femici. In questo aggregato di fondo predominano sviluppatissimi fenocristalli di plagioclasio che sorpassano talora i 10 mm. di lunghezza, poco zonati, geminati secondo la legge albite-Carlsbad, eccezionalmente secondo la legge albite, meno raramente secondo la legge albite-Carlsbad-periclinino. Misure eseguite su geminati semplici albite danno per gli elementi feldispatici una composizione in anortite del 62 %, tenore proprio di miscele labradoritiche. In un geminato albite-Carlsbad zonato ho trovato: tenori del 63 % An. al centro dell'individuo e del 58 % An. alla periferia (centro I 20° II $34^\circ = 63\%$ An; periferia I 17° II $32^\circ = 58\%$ An.). La composizione labradoritica prossima al 60-61 % An. viene confermata dalle determinazioni del 2V, eseguite al T. U.:

per un geminato albite-Carlsbad: $2V_\gamma = 80^\circ$

per un geminato albite-periclinino: $2V_\gamma = 79^\circ$.

I plagioclasidi di seconda generazione e così pure gli elementi femici non si prestano, data la loro piccolezza, ad osservazioni microscopiche e a misurazioni attendibili.

La composizione chimica di queste due facies e le formule magmatiche sono quelle riportate nella Tabella VI.

Procedendo alla localizzazione delle due facies fra i tipi NIGGLI, si nota che il basalto di Entotto proviene da un magma *leucogabbro*, a carattere intermedio tra il *gabbro ossipitico* ed il *gabbro belugitico*, mentre il basalto di Debrasina trae origine da un magma *leucogabbro* passante a *gabbrodioritico* e a sensibile tendenza alcalina.

La composizione normativa di entrambe le facies riconferma il predominio dei plagioclasidi su tutti gli altri costituenti mineralogici e mette inoltre in risalto la composizione più calcica degli elementi feldispatici presenti nella lava di Entotto rispetto a quella più acida ed alcalina dei plagioclasidi inclusi nel basalto di Debrasina.

Il complesso delle osservazioni petrografiche eseguite su entrambe le facies permette di considerarle come due *basalti plagioclasici derivanti da un magma gabbro non molto femico*.

TABELLA VI.

	Entotto			Debrasina				Entotto			Debrasina	
	SiO ₂	45.52		46.36			MgO	4.42		4.02		
	TiO ₂	1.82		2.99			CaO	11.86		8.16		
	P ₂ O ₅	0.26		0.63			Na ₂ O	2.67		3.51		
	Al ₂ O ₃	21.12		17.10			K ₂ O	0.67		2.36		
	Fe ₂ O ₃	2.68		4.54			H ₂ O ⁻	0.62		1.62		
	FeO	6.95		7.40			H ₂ O ⁺	1.55		1.16		
	MnO	0.07		0.07			CO ₂	—		tr.		
								100.28		99.92		
	si	al	fm	c	alc	k	mg	ti	p	c/fm	qz	
Entotto	108	29.5	34.3	29.1	7.1	0.14	0.45	3.2	0.25	0.84	-20	
Debrasina	118	25.6	39.7	22.2	12.5	0.31	0.35	5.7	0.67	0.56	-32	
				si	al	fm	c	alc	k	mg		
Belugite				130	29	32	29	10	0.15	0.5		
Basalto Entotto				108	29.5	34.3	29.1	7.1	0.14	0.45		
Ossipite				110	30	35	30	5	0.15	0.6		
Leucomiharaite				140	26.5	38	26.5	9	0.25	0.45		
Basalto Debrasina				118	25.6	39.7	22.2	12.5	0.31	0.35		
Gabbrodiorite				130	23	44	22.5	10.5	0.20	0.50		
Gabbroteralitico normale				105	24	38	25	13	0.25	0.50		
“ Base „												
	Entotto			Debrasina				“ Norma „				
								Entotto		Debrasina		
Q	29.2	Q = 29.2		26.5	Q = 26.5		Or	4.1	14.5			
Kp	22.5	L = 44.1		8.7	L = 43.4		Ab	19.2	29.7			
Ne	14.7			19.7			An	44.9	25.0			
Cal	26.9			15.0			Ne	3.2	1.9			
Cs	4.2	M = 24.9		4.0	M = 26.6		Wo	7.6	5.3			
Fs	2.9			5.0			Fo	9.4	8.6			
Fo	9.4			8.6			Fa	6.9	6.5			
Fa	8.4			9.0			Mt	2.9	5.0			
Ru	1.3			2.2			Ru	1.3	2.2			
Cp	0.5			1.3			Cp	0.5	1.3			
	100.0			100.0				100.0	100.0			
	Q	L	M	Ru	Cp	π	μ	γ	α			
Entotto	29.2	44.1	24.9	1.3	0.5	0.61	0.38	0.16	-0.02			
Debrasina	26.5	43.4	26.6	2.2	1.3	0.35	0.32	0.15	-0.24			

LAVE BASALTICHE BOLLOSE A FENOCRISTALLI
PLAGIOCLASICI CON PIROSSENIO E SCARSA OLIVINA

Il basalto bolloso di Ualenciti.

Nella regione Dancala e al margine dell'Altipiano Etiopico a sud di Addis Abeba sono frequenti le colate di lave basaltiche. Da una località lungo la strada Addis Abeba - Auasc presso Ualenciti proviene il basalto che ora esaminerò: scoriaceo, bolloso, nero e rossastro per ossidazione in superficie di colata. È quasi completamente vetroso a struttura vacuolare amigdaloidale. Vi si notano fenocristalli plagioclasici zonati, geminati per lo più secondo la legge albite in qualche caso secondo la legge albite-Carlsbad. Si tratta di miscele labradoritico-bitownitiche, come precisano le misure eseguite su un geminato albite-Carlsbad zonato:

centro: I 39° II 22° = 72 % An. periferia: I 31° II 15° = 57 % An.

TABELLA VII.

Analisi del basalto di Ualenciti

SiO ₂	43.80	MgO	5.48
TiO ₂	1.97	CaO	12.12
P ₂ O ₅	0.34	Na ₂ O	3.00
Al ₂ O ₃	18.13	K ₂ O	0.88
Fe ₂ O ₃	3.70	H ₂ O ⁻	0.68
FeO	7.68	H ₂ O ⁺	0.86
MnO	0.05	CO ₂	—
			99.69

	si	al	fm	c	alc	k	mg	ti	p	c/fm	qz
Achnaite	100	29	40	27	4	0.2	0.5	—	—	—	-16
Lava Ualenciti	97	25	38.6	28.7	7.7	0.16	0.46	3.2	0.21	0.76	-34
Ossipite	110	30	35	30	5	0.15	0.6	—	—	—	-10

“ Base „

Q	24.4	Q = 24.4
Kp	3.2	L = 40.7
Ne	16.8	
Cal	20.7	
Cs	7.8	M = 32.8
Fs	4.0	
Fo	11.7	
Fa	9.3	
Ru	1.5	
Cp	0.6	
	100.0	

“ Norma „

Or	5.4
Ab	18.7
An	34.5
Ne	5.6
Wo	10.7
Fo	11.7
Fa	7.3
Mt	4.0
Ru	1.5
Cp	0.6
	100.0

$$\begin{aligned}\pi &= 0.51 \\ \mu &= 0.36 \\ \gamma &= 0.24 \\ \alpha &= -0.23\end{aligned}$$

Si notano, quali inclusi di alcuni elementi feldispatici più sviluppati, minuti granuli idiomorfi di magnetite e bacchettine ilmenitiche, inclusi disposti in caratteristici filari paralleli ai piani di geminazione. Pochi granuli di olivina non alterata e pochi elementi pirossenici verdastri punteggiano il cemento vetroso. La piccolezza e la mancanza di abito ben definito di questi elementi femici non hanno permesso, oltre alla loro individuazione, nessuna osservazione microscopica in dettaglio.

La composizione chimica di questa lava è espressa dalla analisi contenuta nella Tabella VII.

La formula magmatica specifica che si tratta di una lava relativamente femica, ricca di calcio e sensibilmente alcalina, che si localizza fra i tipi *achnaitico* ed *ossipitico* del gruppo *leucogabbrico* (tenendo presente che in questi due tipi NIGGLI il valore del coefficiente *alc* può essere più elevato, non mai però superiore rispettivamente ai limiti 8 e 7,5).

La roccia di Ualenciti si può definire sulla base degli elementi petrografici sopra riportati una *lava basaltica bollosa piuttosto femica e a sensibile tendenza alcalina*.

FACIES FILONIANE

Lungo il margine fratturato degli altipiani Eritreo-etiopico ed Hararino, dominanti il bassopiano dancalo, sono numerosi i filoni basici che solcano le gradinate del basamento granitico e del rivestimento calcareo-arenaceo o le masse stratificate dei tufi sovrapposti.

Si tratta per lo più di basalti compatti, neri, a grana uniforme, finissima e spesso a piccola fessurazione prismatica trasversale al decorso dei filoni. Due sono i tipi che ho preso in considerazione: l'uno è un filone incassato fra le masse stratificate di tufi basici a zeoliti che s'incontrano sulla strada Combolcià-Dessiè, l'altro è un grosso filone incassato fra graniti e scisti lungo la strada Harar - Diredaia poco sotto la porta di Harar.

Il basalto a tessitura fluidale della strada Combolcià-Dessiè.

Si tratta di una roccia compatta, nera, a grana uniforme molto fine e spesso a piccola fessurazione prismatica. La struttura microscopica è nettamente microcristallina, a tessitura fluidale: fra i microliti plagioclasici orientati campeggia qualche raro fenocristallo di plagioclasio e qualche rarissimo individuo prettamente idiomorfo di olivina, con esilissimo bordo giallo-verde di alterazione serpentinoso; inoltre alla formazione dell'aggregato di fondo partecipano copiosamente il pirosseno, l'olivina e la magnetite, negli interstizi piccole plaghe giallognole di cemento vetroso.

Nei piccoli cristalli plagioclasici dell'aggregato di fondo prevale la geminazione albite semplice, con valori angolari massimi di 33° - 34° corrispondenti a tenori di circa 61 % An., cioè a miscele labradoritiche. Questa generazione minuta è un po' meno basica dei cristalli più sviluppati, molto spesso zonati e geminati sia secondo la legge albite sia secondo l'albite-Carlsbad. Per un geminato albite zonato ho ricavato: centro $42^{\circ} = 72$ % An. periferia $34^{\circ} = 61$ % An.

Per un geminato albite-Carlsbad zonato:
nucleo I 42° II $28^{\circ} = 86$ % An. periferia I 32° II $15^{\circ} = 57$ % An.; si passa quindi da miscele labradoritiche a miscele bitownitiche.

La composizione chimica e le relative formule magmatiche e normative (Tab. VIII) denotano trattarsi di un *basalto a composizione non molto femica e con sensibile tendenza alcalina*.

TABELLA VIII.

SiO ₂	47.04	MgO	5.51
TiO ₂	2.28	CaO	9.84
P ₂ O ₅	0.43	Na ₂ O	3.65
Al ₂ O ₃	15.37	K ₂ O	1.38
Fe ₂ O ₃	3.72	H ₂ O ⁻	0.58
FeO	9.17	H ₂ O ⁺	0.86
MnO	0.08	CO ₂	—
		99.91	

si	al	fm	al	alc	k	mg	ti	p	c/fm	qz
110	21.2	43.8	24.7	10.3	0.20	0.44	4.0	0.42	0.56	-31

Dal confronto con i *tipi magmatici* NIGGLI risulta che alcuni coefficienti di questa formula magmatica conducono verso i gruppi dei *magmi gabbrodioritici* e *gabbri* e altri guidano piuttosto verso il gruppo dei *magmi gabbro sodici*: le formule tipo più prossime sono infatti quelle della *gabbrodiorite normale*, del *gabbro normale* e della *gabbrodiorite essexitica*:

	si	al	fm	c	alc	k	mg
<i>Gabbrodiorite normale</i>	130	23	44	22.5	10.5	0.20	0.50
Filone Combolcià	110	21.2	43.8	24.7	10.3	0.20	0.44
<i>Gabbro normale</i>	108	21	51	22	6	0.20	0.50
<i>Gabbrodiorite essexitica</i>	105	23	43	24	10	0.25	0.45

La composizione mineralogica normativa riconferma la sensibile tendenza alcalina di questa roccia.

“ Base „				“ Norma „	
Q	24.7	Q = 24.7		Or	8.2
Kp	5.0	L = 38.4		Ab	30.2
Ne	20.2			An	22.0
Cal	13.2			Ne	2.1
Cs	7.8	M = 34.4	π = 0.34	Wo	10.4
Fs	3.9		μ = 0.34	Fo	11.6
Fo	11.6		γ = 0.23	Fa	9.1
Fa	11.1		α = -0.07	Mt	3.9
Ru	1.6			Ru	1.6
Cp	0.9			Cp	0.9
	100.0				100.0

Il basalto microgranulare del filone sulla strada Harar-Diredaua.

L'aspetto macroscopico, a grana finissima, di questa facies filoniana trova netta rispondenza nella microstruttura della roccia: si tratta di una massa olocristallina a grana molto minuta, in cui plaghe a tessitura fluidale si alternano con altre a tendenza intersertale; l'aggregato è costituito da piccoli cristalli di plagioclasti, da prismetti idiomorfi di pirosseni e subordinatamente da granuli di olivina. Una minuta granulazione di magnetite costella la massa e sono pure frequenti gli individui aciculari di apatite.

La nota più caratteristica però nella struttura e nella composizione mineralogica di questa facies è data dalla presenza di piccole geodine in cui si annidano, oltre ai pirosseni, squamette biotitiche e lamelle di orneblenda bruna. Nonostante la loro piccolezza ho potuto eseguire al T. U. delle osservazioni che hanno riconfermato la natura di questi due componenti mineralogici. Per l'orneblenda bruna: $2V_{\alpha} = 80^{\circ}$.

Nei plagioclasti sono comuni tanto la geminazione albite quanto l'albite-Carlsbad. Misurazioni eseguite su geminati albite danno per il c: α valori di 32° - 33° corrispondenti a miscele labradoritiche al 59-60 % An.; su geminati albite-Carlsbad: c: $\alpha =$
I 16° II $32^{\circ} = 58\%$ An.

L'analisi chimica e le formule, che sono riunite nella tabella IX, indicano per questa roccia un carattere basaltico non molto femico.

Il confronto con i tipi magmatici NIGGLI permette di mettere in rilievo la leggera tendenza alcalina della roccia filoniana di Combolcià; per la facies filoniana di Harar invece il carattere leggermente alcalino viene messo più facilmente in evidenza dalla composizione mineralogica osservata sperimentalmente, dove accanto ai plagioclasti, ai pirosseni e all'olivina si rinvenivano, se pur in tracce, l'orneblenda bruna e la biotite.

La lieve differenziazione in senso alcalino delle due facies permette il confronto delle loro formule magmatiche con quelle dedotte da NIGGLI per le differenziazioni lamprofiriche, e precisamente con la formula del tipo *camptonitico*, termine basico filoniano corrispondente a magmi *essexiticoteraltici*.

	si	al	fm	c	alc	k	mg	c/fm	qz
Filone Combolcià	110	21.2	43.8	24.7	10.3	0.20	0.44	0.56	-31
Camptonite	105	22	44	24	10	0.29	0.48	0.55	-35
Filone di Harar	135	20.2	45.6	23.5	10.7	0.28	0.40	0.51	-8

I coefficienti della roccia filoniana di Combolcià presentano una notevole identità con quelli della camptonite; le lievi variazioni presentate dai coefficienti della roccia di Harar sono dovuti al valore più elevato del coefficiente magmatico *si* di questa facies rispetto al valore che ha lo stesso coefficiente per la *camptonite*.

Questa lieve tendenza verso termini alcalini non è però tale da permettere una classificazione in senso lamprofirico per le due facies in esame, perchè questa classificazione non è sostenuta nè dalla loro composizione mineralogica nè dalla loro struttura. Le due facies vanno quindi considerate come *filoni basaltici appena differenziati in senso lamprofirico*.

TABELLA IX.

SiO ₂	51.56	MgO	4.65							
TiO ₂	3.04	CaO	8.36							
P ₂ O ₅	0.54	Na ₂ O	3.06							
Al ₂ O ₃	13.07	K ₂ O	1.78							
Fe ₂ O ₃	2.76	H ₂ O -	0.86							
FeO	9.82	H ₂ O +	0.58							
MnO	0.26	CO ₂	—							
			100.34							
<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>	<i>ti</i>	<i>p</i>	<i>c/fm</i>	<i>qz</i>
135	20.2	45.6	23.5	10.7	0.28	0.40	6.0	0.59	0.51	-8

La formula magmatica di questa roccia si localizza fra tipi di magmi del gruppo *gabbro* e precisamente fra la *gabbrodiorite normale* e la *melagabbrodiorite*:

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alc</i>	<i>k</i>	<i>mg</i>
<i>Gabbrodiorite normale</i>	130	23	44	22.5	10.5	0.20	0.5
Filone Harar	135	20.5	45.6	23.5	10.7	0.28	0.4
<i>Melagabbrodiorite</i>	130	19	51	21	9	0.25	0.5

La « *molecola base* » e la « *norma* » di questa facies sono:

Q	31.1	Q = 31.1	Or	10.8
Kp	6.5	L = 33.9	Ab	28.1
Ne	16.9		An	17.5
Cal	10.5		Wo	8.9
Cs	6.7	M = 31.7	En	13.3
Fs	3.0		Hy	6.1
Fo	10.0		Fa	9.0
Fa	12.0		Mt	3.0
Ru	2.2	$\pi = 0.31$	Ru	2.2
Cp	1.1	$\mu = 0.32$	Cp	1.1
		$\gamma = 0.21$		
		$\alpha = 0.73$		
	100.0			100.0

CHIMISMO E DIFFERENZIAZIONE MAGMATICA DEI BASALTI PRESI IN ESAME

Per procedere all'esame comparativo delle facies basaltiche studiate reputo necessario riportare il quadro completo delle analisi chimiche da me eseguite e delle corrispondenti formule magmatiche e offrire il prospetto riassuntivo dei relativi tipi petrografici e della classificazione secondo NIGGLI (quadri I, II e III, pag. 26, 27, 28).

Segue una serie di diagrammi che giovano alla comprensione dei motivi essenziali della differenziazione magmatica.

I. — QUADRO DELLE ANALISI CHIMICHE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SiO ₂	44.48	44.72	45.51	44.92	47.22	46.06	46.47	47.56	47.88	50.32	50.41	51.02	45.52	46.36	43.80	47.04	51.56
TiO ₂	3.06	2.13	1.27	1.74	4.01	1.82	2.27	2.74	2.43	2.28	2.58	0.98	1.82	2.99	1.97	2.28	3.04
P ₂ O ₅	tr.	0.40	0.07	0.30	0.22	0.34	0.33	0.73	0.52	0.35	0.25	0.76	0.26	0.63	0.34	0.43	0.54
Al ₂ O ₃	9.61	8.40	12.45	13.48	12.49	15.72	16.45	15.95	14.01	12.70	15.69	15.40	21.12	17.10	18.13	15.37	13.07
Fe ₂ O ₃	6.43	4.34	10.25	2.68	8.05	3.40	5.92	3.06	3.62	4.00	3.26	2.72	2.68	4.54	3.70	3.72	2.76
FeO	6.01	8.82	3.34	10.35	5.11	9.46	6.21	9.91	10.08	10.51	9.53	10.21	6.95	7.40	7.68	9.17	9.82
MnO	0.18	0.56	0.18	0.08	0.20	0.11	0.16	0.22	0.07	0.11	0.22	0.19	0.07	0.07	0.05	0.08	0.26
MgO	13.45	11.90	7.38	9.34	6.40	6.35	6.21	3.72	5.39	5.38	5.02	5.04	4.42	4.02	5.48	5.51	4.65
CaO	12.26	11.60	12.47	10.72	10.06	9.00	10.82	10.36	9.64	9.60	9.28	8.94	11.86	8.16	12.12	9.84	8.36
Na ₂ O	2.56	1.97	2.28	2.76	2.62	3.23	3.03	3.67	2.14	2.94	2.44	2.73	2.67	3.51	3.00	3.65	3.06
K ₂ O	1.18	0.74	1.27	0.82	1.43	1.21	0.86	1.30	0.66	0.83	1.12	1.32	0.67	2.36	0.88	1.38	1.78
H ₂ O ⁻	0.26	1.24	1.32	0.88	1.20	0.84	0.30	0.16	1.26	0.24	0.24	—	0.62	1.62	0.68	0.58	0.86
H ₂ O ⁺	0.34	2.67	1.91	1.82	0.60	2.20	0.88	0.22	2.20	0.60	0.36	1.10	1.55	1.16	0.86	0.86	0.58
CO ₂	—	0.21	—	—	—	—	—	0.18	0.06	tr.	—	—	—	tr.	—	—	—
	99.90	99.80	99.76	99.86	99.61	99.74	99.91	99.78	99.94	99.87	100.40	100.41	100.28	99.92	99.69	99.91	100.34

II. — QUADRO DELLE FORMULE RAPPRESENTATIVE

Formule "NIGGLI",

N.	si	al	fm	c	alc	k	mg	ti	p	c/fm	qz
1	85	10.9	57.7	25.2	6.2	0.23	0.66	4.4	—	0.44	—40
2	92	10.2	59.4	25.5	4.9	0.20	0.61	4.1	0.34	0.43	—28
3	100	16.2	47.8	29.4	6.6	0.27	0.50	2.1	0.06	0.61	—26
4	95	16.8	52.2	24.3	6.8	0.16	0.56	2.8	0.25	0.46	—32
5	113	17.7	48.1	25.9	8.3	0.26	0.48	7.3	0.23	0.54	—20
6	107	21.6	46.8	22.5	9.1	0.19	0.47	3.2	0.33	0.48	—29
7	111	23.1	41.0	27.6	8.3	0.16	0.54	4.1	0.33	0.67	—22
8	115	22.8	39.6	26.9	10.7	0.19	0.34	5.0	0.74	0.68	—28
9	119	20.5	47.7	25.6	6.2	0.16	0.41	4.5	0.54	0.53	— 6
10	123	18.2	48.5	25.2	8.2	0.15	0.40	4.1	0.36	0.44	—10
11	125	22.9	44.8	24.6	7.6	0.23	0.41	4.8	0.27	0.55	— 6
12	126	22.5	45.2	23.7	8.6	0.24	0.41	1.8	0.80	0.52	— 8
13	108	29.5	34.3	29.1	7.1	0.14	0.45	3.2	0.25	0.84	—20
14	118	25.6	39.7	22.2	12.5	0.31	0.35	5.7	0.67	0.56	—32
15	97	25.0	38.6	28.7	7.7	0.16	0.46	3.2	0.31	0.76	—34
16	110	21.2	43.8	24.7	10.3	0.20	0.44	4.0	0.42	0.56	—31
17	135	20.2	45.6	23.5	10.7	0.28	0.40	6.0	0.59	0.51	— 8

Formule "OSANN",

N.	s	p	A	C	F	a	e	f	n	k
1	47.31	—	3.27	2.46	41.26	2.1	1.6	26.3	7.68	0.72
2	48.89	0.18	2.50	2.68	40.58	1.6	1.8	26.6	8.00	0.88
3	50.56	0.03	3.29	4.69	33.45	2.4	3.4	24.2	7.31	0.81
4	49.38	0.13	3.41	5.07	33.53	2.5	3.6	23.9	8.36	0.77
5	54.63	0.10	3.76	4.24	29.04	3.0	3.4	23.6	7.35	0.91
6	52.48	0.16	4.31	5.93	26.88	3.5	4.8	21.7	9.56	0.81
7	53.34	0.15	3.86	6.88	25.03	3.2	5.8	21.0	8.43	0.86
8	56.46	0.34	4.81	6.50	24.58	4.2	4.7	21.1	8.11	0.84
9	55.11	0.25	2.76	6.38	26.36	2.3	5.4	22.3	9.63	0.99
10	58.82	0.16	3.62	4.40	27.98	3.0	3.7	23.3	8.43	0.95
11	56.41	0.12	3.32	6.64	23.56	3.0	5.9	21.1	7.68	0.99
12	55.97	0.35	3.77	6.04	24.03	3.3	5.4	21.3	7.59	0.95
13	52.60	0.13	3.38	10.57	19.37	3.0	9.5	17.5	8.58	0.88
14	55.10	0.30	5.56	5.86	21.77	5.0	5.3	19.7	8.30	0.87
15	50.01	0.16	3.82	8.63	24.93	3.1	6.9	20.0	8.38	0.76
16	53.18	0.19	4.82	5.05	26.89	3.9	4.2	21.9	8.00	0.80
17	58.36	0.24	4.44	3.90	24.72	4.0	3.6	22.4	7.23	0.99

III. — QUADRO DELLE ROCCE STUDIATE

N.	Località	Tipi petrografici	Classificazione secondo i tipi magmatici NIGGLI
1	All'incrocio della strada Debra Brean-Debrasina con l'Uadi Suchiè	Basalto ultrafemico pirossenico-olivinico, a struttura porfirica	Pirosenite
2	Strada Dancala a valle di Batiè a km. 3,5 ad oriente dell'Uadi Burcà	Basalto ultrafemico pirossenico-olivinico, a struttura porfirica	Pirosenite
3	Strada Dessiè-Combolcià, a km. 3 circa ad ovest di Batiè	Basalto limburgitico pirossenico-olivinico con scarsi plagioclasti ed abbondante vetro, struttura microfirica ipocristallina	Fra si-pirosenite e ankaratrite
4	M. Abdulla, fianco settentrionale, regione di Garsagorò, al margine settentrionale alt. Hararino	Basalto pirossenico-olivinico con plagioclasti solo nella massa di fondo, a struttura intersertale	Fra tipi del gruppo gabbro (gabbro-normale ed eucrite), a leggera tendenza alcalina (verso la gabbro-essexite)
5	M. Barud	Basalto pirossenico-olivinico massa fondamentale plagioclastica finissima, a struttura nettamente porfirica	Fra melagabbrodiorite e si-pirosenite
6	M. Iddidlei, presso Gogti	Basalto pirossenico-plagioclastico ad olivina, struttura porfirica	Gabbro-normale, a leggera tendenza alcalina (verso gabbro-essexite)
7	Zoccolo del M. Agelù, nella regione di Gauani (Dancalia Meridionale)	Basalto pirossenico-plagioclastico ad olivina, struttura amigdaloidale vetrofirica a tendenza porfirico-intersertale	Miharaite
8	Strada Assab-Sardò km. 75, località Burè a nord-ovest del M. Mussa-Ali	Basalto pirossenico-plagioclastico ad olivina, a struttura porfirica	Miharaite, a tendenza alcalina (verso gabbro-teralite-normale)
9	Garsagorò, sul fianco sett. del M. Abdulla, al margine sett. altipiano Hararino	Basalto pirossenico-plagioclastico, microgranulare	Fra gabbrodiorite-normale e gabbro-normale
10	Aiscia	Basalto pirossenico-plagioclastico, microgranulare	Fra melagabbrodiorite e gabbro-normale
11*	Strada Dagamedò-M. Farsò, al limite meridionale regione hararina	Basalto pirossenico-plagioclastico, microgranulare	Fra gabbrodiorite-normale e gabbro-normale
12*	Parte superiore del massiccio del Garamullata, presso cima ovest	Basalto pirossenico-plagioclastico, microgranulare	Fra gabbrodiorite-normale e miharaite
13	Entotto, a nord di Addis Abeba, presso la chiesa di Entotto Marian	Basalto plagioclastico con pirosseni e scarsa olivina nella massa di fondo, a netta struttura porfirica	Fra belugite ed ossipite (gruppo leucogabbri)
14	Sotto Debrasina	Basalto plagioclastico con pirosseni e scarsa olivina nella massa di fondo, a netta struttura porfirica	Fra leucomiharaite e gabbrodiorite-normale a leggera tendenza alcalina (verso gabbroteralite-normale)
15	Strada Addis Abeba-Auasc, presso Ualenciti	Lava basaltica bollosa a fenocristalli plagioclastici e scarsa olivina e pirosseno	Fra achnahaita ed ossipite
16	Strada Combolcià-Dessiè entro tuffi basici a zeoliti	Filone basaltico plagioclastico-pirossenico-olivinico, a netta tessitura fluidale	Fra gabbrodiorite-normale e gabbro-normale, a leggera tendenza alcalina (gabbrodiorite-essexitica)
17	Strada Harar-Diredaau, poco sotto la « Porta di Harar », fra graniti e scisti	Filone basaltico plagioclastico-pirossenico con biotite e orneblenda bruna, microgranulare	Fra gabbrodiorite-normale e melagabbrodiorite

(*) Le analisi n. 11 e 12 furono eseguite da G. FACCA.

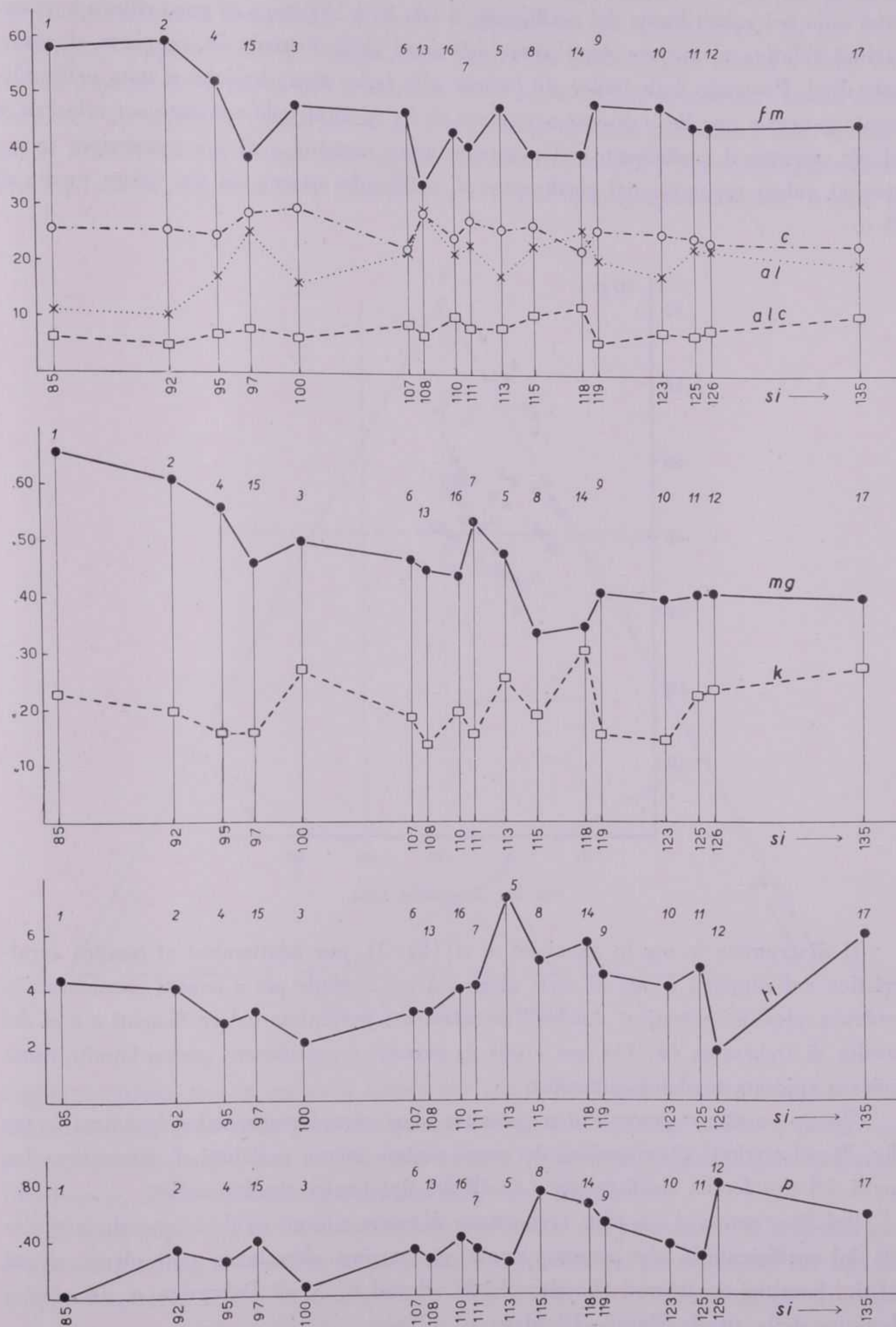


FIG. 1. - Differenziazione chimica delle facies basaltiche analizzate.

Dall'osservazione del diagramma $alc - al - c - fm$ in funzione di si (fig. 1) risulta che i basalti da me studiati sono essenzialmente di tipo alcali-calcico. Dato il breve intervallo nei valori limite del coefficiente si (da 85 a 135) sono di poco rilievo le osservazioni relative al variare degli altri coefficienti della formula in rapporto al contenuto di si . Passando dalle facies più basiche alle facies meno basiche si nota nell'andamento generale una lieve discesa nel valore di fm ed un debole aumento nei valori di al ed alc , mentre il coefficiente c si mantiene quasi costante e di poco superiore in genere ai valori raggiunti dal coefficiente al , oscillando attorno ad un valore medio di 25 c.

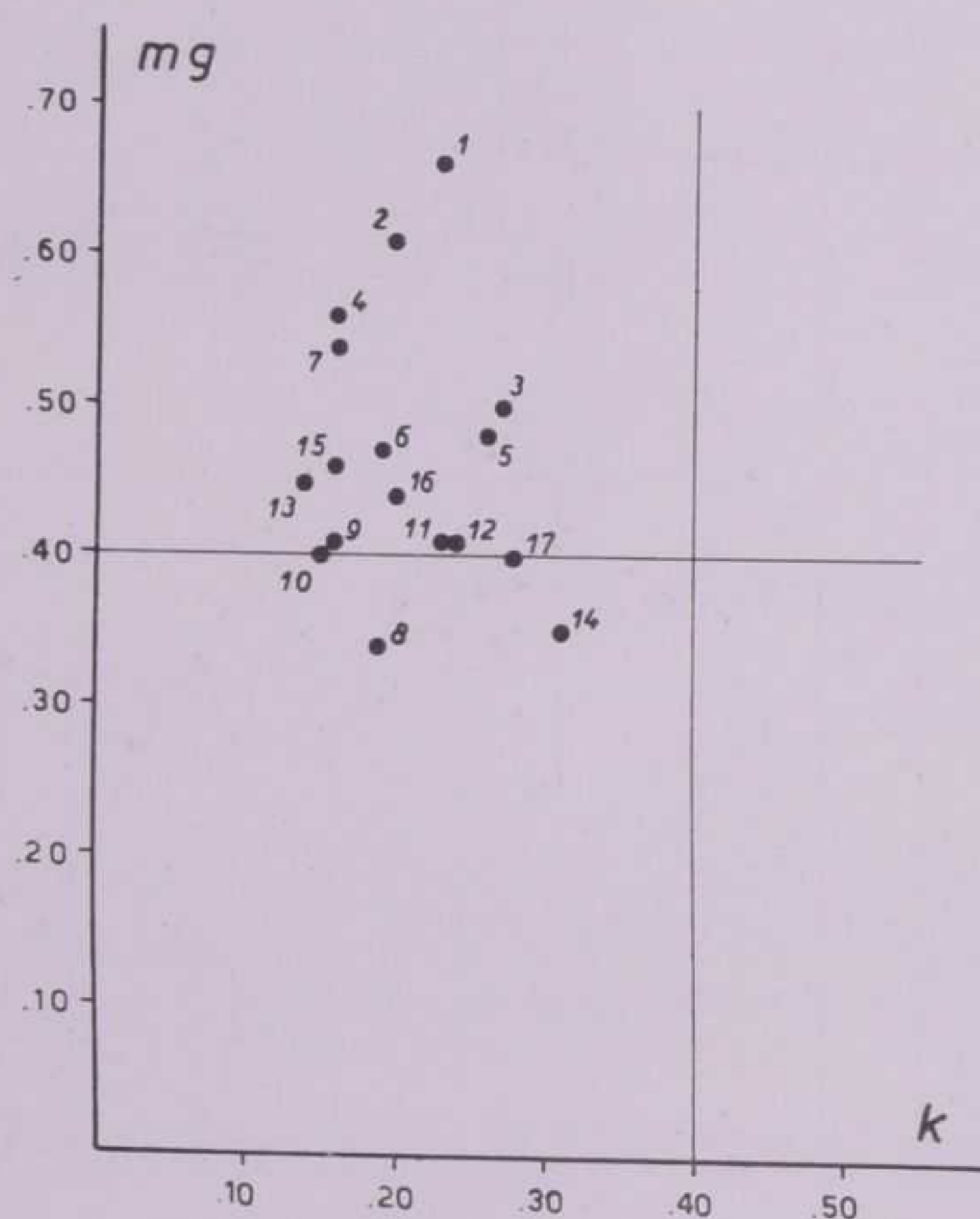


FIG. 2. - Diagramma k-mg.

Il diagramma $k - mg$ in funzione di si (fig. 1), pur adattandosi al quadro caratteristico dei rapporti $k - mg$ di serie alcali calcica, esclude per i basalti considerati la tendenza alcalino-potassica. Anche l'accostamento presentato dai coefficienti c e al del basalto di Debrasina (n. 14) non è tale da portarci a considerare questo basalto come facies a spiccata tendenza potassica.

Questo carattere generale non potassico viene riconfermato dal diagramma $k - mg$ (fig. 2) nel quale la distribuzione dei punti assume invece posizioni di transizione fra quelli dei tipi femici alcali-calcici e quelli dei tipi femici alcalino-sodici.

Nel diagramma $ti - si$ (fig. 1) meritano di essere rilevati i valori generalmente elevati dal coefficiente ti , che presenta punte di massimo abbastanza notevoli in alcuni dei tipi basaltici considerati (basalti: del M. Barud n. 5, di Debrasina n. 14; facies filoniana della strada Harar - Diredaua n. 17).

Anche nel diagramma $p - si$ (fig. 1) si possono rilevare i valori relativamente elevati del coefficiente p (basalti: della strada Assab - Sardò n. 8, del Garamullata n. 12, di Debrasina n. 14; facies filoniana della strada Harar - Diredaua n. 17).

La localizzazione delle varie facies sul diagramma triangolare di OSANN è riportata nella fig. 3. I punti rappresentativi dei basalti si dispongono nel settore proprio alle rocce basiche di serie alcali - calcica e s'inquadrano nel triangolo che ha per vertici i punti rappresentanti la composizione media dei gabbri, delle dioriti e delle bekkinkiti. I punti di tre soli basalti si scostano dalla posizione dei precedenti: quelli delle due facies ultrafemiche (Uadi Suchiè n. 1 e Uadi Burcà n. 2), nettamente più femiche, che si localizzano nel campo delle pirosseniti ed orneblenditi e il punto rappresentativo del basalto plagioclasico di Entotto (n. 13), più spiccatamente calcico. Anche la

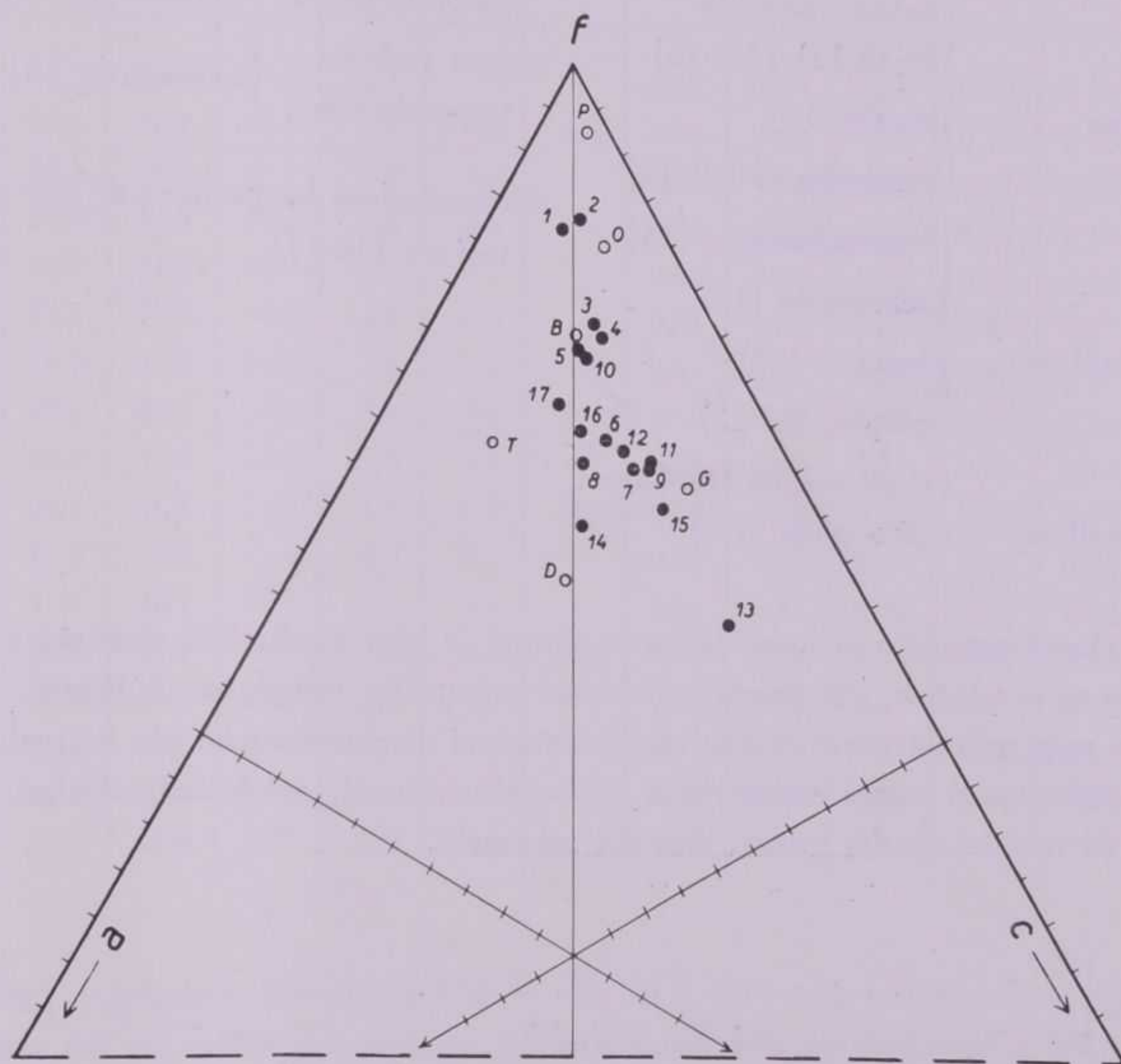


FIG. 3. - Diagramma « OSANN »

rappresentazione OSANN mette in rilievo per alcuni dei basalti studiati una certa tendenza alcalina, precisando però che questa non è molto spiccata poichè i punti rappresentativi dei basalti non entrano mai (tranne quello della roccia filoniana di Harar-Diredaua n. 17) nel settore caratteristico delle rocce alcaline.

Il confronto con i tipi magmatici NIGGLI permette di riconfermare la generale tendenza alcali-calcica dei basalti, le cui formule si localizzano generalmente fra tipi dei gruppi magmatici femici di questa serie; mentre sette facies delle diciassette studiate, presentano una tendenza alcalino-sodica. Riporto in un succinto schema i gruppi ed i relativi tipi magmatici a cui si accostano per i caratteri chimici i basalti studiati: fra parentesi rotonda sono messi i numeri rappresentativi dei basalti che appartengono esclusivamente ad uno o più tipi della serie alcali - calcica, fra parentesi quadra i nu-

meri distintivi dei basalti che rappresentano termini di transizione fra la stessa serie alcali - calcica e la serie alcalino - sodica.

<i>Serie alcali - calcica</i>		<i>Serie alcalino - sodica</i>	
magma gabbrodioritico	{ gabbrodiorite norm. (9-11-12-17) [14-16] melagabbrodiorite (5-10-17)	magma gabbrosodico	{ gabbrodiorite essexitica [16] gabbroessexite [4-6]
magma gabbrico	{ gabbro normale (9-10-11) [4-6-16] eucrite [4] miharaite (7-12) [8] leucomiharaite [14] achnahaite (15) belugite (13) ossipite (15-13)	magma gabbroteralitico	{ gabbroteralitico normale [8-14]
magma leucogabbrico		magma melana- trongabbroide	{ ankaratrite [3]
magma pirossenitico	{ si-pirossenite (5) [3] pirossenite (1-2)	differenziazione lamprofirica di tipo camp- tonitico [16-17]	

La classificazione e la suddivisione in gruppi in base a criteri di struttura e composizione mineralogica, che finora ho adottato per questo complesso di basalti, trova ulteriore appoggio da parte di due rappresentazioni diagrammatiche con le quali NIGGLI ha delimitato i campi caratteristici dei basalti normali, dei basalti alcalini e dei termini di transizione fra questi, cioè dei subbasalti.

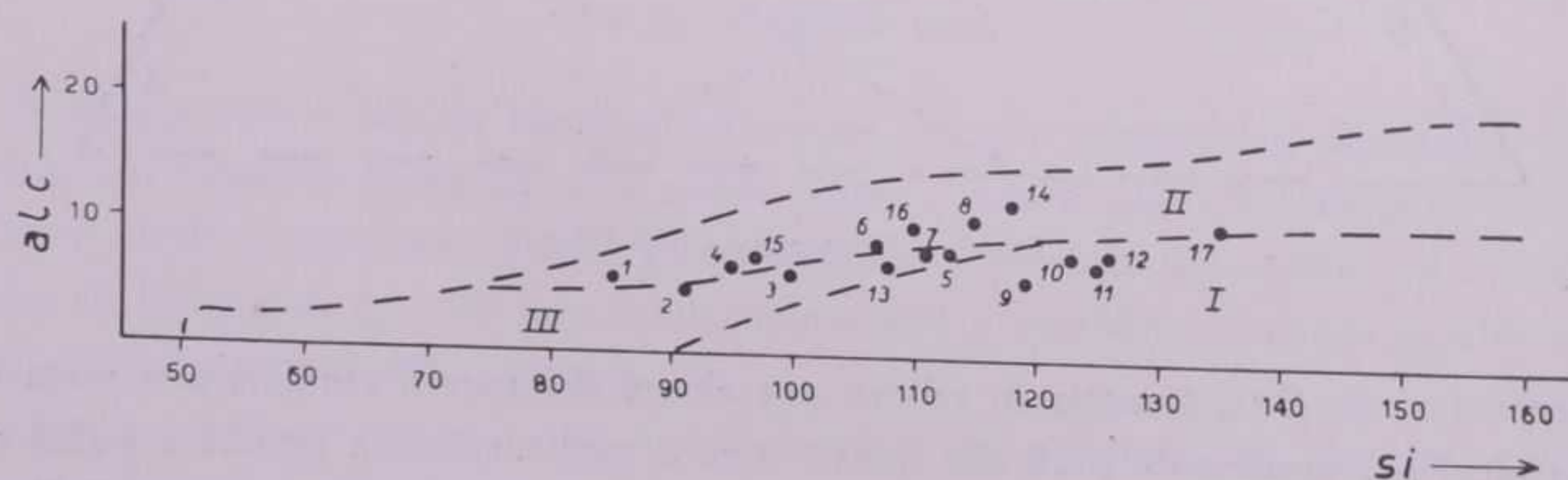


FIG. 4. - Diagramma *alc-si* con la delimitazione dei tre campi: dei basalti normali I, dei basalti alcalini II e dei subbasalti III.

Nel diagramma della fig. 4 la delimitazione dei tre campi è segnata dalle curve esprimenti il variare di *alc* in funzione di *si*. Dalla localizzazione in tale diagramma dei punti rappresentativi delle rocce in studio risulta immediata la netta appartenenza alla serie alcali-calcica dei basalti contrassegnati con i numeri: 9, 10, 11, 12; i tipi n: 5, 7, 13 invece rientrano già nella zona dei subbasalti ed il carattere di transizione diventa ancor più evidente per le due facies ultrafemiche (n: 1 e 2) e per il ba-

salto limburgitico (n. 3). Questa rappresentazione diagrammatica riconferma la tendenza alcalina dei basalti n¹: 4, 6, 8, 14, 15, 16, 17 i cui punti rappresentativi vanno a cadere infatti nella zona dei basalti di serie atlantica.

Riunisco nel quadro IV i valori dei raggruppamenti normativi Q-L-M e dei coefficienti $\pi \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \alpha$ (¹).

IV. — QUADRO DEI COEFFICIENTI NORMATIVI

N.	Q	L	M	Ru	Cp	Cc	π	μ	γ	α	k	mg
1	16.5	24.7	56.7	2.1	—	—	0.27	0.49	0.26	0.002	0.23	0.66
2	20.4	21.2	55.4	1.5	0.9	0.6	0.35	0.48	0.24	0.32	0.20	0.61
3	23.5	30.3	45.1	0.9	0.2	—	0.41	0.36	0.29	0.21	0.27	0.50
4	22.0	31.8	44.4	1.2	0.6	—	0.43	0.45	0.20	0.05	0.16	0.56
5	26.2	31.5	38.9	2.9	0.5	—	0.36	0.36	0.25	0.37	0.26	0.48
6	25.3	38.0	34.8	1.3	0.6	—	0.41	0.39	0.17	0.001	0.19	0.47
7	26.1	37.5	34.2	1.6	0.6	—	0.47	0.39	0.21	0.10	0.16	0.56
8	26.8	39.2	30.2	2.0	1.4	0.4	0.36	0.26	0.23	0.06	0.19	0.34
9	30.9	31.9	34.2	1.8	1.1	0.1	0.54	0.35	0.17	0.78	0.16	0.41
10	29.6	31.1	36.9	1.7	0.7	—	0.38	0.31	0.22	0.68	0.15	0.40
11	31.8	35.2	30.6	1.9	0.5	—	0.50	0.35	0.16	0.76	0.23	0.41
12	31.4	35.7	30.7	0.7	1.5	—	0.45	0.33	0.13	0.69	0.24	0.41
13	29.2	44.1	24.9	1.3	0.5	—	0.61	0.38	0.16	-0.02	0.14	0.45
14	26.5	43.4	26.6	2.2	1.3	—	0.35	0.32	0.15	-0.24	0.31	0.35
15	24.4	40.7	32.8	1.5	0.6	—	0.51	0.36	0.24	-0.23	0.16	0.46
16	24.7	38.4	34.4	1.6	0.9	—	0.34	0.34	0.23	-0.07	0.20	0.44
17	31.1	33.9	31.7	2.2	1.1	—	0.31	0.32	0.21	0.73	0.28	0.40

Nel diagramma triangolare Q-L-M (fig. 5) si ritrova la localizzazione delle rocce studiate nei tre campi caratteristici dei basalti normali, dei subbasalti e dei basalti alcalini.

In armonia con quanto è già stato rilevato nel commento del diagramma *alc - si* (fig. 4) una buona parte delle lave rientra nel campo dei basalti normali (n¹: 5, 7, 9, 10, 11, 12, 17), dal quale campo si allontanano invece i punti rappresentativi delle facies ultrafemiche dell'Uadi Suchiè (n. 1) e dell'Uadi Burcà (n. 2) che si localizzano nel settore dei subbasalti ultrafemici, ed il punto rappresentativo del basalto di Batiè (n. 3) che rientra nell'area più ristretta delle lave a carattere limburgitico; si deve considerare subbasaltica la lava del M. Abdulla (n. 4). Altre facies invece si scostano dalle precedenti per entrare nel campo dei basalti alcalini: i basalti porfirici plagiocla-

(¹) Per la rappresentazione diagrammatica Q-L-M e per il significato dei coefficienti $\pi \cdot \mu \cdot \gamma \cdot \alpha$, vedi C. BURRI - P. NIGGLI Bibl. 7.

Avvertiamo che, per analogia con la consuetudine introdotta da NIGGLI, nel diagramma triangolare Q-L-M il valore di M comprende anche i piccoli valori dei coefficienti Ru e Cp.

sici di Entotto (n. 13) e di Debrasina (n. 14), e la scoria bollosa di Ualenciti (n. 15). Hanno posizione intermedia, comune ai tre campi, le lave n.: 6, 8, 16).

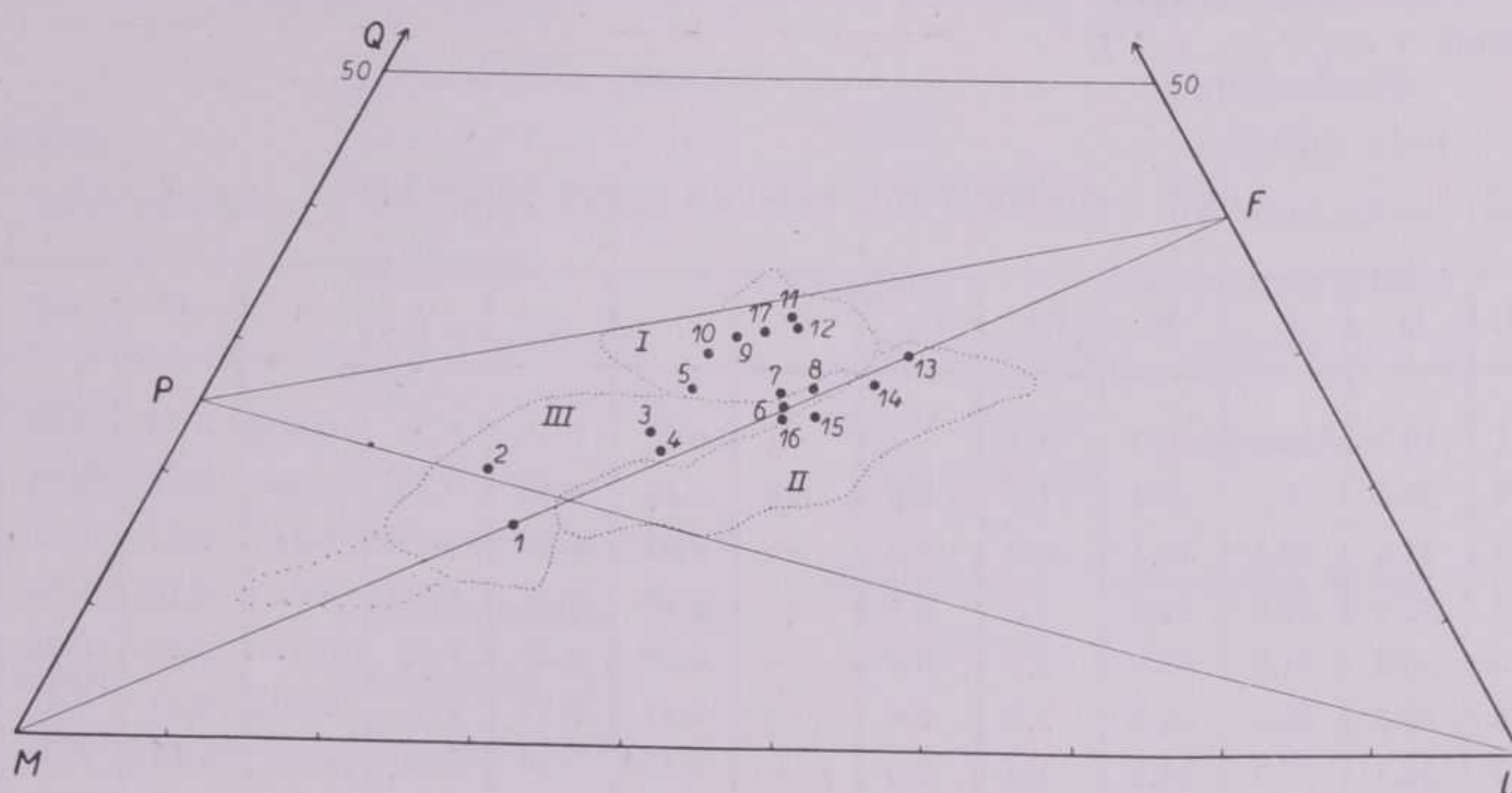


FIG. 5. - Diagramma Q · L · M dei basalti studiati.

Nel diagramma sono tratteggiati i campi di localizzazione dei *basalti normali* (plagioclasici) I, dei *basalti alcalini* (*trachidoleritici*) II, e dei *subbasalti* (basalti ricchi di olivina) III, dedotti dalla fig. 67 a pag. 192 della memoria di C. BURRI e P. NIGLI (bibl. 7).

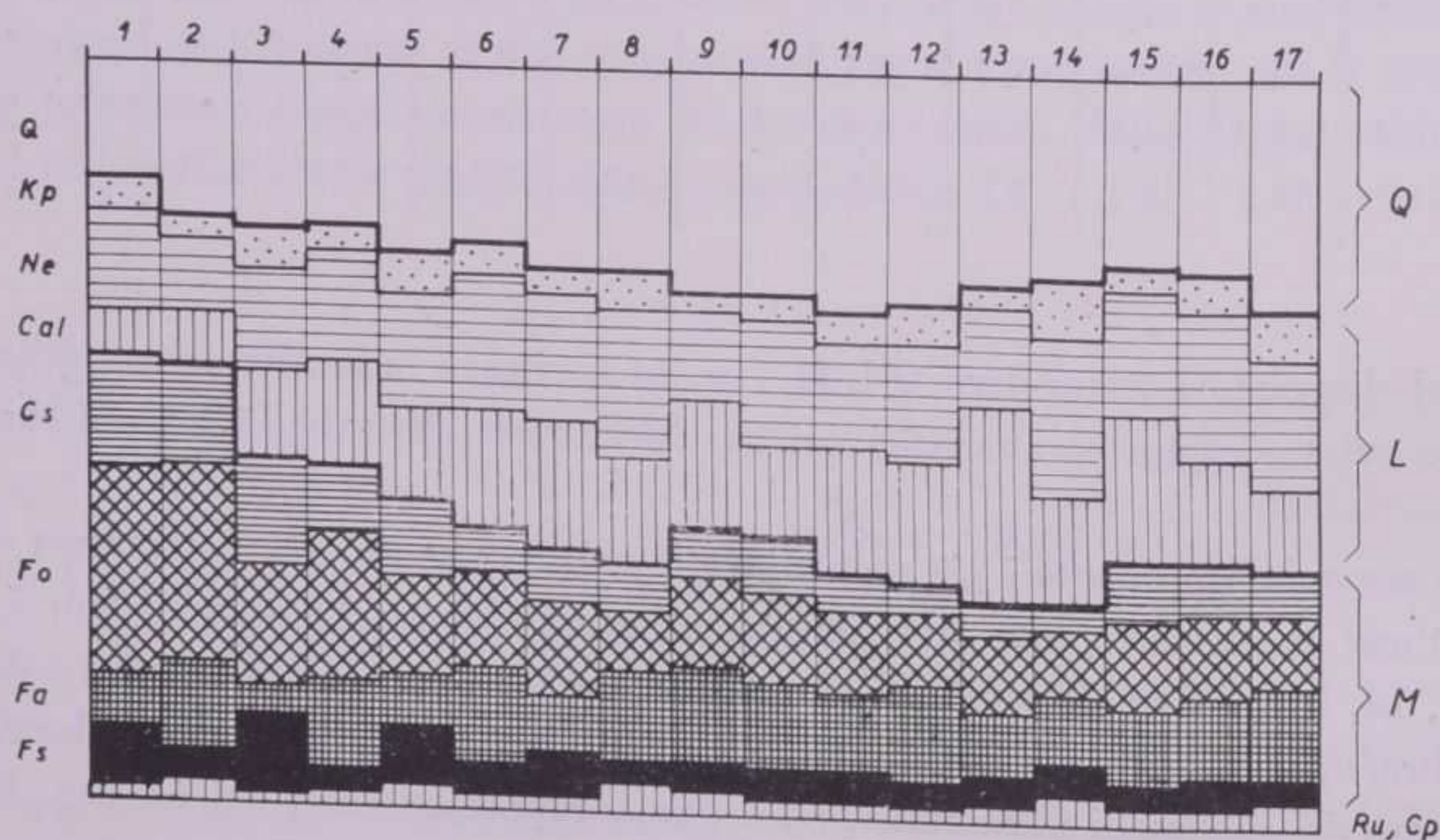


FIG. 6. - Rappresentazione grafica della variazione dei coefficienti della « molecola base » nei basalti studiati.

Il diagramma riportato nella figura 6 mette in chiara evidenza la variazione dei coefficienti della « molecola base » e dei loro raggruppamenti Q - L - M nelle 17 facies basaltiche studiate.

RICERCHE DI ALTRI AUTORI SU BASALTI DELL'AFRICA ORIENTALE

Ho già precisato nella parte introduttiva di questa memoria che numerosi sono i lavori d'indole geologica e petrografica che trattano delle formazioni basaltiche dell'Africa Orientale, formazioni che si sono imposte all'interesse degli studiosi per la loro estensione e potenza.

Ho preso in esame i lavori a carattere petrografico che trattano sia delle formazioni basaltiche della regione di Addis Abeba, di Harar e della bassa Dancalia (dai quali territori provengono le lave da me studiate), sia le formazioni basaltiche della regione somala e dei territori occidentali dell'altipiano etiopico, così da avere un quadro al più possibile completo delle manifestazioni effusive basiche di tutta l'Africa Orientale ⁽¹⁾.

Per poter stabilire dei rapidi confronti fra le facies basiche da me studiate e quelle studiate dagli altri autori riporto di ogni roccia nei due quadri V e VI (pag. 36 e 37) i coefficienti magmatici e i raggruppamenti normativi Q-L-M, che io stessa ho calcolato, dando inoltre per ogni facies la relativa classificazione chimico-petrografica.

L'osservazione del quadro generale a pag. 36 consente, con l'aiuto dei *tipi magmatici* NIGGLI, di constatare che i basalti studiati dai vari autori appartengono in gran maggioranza a magmi femici di serie alcali calcica, accostandosi per lo più a tipi del *gruppo gabbrico* (n.°: 18, 19, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 35, 39, 43, 45, 48), mentre alcuni s'identificano con tipi ultrafemici *pirossenitici* (n.°: 30, 37) ed altri con *tipi leucogabbri* meno ferromagnesiaci e più calcici (n.°: 20, 24) od infine con *tipi gabbrodioritici* (n.°: 23, 47).

Altre lave invece deviano dai *gruppi gabbrici* o *leucogabbri* o *gabbrodioritici* di serie alcali-calcica per tendere a gruppi femici di serie alcalino-sodica: precisamente i basalti n.°: 38, 40, 41, 44 si accostano al *gruppo gabbrosodico*, il basalto n.° 46 al *gruppo teralite-gabbrica*.

Questo carattere alcalino si accentua in alcune lave e precisamente nell'Augitite di Laga Kallou (n.° 29), nel basalto microfirico ad olivina e poca augite di Jubdo (n.° 31) e nel basalto del Gimma (n.° 42) che s'identificano con tipi del *gruppo gabbrosodico*.

Passando ora all'esame della rappresentazione diagrammatica Q-L-M (fig. 7), nella quale ho riportato assieme ai punti rappresentativi dei basalti da me analizzati

⁽¹⁾ Ho creduto opportuno, fra le numerose analisi di basalti in questi lavori riportate, di non considerare le analisi eseguite dall'ARSANDAUX (bibl. 6), perchè, oltre a mancare delle determinazioni di fosforo e manganese, presentano valori percentuali approssimati solo alla prima decimale e risultati totali troppo elevati.

Ho trascurata pure l'analisi di un basalto plagioclasico proveniente da Obock, eseguita da RAOULT e riportata da STANSFIELD HITCHEN (bibl. 31) perchè evidentemente sono state invertite le percentuali di alcuni elementi. Manca nel lavoro ogni indicazione di altra fonte a cui attingere l'analisi sopradetta con i suoi esatti valori. Tutta la tabella infatti che comprende assieme a due analisi del RAOULT anche analisi di MANASSE e d'ARSANDAUX, che ho potuto controllare nei lavori originali, rivela vari spostamenti ed errori di trascrizione.

COMUCCI in una nota petrografica su rocce raccolte nell'Etiopia occidentale (bibl. 9) riporta l'analisi di una roccia basica proveniente da Gore. Ho creduto opportuno di non prendere in considerazione questa lava in quanto dai dati petrografici relativi risulta essere piuttosto una facies di tipo filoniano, accostabile per la formula magmatica senz'altro al *tipo kersantitico* delle differenziazioni lamprofiriche.

Ho pure trascurato due rocce della regione dancalia, studiate dallo stesso autore (bibl. 8, n.°: 27² e 30), in quanto sono delle scorie laviche ricche di calcite e dalla loro composizione chimica, per evidente eccesso di calcio e difetto di alluminio, si deduce una formula magmatica che non si adatta a tipi magmatici noti.

V. Quadro: FACIES BASALTICHE STUDIATE DA ALTRI AUTORI

N.	Località	Facies petrografica	Tipo magmatico	Autore	Bibl.
18	Seec Gurè (Somalia)	Bas. grigio a grana media, augitico	gruppo gabbrico	ALOISI	(4)
19	Seec Gurè (Somalia)	Bas. compatto nero, olivino senza augite	gruppo gabbrico	»	»
20	Addis Abeba	Bas. compatto nero porfirico, plagioclasico-olivino	gruppo leucogabbrico	COMUCCI	(9)
21	Accewo (Caffa)	Bas. nero a grana grossa, plagioclasico-olivino	miharaita	»	(10)
22	Candala (Somalia)	Bas. boloso nero, augitico plagioclasico ad olivina	gruppo gabbrico	»	(3)
23	F. Karta (Uollega)	Bas. compatto nero, plagioclasico-augitico-olivino	melagabbrodiorite a tendenza sodica	»	(11)
24	Barassoli (n. 16) (Dancalia)	Bas. porfirico a strutt. pilotassitica, olivino-plagioclasico ad augite con scarso vetro	leucomiharaita	»	(8)
25	Barassoli (n. 17) (Dancalia)	Bas. nero compatto, plagioclasico-augitico con scarso vetro	gruppo gabbrico	»	»
26	Bailul (n. 27*) (Dancalia)	Bas. compatto nero plagioclasico-augitico con vetro	gabbro normale	»	»
27	M. Sella (Assab)	Bas. nero vetroso, plagioclasico-olivino	gruppo gabbrico	»	»
28	Vulcano Ghelelli (Dancalia)	Bas. vetroso plagioclasico-augitico ad olivina	gruppo gabbrico	»	»
29	Laga Kallou	Augite. Bas. nero compatto porfirico, augitico	gabbrodiorite essexitica	DUPARC - MOLLY	(13)
30	Tokè	Tokeite. Bas. nero porfirico a grana grossa, augitico-olivino	issite	»	(14)
31	Jubdo (Uollega)	Bas. microfirico ad olivina e poca augite	gabbro essexitico	DUPARC	(12)
32	Soddou (Sidamo)	Bas. a grana finissima con poca augite e rara olivina	gabbro normale	»	»
33	Dapo	Bas. a struttura microlitica, olivino con augite nel fondo	gruppo gabbrico	»	»
34	Barga	Bas. porfirico a struttura microlitica, olivino-plagioclasico	gabbro normale	»	»
35	Fiume Meti	Bas. nero porfirico plagioclasico-olivino	gabbro calcico	»	»
36	Ghubbet-Kharah (Somalia)	Bas. porfirico a grossi plagioclasti	fra gruppo leuco-gabbrico e gabbro-teralitico	LACROIX	(22)
37	Dahita (Somalia)	Ankaramite. Bas. porfirico, augitico-olivino	pirossenite	»	»
38	Curetea (Somalia)	Bas. nero compatissimo, plagioclasico-augitico	fra gruppo gabbrico e gabbro-essexitico	MANASSE	(27)
39	Vulc. Marahò (Eritrea)	Bas. porfirico, olivino	gruppo gabbrico	»	(26)
40	Vulc. Alid (Eritrea)	Bas. nero quasi compatto, ad olivina	fra gabbro essexitico e gruppo gabbrico	»	»
41	Marahano (Eritrea)	Bas. nero a grana fine, con augite e olivina	fra gabbro essexitico e gruppo gabbrico	»	»
42	Gimma (Galla Sidamo)	Bas. nerastro compatto porfirico, plagioclasico-olivino-augitico	gabbro-essexitico	PAGLIANI	(28)
43	Gasarà (Somalia)	Bas. nero a piccoli vacui, plagioclasico-pirossenico con poca olivina	gruppo gabbrico	REPOSSI	(29)
44	Alt. Arussi (Arussi)	Bas. grigiastro a struttura doleritica, plagioclasico-augitico-olivino	fra gabbrodiorite normale e gabbrodiorite essexitica	»	»
45	Assab (Dancalia)	Bas. olivino con plagioclasti ed augite	gruppo gabbrico	RICCIARDI	(30)
46	Assab (Dancalia)	Bas. olivino con plagioclasti ed augite	fra gruppo gabbrico e teralite gabbrica	»	»
47	Assab (Dancalia)	Bas. olivino con plagioclasti ed augite	melagabbrodiorite	»	»
48	Addis Abeba	Bas. plagioclasico-olivino	gabbro normale	STANSFIELD HITCHEN	(31)

VI. Quadro: COEFFICIENTI MAGMATICI E NORMATIVI
DELLE ANALISI ESEGUITE DA ALTRI AUTORI

N.	si	al	fm	c	alc	k	mg	ti	p	c/fm	Q	L	M
18	108	18	50	25.5	6.5	0.13	0.42	6.65	—	0.51	26.5	30.7	42.8
19	112	18.5	49.5	25	7	0.09	0.43	6.16	—	0.50	27.3	31.4	41.3
20	105	29	41	23	7	0.22	0.33	1.3	—	0.55	28.9	44.6	26.5
21	116	24.8	41.9	23.7	9.6	0.22	0.48	5.1	—	0.56	27.9	40.5	31.6
22	93	17.3	46.9	30	5.8	0.18	0.56	—	—	0.63	22.5	32.1	45.4
23	111	18.6	49.5	20.8	11.1	0.29	0.41	5.5	0.64	0.42	23.9	37	39.1
24	117	25.8	38.5	26.2	9.5	0.31	0.40	2.99	0.24	0.68	29.3	41.9	28.8
25	117	17.9	47.8	27.9	6.4	0.27	0.40	2.38	—	0.58	29.9	30.2	39.9
26	114	15.1	52.1	26.8	6	0.41	0.40	5.28	—	0.51	28.6	26.9	44.5
27	117	20.2	48.2	26.9	4.7	0.19	0.40	3.27	—	0.56	32.2	30.9	36.9
28	129	20.7	50.4	24.6	4.3	0.18	0.36	3.95	—	0.49	35.9	29.5	34.6
29	92	17.5	43.3	26.4	8.8	0.39	0.41	—	—	0.56	19.2	36.1	44.7
30	81	11.6	50.8	34.6	3	0.21	0.68	—	—	0.68	18.6	22.4	50.9
31	87	17.5	51.8	22.8	7.9	0.33	0.52	—	—	0.46	18.2	35.9	45.9
32	98	20.8	50.7	22.3	6.2	0.37	0.57	—	—	0.34	25.1	36	38.9
33	94	18.2	49.8	26.3	5.7	0.26	0.57	—	—	0.52	23.3	32.9	43.8
34	107	20	49.4	21.9	8.7	0.24	0.38	—	—	0.44	25.3	36.5	38.2
35	100	24.4	43.9	25.1	6.6	0.32	0.44	—	—	0.57	26.5	40.3	33.2
36	112	24.2	34.5	34.3	7	0.19	0.47	3.48	0.35	0.99	29.7	38.5	31.8
37	84	9.6	56.7	29.8	3.9	0.14	0.65	3.10	0.13	0.52	18.1	20.5	61.4
38	107	18.8	46.5	26.1	8.6	0.15	0.47	4.02	0.21	0.56	24.6	34.4	41
39	117	21.1	45.6	28.4	5.1	0.18	0.51	3.94	0.14	0.62	31.5	31.8	36.7
40	111	16.7	47.4	25.7	10.2	0.25	0.39	3.85	0.23	0.54	23.7	33.3	43
41	104	19.9	49.6	19.9	10.6	0.08	0.44	2.43	0.16	0.40	22.2	38.6	39.2
42	84	19.6	45.6	25.2	8.6	0.16	0.59	2.65	—	0.54	16.9	39.4	43.7
43	125	18.4	46.3	28	7.3	0.15	0.45	—	—	0.60	31.3	30.8	37.9
44	111	25.2	42.7	21.6	10.5	0.15	0.45	—	—	0.60	26.5	43.4	30.1
45	105	17	48.5	27.6	6.9	0.48	0.38	—	—	0.56	25.4	31.3	43.3
46	91	18.1	45.9	28.6	7.4	0.37	0.32	—	—	0.62	20.5	35.3	44.2
47	117	20	50.8	18.6	10.6	0.52	0.21	—	—	0.37	26.6	37.1	36.3
48	98	18.2	50.9	25.4	5.5	0.18	0.55	3.51	0.39	0.50	25.4	31.1	43.5

anche quelli delle rocce studiate da altri autori, si ritrovano nella distribuzione della maggior parte delle rocce considerate i motivi essenziali che ho già delineato commentando lo stesso diagramma per le rocce da me direttamente prese in esame, e cioè la localizzazione di una gran parte dei punti rappresentativi nel campo dei basalti normali e nel settore meno femico dei subbasalti e la deviazione di altri nel campo dei basalti alcalini (n.° 29, 31, 42, 44, 46).

Dall'area di concentrazione della maggior parte delle lave si staccano alcune facies singolari: così, ad esempio, il basalto porfirico augitico-olivinico del Tokè (n.° 30),

classificato dal DUPARC (bibl. 14) come Tokeite e la lava basaltica porfirica augitico-olivinica (n.° 37) campionata a Dahita nella Somalia Francese, e che il LACROIX (bibl. 22) definisce ankaramite. Queste due lave, i cui punti rappresentativi giacciono nella zona ultrafemica dei subbasalti, hanno un chimismo analogo a quello delle due facies ultrafemiche da me studiate (n.° 1 e 2) e di cui ho già avuto modo di parlare in dettaglio in una precedente nota (bibl. 21).

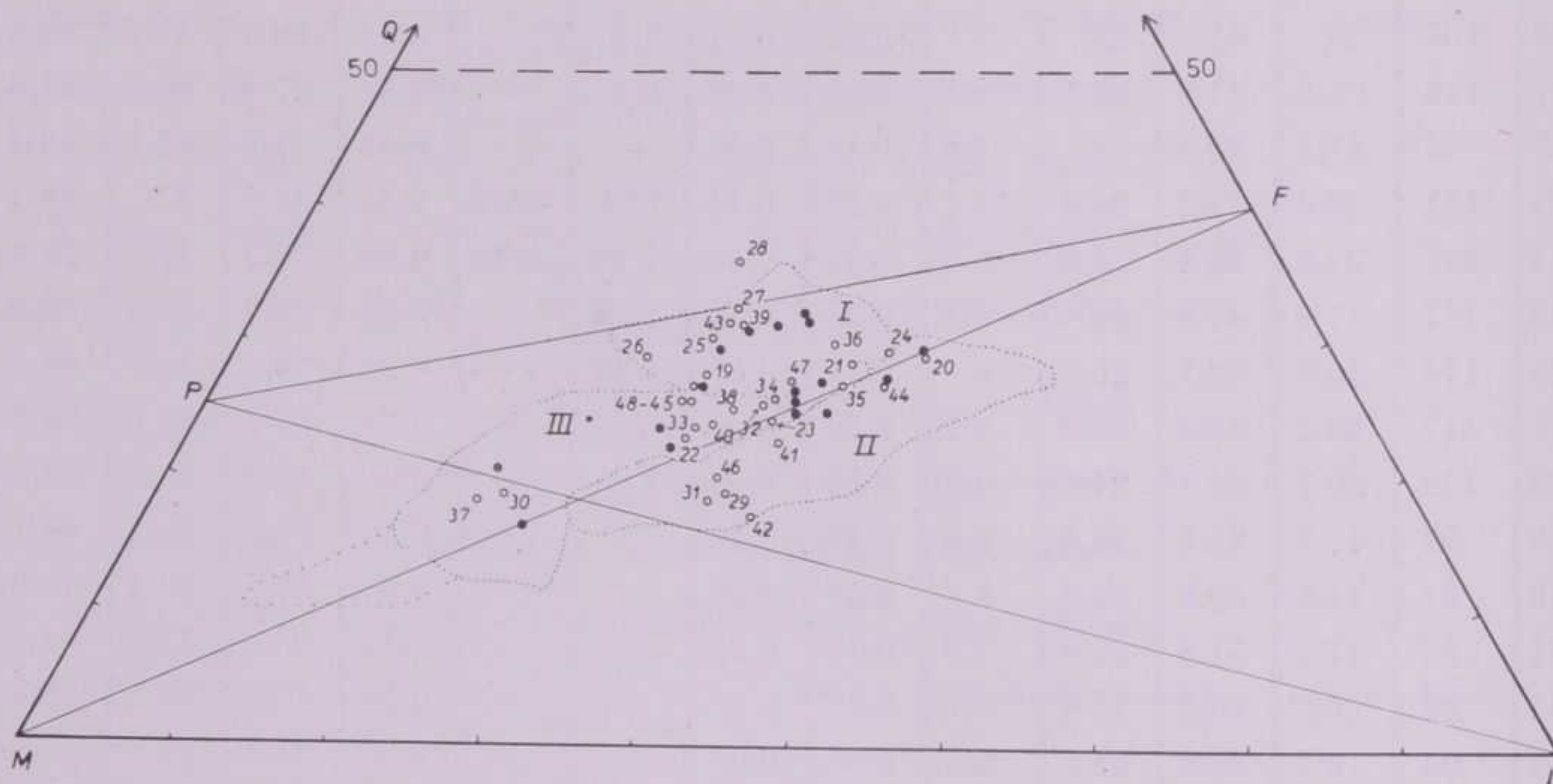


FIG. 7. - Diagramma Q - L - M.

I campo dei basalti normali, II campo dei basalti alcalini, III campo dei subbasalti.
 ● basalti studiati da O. HIEKE MERLIN. ○ basalti studiati da Autori vari.

Una lava del Gimma (n.° 42), studiata dalla PAGLIANI (bibl. 28), si porta decisamente nel campo dei basalti alcalini; ho già fatto notare come questo basalto compatto, porfirico, plagioclasico-olivinico-pirosenico sia classificabile in base ai suoi coefficienti magmatici come un tipo di serie sodica e precisamente identificabile con il *gabbro essexitico*.

Anche la roccia di Laga Kallou (n.° 29), definita dal DUPARC (bibl. 13) come Augitite, ed il basalto microfirico di Jubdo ad olivina e scarsa augite (n.° 31), pure studiato da questo autore, cadono in questo settore del diagramma.

Delle facies n.° 29, 31, 42, 46 ho già diffusamente parlato in una nota da me presentata all'Accademia dei Lincei (bibl. 20), nella quale vengono confrontate queste facies con il basalto limburgitico microfirico pirosenico-olivinico della regione di Batiè (n.° 3) da me studiato.

RIEPILOGO

L'aspetto macroscopico dei basalti studiati è molto variabile: da neri sino a grigiastri si presentano talora come facies del tutto compatte, talora come facies finemente granulari od infine come facies marcatamente cristalline. Quasi sempre porfirici, solo eccezionalmente afirici, nella loro massa spesso includono fenocristalli, visibili anche ad occhio nudo, di elementi femici e plagioclasici che possono raggiungere dimensioni di parecchi millimetri, sino al centimetro.

La loro struttura microscopica, normalmente porfirica, diventa: talora intersertale di tipo doleritico per l'intreccio degli elementi plagioclasici, fra i cui interstizi si addensano i granuli di augite di olivina e di magnetite, talora microfirica sino a microcristallina fluidale nelle facies filoniane.

I fenocristalli sono costituiti: da olivina, da augite e da plagioclasì.

Per il peridoto, dai valori dell'angolo degli assi ottici e dal segno ottico del minerale, si riesce a dedurre una variazione di composizione da miscele hyalosideritiche più ferrifere a miscele più magnesiache (crisotilo), come riconfermano i due tipi di alterazione del minerale: iddingsitica e serpentinoso.

Il pirosseno è rappresentato generalmente da augite normale che assume, nelle facies a tendenza alcalina, carattere di augite titanifera, dai blandi colori di pleocroismo roseo-violacei e dall'angolo di estinzione $c:\gamma$ che raggiunge valori prossimi ai 60° . Talvolta nella stessa roccia sono presenti entrambe le miscele, essendo i fenocristalli di prima generazione di tipo augitico-normale e gli individui di seconda generazione di tipo augitico-titanifero. Può accadere infine che nello stesso individuo si abbia il passaggio da un nucleo augitico-normale ad una zona periferica marcatamente titanifera.

I fenocristalli plagioclasici si presentano per lo più geminati secondo la legge albite-Carlsbad, meno frequentemente secondo la legge albite ed ancor più raramente a queste due leggi di geminazione si associa quella del periclino. Nelle facies meno basiche, la composizione media delle miscele plagioclasiche è quella propria dei tipi labradoritici al 60 % circa di An. con variazioni medie per zonatura comprese fra 54 % e 68 % An., solo eccezionalmente per l'estrema periferia di alcuni individui si ricavano valori propri a termini andenisici al 35 % An. In alcuni individui zonati delle facies più basiche il nucleo è costituito da miscele di tipo bitownitico che raggiungono ed anche oltrepassano il valore dell'80 % An. mentre la composizione media degli stessi individui oscilla attorno al 70 % An.

La seconda generazione è costituita dagli stessi elementi mineralogici che concorrono alla formazione della prima generazione, normalmente con i medesimi caratteri mineralogici; solo in alcune facies può accadere, come ho già avuto modo di rilevare precedentemente, che l'augite della massa di fondo sia di tipo titanifero e che i microliti plagioclasici abbiano una composizione più sodica della composizione media dei fenocristalli; la loro composizione al più è simile a quella della zona periferica di questi ultimi.

Poco vetro cementa in alcune facies la massa di fondo. Elementi accessori comuni: la magnetite, molto abbondante in forme idiomorfe ottaedriche od in aggregati irregolari di piccoli granuli; la ilmenite, piuttosto rara, in forme scacchettate e l'apatite, ancor meno frequente, in aciculi prismatici od in sezioni basali esagonali.

Come ho già avuto modo di precisare nella parte introduttiva di questa memoria, per la classificazione delle rocce studiate mi sono basata sia sui loro caratteri strutturali sia sulla loro composizione mineralogica, tenendo conto in modo particolare della composizione dei fenocristalli. Così la presenza o l'assenza dei plagioclasti fra gli elementi di prima generazione mi ha subito permesso la suddivisione in due gruppi: uno costituito dalle facies con plagioclasti, l'altro costituito da facies che ne sono prive.

Abitualmente il pirosseno ed il peridoto coesistono in entrambi i gruppi, in rapporti quantitativi molto variabili; si può arrivare così a facies prive del tutto o quasi di olivina. Nelle facies a plagioclasti generalmente questi hanno il predominio sui componenti femici, non mancano però esempi in cui i componenti sialici sono subordinati rispetto a quelli femici.

Ho già esposto, in dettaglio prima e nel commento d'assieme poi, le caratteristiche chimiche essenziali sia dei basalti da me studiati sia dei basalti studiati da autori vari. Dalla considerazione dei dati analitici si rileva, nei limiti di variazione di queste rocce, un contenuto notevolmente elevato di ferro e calcio e una prevalenza, fra gli alcali, del sodio sul potassio.

Dal confronto con i *tipi magmatici* NIGGLI e dall'osservazione dei vari diagrammi già commentati risulta evidente che una buona parte dei basalti trae origine da magmi femici di serie alcalicalcica e quindi sono da considerare basalti normali, mentre alcune facies invece manifestano una sensibile tendenza alcalino-sodica per cui si possono considerare più o meno decisamente basalti alcalini. Altri ancora hanno carattere di transizione e rientrano nel gruppo dei subbasalti.

Ho già precisato nella parte introduttiva che i basalti studiati provengono da formazioni vulcaniche di diversa età e di diverso tipo. Così fra le lave considerate si trovano rappresentati i vari tipi di basalti delle formazioni vulcaniche terziarie e postterziarie: dai basalti stratoidi più antichi della serie dell'Ascianghi, attribuibili ad un primo ciclo eruttivo, si passa ai basalti della serie di Magdala, da questi ai basalti neogenici della serie di Aden ed infine ai basalti di formazione recente.

Nel corso delle ricerche ho avuto modo di riscontrare che nessuna relazione intercorre fra l'età delle formazioni vulcaniche considerate ed i caratteri chimico-petrografici generali delle lave prese in esame; ho dovuto constatare che non è possibile quindi dedurre dai caratteri chimico-petrografici delle lave di sicura età geologica motivi generali di orientamento per determinare la posizione cronologica dei basalti d'incerta età.

Per considerazioni comparative di carattere più ampio fra i basalti ora studiati e altre lave dell'Africa Orientale e delle regioni circostanti, rimando ad una memoria conclusiva generale sulle rocce eruttive dell'Africa Orientale, memoria che il Prof. BIANCHI sta curando con la mia collaborazione.

Padova, Istituto di Mineralogia dell'Università e Centro Studi di Petrografia e Geologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche, settembre 1950.

BIBLIOGRAFIA

1. ALOISI P. - *Rocce della Colonia Eritrea* raccolte dalla Missione Corni-Calciati-Bracciani. Soc. Toscana Scienze Naturali. Memorie. Vol. XXXVII, pag. 34-54 - Pisa 1926.
2. — *Rocce della Somalia* raccolte dalla seconda Missione Stefanini. Soc. Toscana Scienze Naturali. Memorie. Vol. XXXVIII, pag. 132-157 - Pisa 1927.
3. — *Studio di alcune rocce della Migiurtinia*. Soc. Toscana Scienze Naturali. Memorie. Vol. XLIV - Pisa 1934.
4. — *Geologia della Somalia. Vol. II. Parte I. Le rocce eruttive e gli scisti cristallini della Somalia italiana*. R. Soc. Geogr. Ital., pag. 27-33 - Bologna 1938.
5. ARSANDAUX H. - NEUVILLE H. - *Résultats pétrographiques du voyage de M. M. de Rothschild dans le pays Somali-Dankali et en Abissinie*. Bulletin du Museum d'histoire naturelle, Paris 1905, n. 3, pag. 204.
6. ARSANDAUX H. - *Contribution à l'étude des roches alcalines de l'Est-Africain*. Thèses prés. à la Faculté des Sciences de Paris. Giugno 1906.
7. BURRI C. - NIGGLI P. - *Die jungen Eruptivgesteine des mediterranen Orogens*. Erster Hauptteil. Zürich 1945.
8. COMUCCI P. - *Contributo allo studio delle rocce effusive della Dancalia*. Soc. Toscana Scienze Naturali. Memorie. Vol. XXXIX - Pisa 1929.
9. — *Alcune rocce dei dintorni di Addis Abeba (Abissinia)*. Soc. Toscana Scienze Naturali. Processi verbali. Vol. XLI - Pisa 1942.
10. — *Note petrografiche sulle rocce raccolte dalla spedizione Cerulli nell'Etiopia Occidentale*. In: CERULLI E., « *Etiopia Occidentale* ». Vol. II, pag. 227-244 - Roma 1933.
11. — *Le rocce della regione di Jubdo (Africa Orientale)*. Accademia Nazionale dei Lincei - Roma 1948.
12. DUPARC L. - *Sur les basaltes et les roches basaltiques du plateau Abyssin*. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen. X Band. 1930. Zurigo 1930.
13. DUPARC L. - MOLLY E. - *Sur une Augitite d'Abyssinie*. Compte Rendu. Société physique et histoire naturelle. Vol. XLIV, n. 3. Ginevra 1927.
14. — *Sur la Tokéite, une nouvelle roche d'Abyssinie*. Compte Rendu. Société physique et histoire naturelle. Vol. XLV, n. 1 - Ginevra 1928.
15. — *Sur la roche du Fantalli (Abyssinie)*. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen. VII Band. n. 2 - Zurigo 1927.
16. GORTANI M. - BIANCHI A. - *Osservazioni geologiche e petrografiche nella regione di Harar (A. O. I.)*. Atti XIII Congresso Geografico Italiano « Bollettino Società Geologica Italiana ». Vol. LVI - Roma 1937.
17. — *Nella Dancalia Meridionale*. « Bollettino della Reale Società Geografica Italiana ». Serie VII. Vol. IV - Roma 1939.
18. — *Osservazioni geologiche e petrografiche sulla Dancalia Meridionale e zone contermini*. « Bollettino della Soc. Geologica Italiana ». Vol. LVII - Roma 1938.
19. — *Note illustrative sulla Carta Geologica degli Altipiani Hararini e della Dancalia Meridionale*. Memorie R. Accademia Scienze Istituto Bologna 1941.
20. HIEKE MERLIN O. - *Sulla presenza di basalti limburgitici nell'Africa Orientale*. Rendiconti Acc. Nazionale Lincei. Serie VIII. Vol. V, fasc. 1-2 - Roma 1948.

21. HIEKE MERLIN O. - *Facies ultrafemiche nei basalti dell'Africa Orientale*. Rendiconti Acc. Nazionale Lincei. Serie VIII. Vol. VI, fasc. 1 - Roma 1949.
22. LACROIX A. - *Etudes géologiques en Ethiopie, Somalie et Arabie Méridionale*. Mémoires de la Société géologique de France. Tome VI. Fasc. 3-4, n. 14 - Paris 1930.
23. — *Missione au Tibesti. Volcanisme et Lithologie*. Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France. Tome 61, pag. 338-347 - Paris 1934.
24. MANASSE E. - *Rocce della Colonia Eritrea raccolte a sud di Arafali*. Soc. Toscana Scienze Naturali. Processi Verbali. Adunanza 8 maggio 1904 - Pisa 1904.
25. — *Rocce Eritree e di Aden della Collezione Issel*. Soc. Toscana Scienze Naturali. Memorie. Vol. XXIV - Pisa 1908.
26. — *Contribuzioni allo studio petrografico della Colonia Eritrea* - Siena 1909.
27. — *Rocce della Somalia Italiana raccolte dalla Missione Stefanini-Paoli 1913*. Soc. Toscana Scienze Naturali. Memorie. Vol. XXXI - Pisa 1916.
28. PAGLIANI G. - *Basalti e pantelleriti del Gimma (A. O. I.)*. Rendiconti Istituto Lombardo Scienze Lettere. Vol. LXXIII. 4° della Serie III. Fasc. 1 - Milano 1939-40.
29. REPOSSI E. - *Le rocce eruttive del bacino dello Uabi-Uebi Scebeli*. Dal volume del DUCA DEGLI ABRUZZI: *La esplorazione dello Uabi-Uebi Scebeli* - Milano 1932.
30. RICCIARDI L. - *Sulla composizione chimica delle rocce vulcaniche di Assab*. Boll. Soc. Geol. Ital. Vol. V, pag. 57 - Roma 1886.
31. ROHLEDER HERBERT P. T. - und STANSFIELD HITCHEN C. - *Vulkanologische Beobachtungen Längs der Bahnlinie Addis Abeba Djibouti*. « Zeitschrift für Vulkanologie ». B. XII, n. 4, pag. 280-281 e pag. 284-285 - Berlino 1930.

I N D I C E

INTRODUZIONE	Pag 3
STUDIO CHIMICO - PETROGRAFICO DELLE PRINCIPALI FACIES	» 4
CHIMISMO E DIFFERENZIAZIONE MAGMATICA DEI BASALTI PRESI IN ESAME	» 25
RICERCHE DI ALTRI AUTORI SU BASALTI DELL'AFRICA ORIENTALE	» 35
RIEPILOGO	» 39
BIBLIOGRAFIA	» 41

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA I.

1. - *Basalto pirossenico-olivino*, Uadi Suchiè. Evidente struttura porfirica: fenocristalli idiomorfi di olivina e di augite sono immersi in un aggregato di fondo, a struttura pilotassitica, costituito da: pirosseno, peridoto, abbondante magnetite e scarso plagioclasio. (Nicols paralleli; ingr. 28 x).
2. - *Basalto pirossenico-olivino*, Uadi Burcà. Vistosi elementi idiomorfi di peridoto e di augite sono inclusi in una massa di fondo olivino-pirossenico-feldispatica ad abbondanti ossidi di ferro. Struttura porfirica. E' evidente la profonda alterazione del peridoto: fra le fini ed eleganti maglie del crisotilo si intravedono i nuclei del minerale originario, per lo più avvolti da un'aureola di talco dai variegati colori interferenza (Nicols paralleli; ingr. 28 x).
3. - *Basalto limburgitico*, Batiè. Struttura microforica, ipocristallina: abbondantissimi minuti individui idiomorfi di pirosseno ed olivina sono interclusi in una massa di fondo costituita da elementi colorati e ossidi di ferro, da rari microliti feldispatici e da notevole quantità di vetro. (Nicols paralleli; ingr. 33 x).
4. - *Basalto pirossenico-olivino a plagioclasio nella sola massa fondamentale*, M. Abdulla. Nella massa di fondo a netta struttura intersertale (costituita da individui plagioclasici listiformi, da granuli irregolari di pirosseno, di peridoto e di magnetite e da lamelle scacchettate di ilmenite) spiccano i fenocristalli di pirosseno ed olivina. (Nicols paralleli; ingr. 28 x).

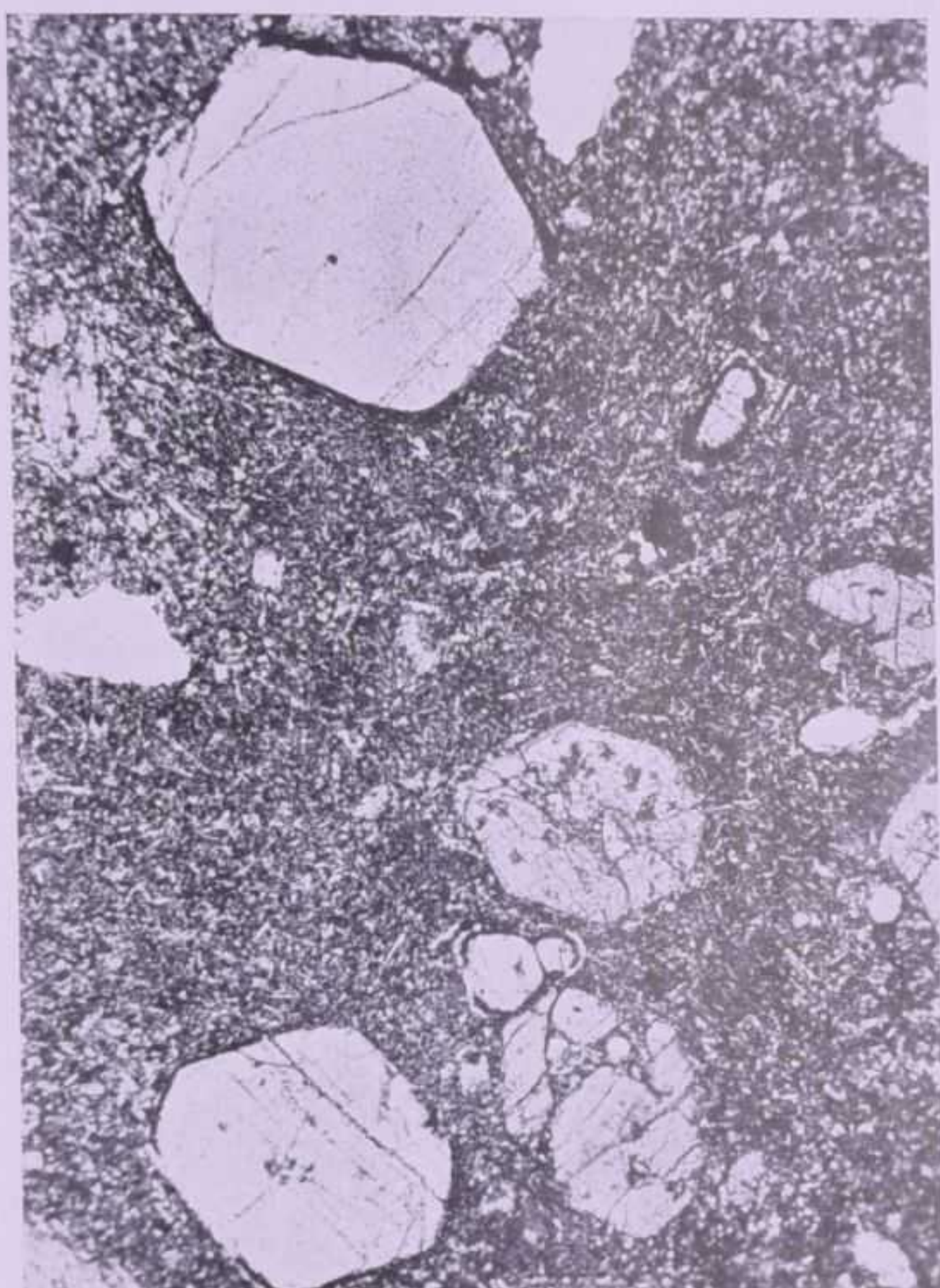


FIG. 1

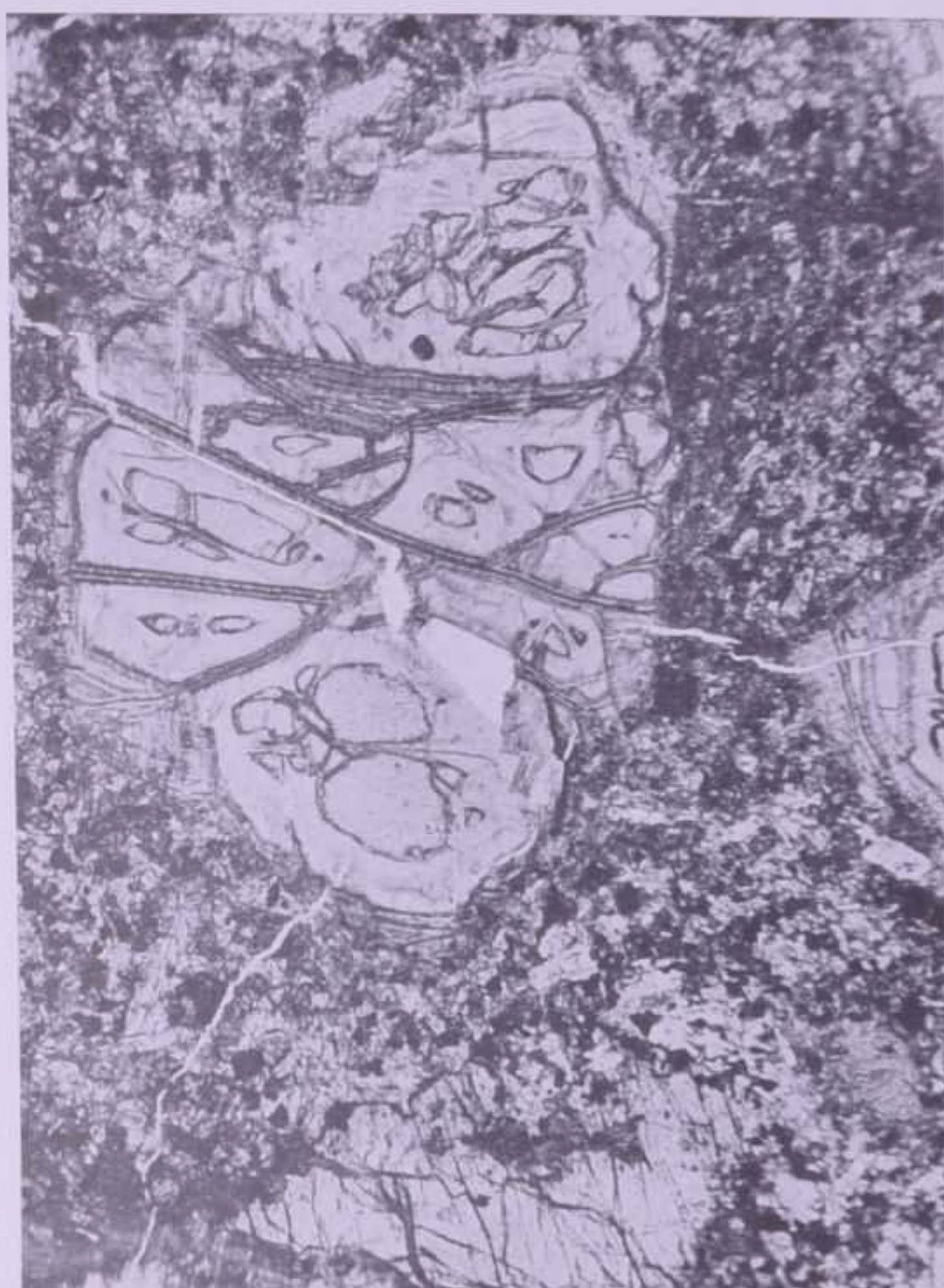


FIG. 2

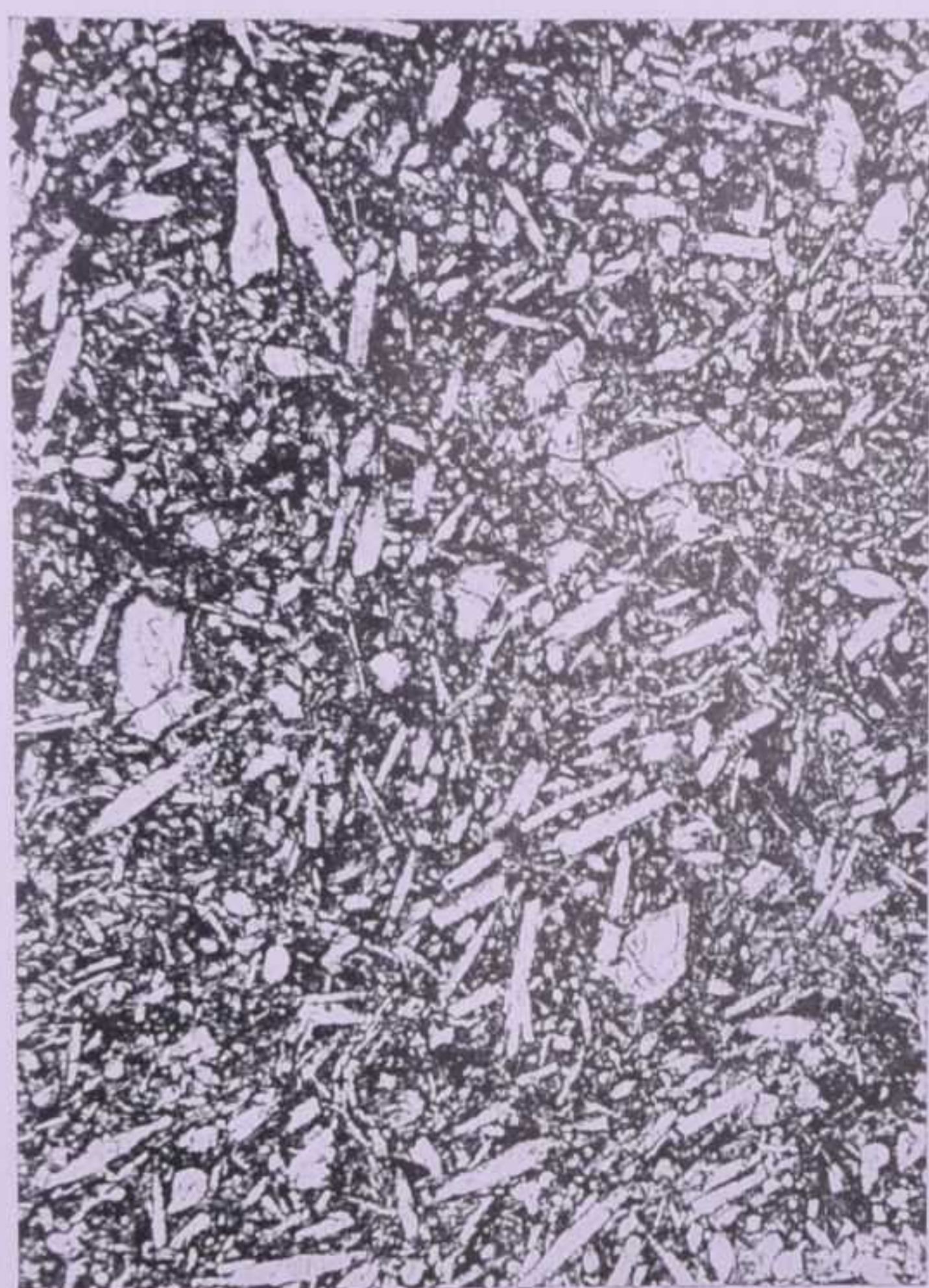


FIG. 3

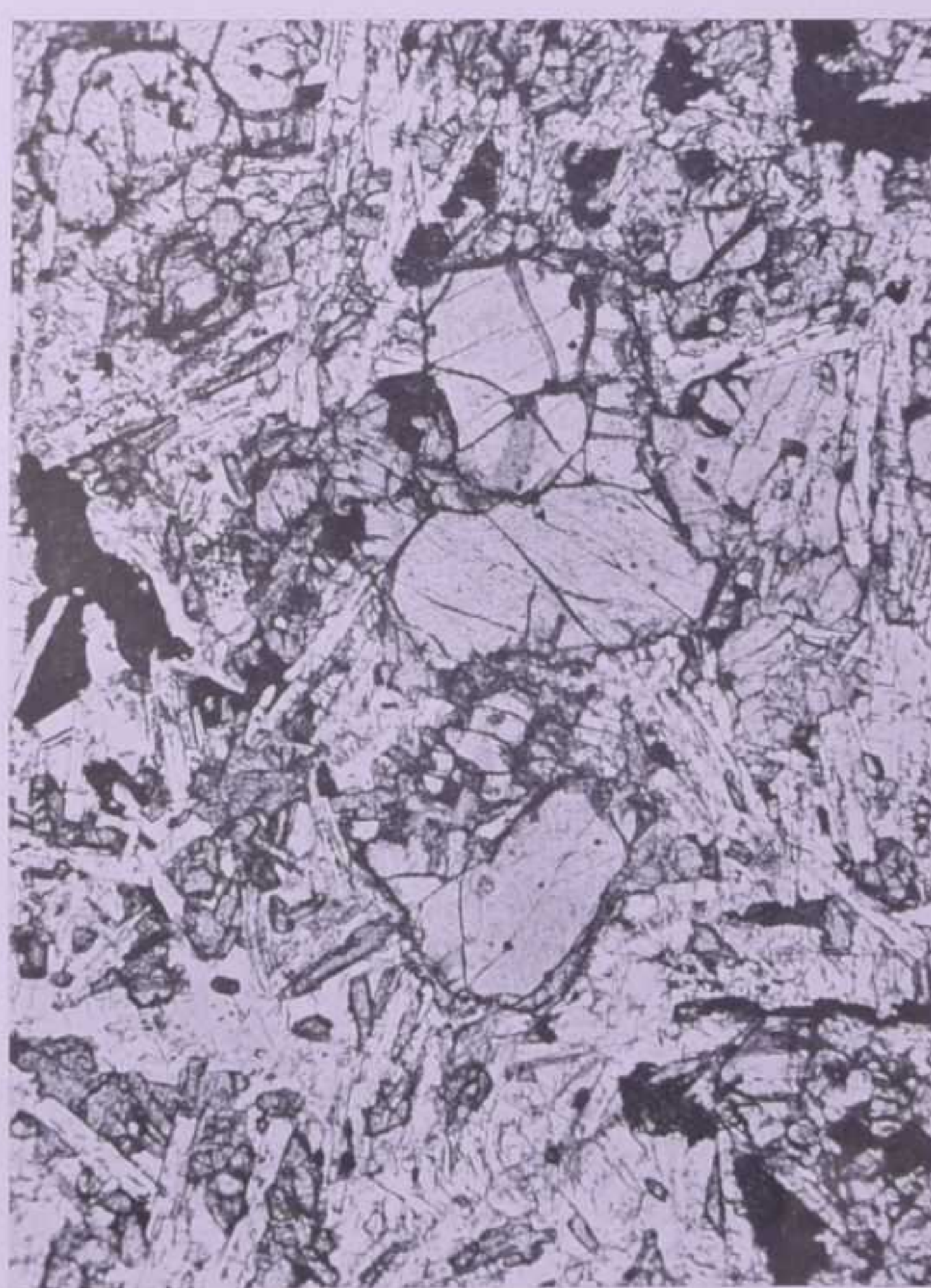


FIG. 4

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA II.

1. - *Basalto pirossenico-olivino a plagioclasti nella sola massa di fondo, M. Barud.* La struttura porfirica è dovuta a vistosi fenocristalli di pirosseno ed olivina interclusi in una minuta abundantissima granulazione di fondo, costituita da magnetite, da pirosseni e da microliti plagioclastici che denotano nel loro complesso una certa tendenza fluidale (Nicols paralleli; ingr. 30 x).
2. - *Basalto pirossenico-plagioclastico ad olivina, M. Agelù.* Fenocristalli di plagioclasio, di augite e di olivina ferri-ferri sono immersi in una massa fondamentale costituita da microliti degli stessi elementi, a cui si associa un abbondante granulazione di magnetite e di ilmenite. Struttura amigdaloide, vetrofirica a tendenza porfirico-intersertale. (Nicols paralleli; ingr. 26 x).
3. - *Basalto microgranulare pirossenico-plagioclastico, Giarsagorò.* Aggregato minuto di microliti plagioclastici e pirossenici, di granuli di magnetite e di lamelle di ilmenite. Struttura microfirica con una certa tendenza alla struttura intersertale. (Nicols paralleli; ingr. 33 x).
4. - *Basalto pirossenico plagioclastico ad olivina Aiscia.* Tipica struttura intersertale: individui idiomorfi plagioclastici costituiscono un feltro nei cui interstizi si annidano il pirosseno, l'olivina fortemente iddingsitizzata, la magnetite e l'ilmenite. (Nicols paralleli; ingr. 26 x).

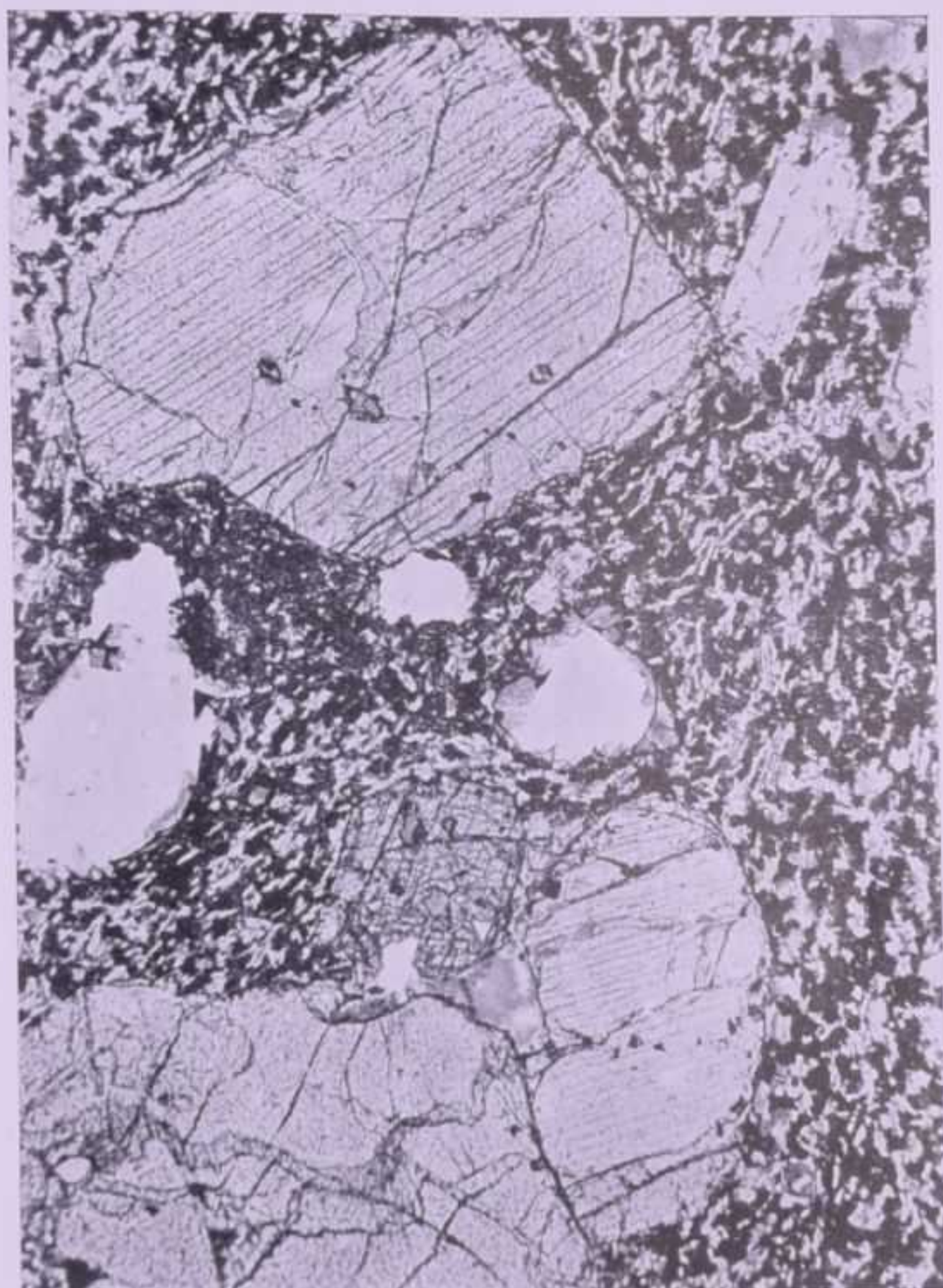


FIG. 1

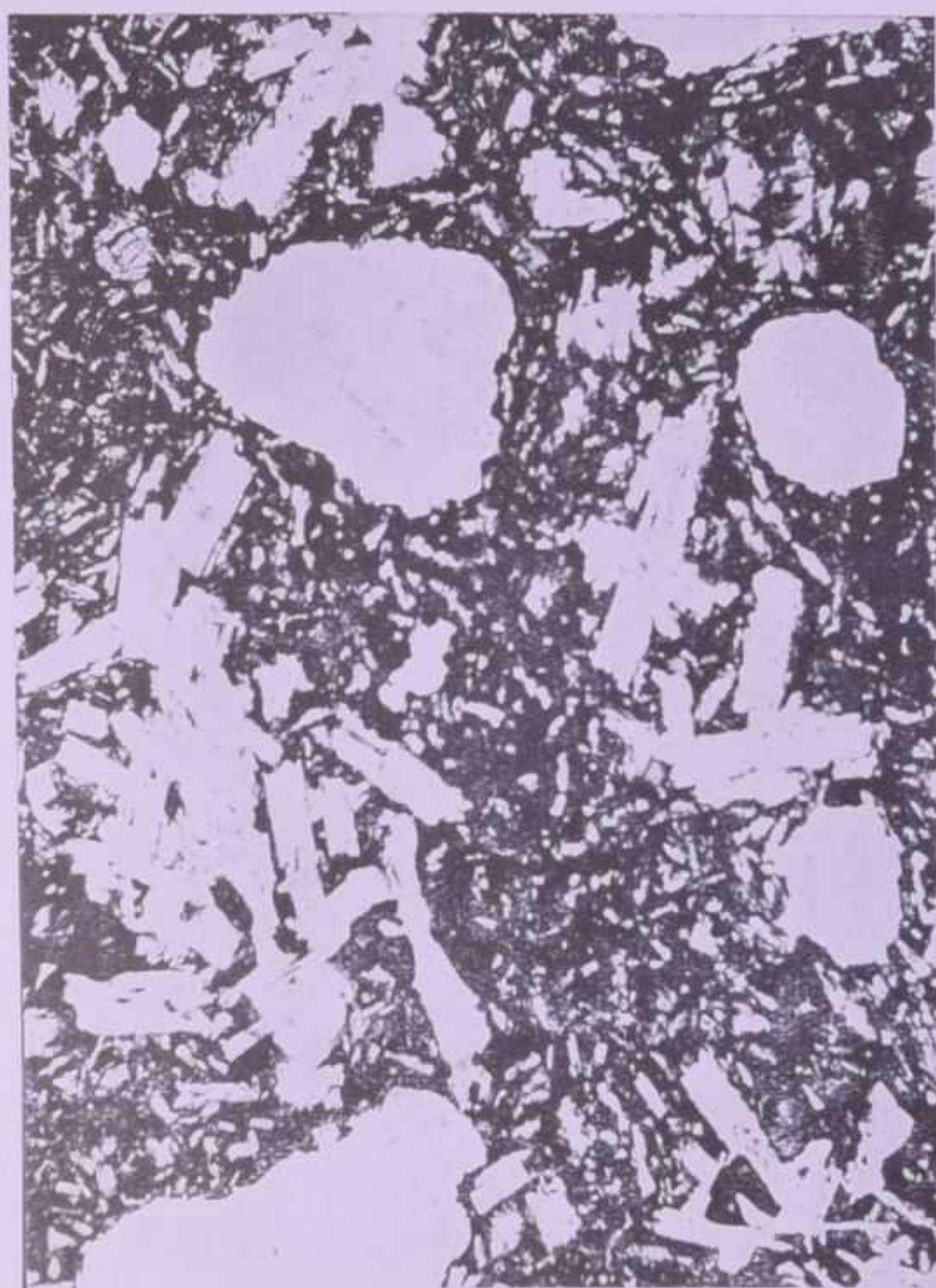


FIG. 2

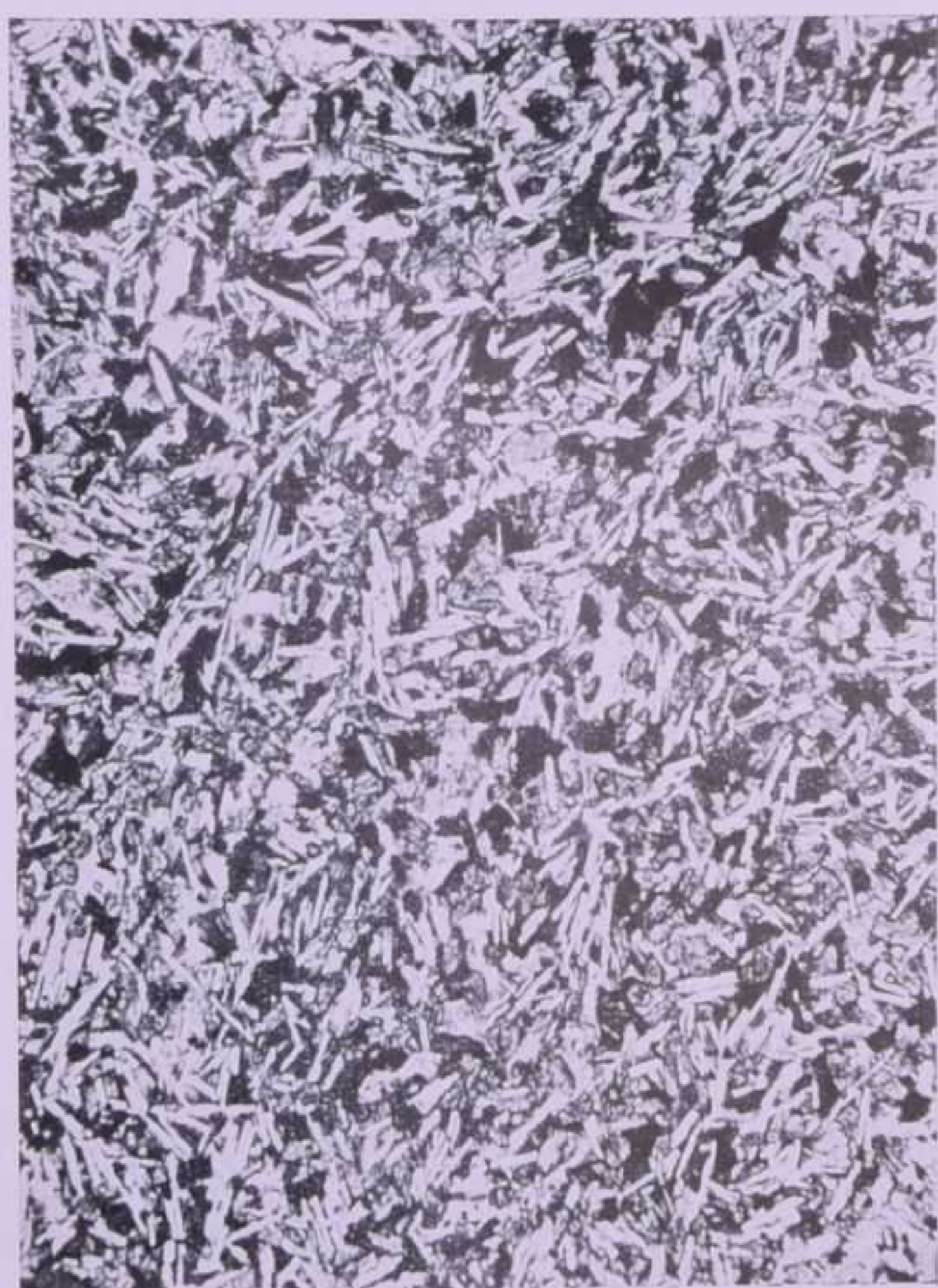


FIG. 3



FIG. 4

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA III.

1. - *Basalto plagioclasico a pirosseno ed olivina nella massa di fondo, Entotto.* Marcata struttura porfirica; i plagioclasti di prima generazione in vistosi geminati spiccano sulla massa di fondo minuta omogenea costituita da: plagioclasti, augite, olivina e magnetite. (Nicols paralleli; ingr. 30 x).
2. - *Basalto andesitico plagioclasico, con pirosseni ed olivina nella massa di fondo, Debrasina.* Sviluppatisimi individui plagioclastici, di composizione labradoritica, geminati per lo più secondo la legge albite-Carlsbad, sono interclusi nella massa di fondo microcristallina plagioclasico-pirossenica ricca di magnetite a frequenti chiazze verde-brune o giallo-verdognole, probabili prodotti di alterazione di elementi femici. (Nicols incrociati; ingr. 24 x).
3. - *Lava basaltica bollosa a fenocristalli plagioclastici con pirosseno e scarsa olivina, Ualenciti.* Struttura vacuolare amigdaloide. Nella massa quasi totalmente vetrosa si notano rari fenocristalli plagioclastici di composizione labradoritico-bitownitica, pochi granuli di olivina non alterata e di pirosseno verdastro. (Nicols paralleli; ingr. 28 x).
4. - *Filone basaltico, Combolcià.* Struttura microcristallina a tessitura fluidale: rari fenocristalli di plagioclasio bitownitico campeggiano fra i microliti feldispatici orientati dell'aggregato di fondo, di composizione un po' meno basica di tipo labradoritico. Il pirosseno, l'olivina e la magnetite, in granuli, partecipano copiosamente alla formazione della roccia. (Nicols paralleli; ingr. 33 x).

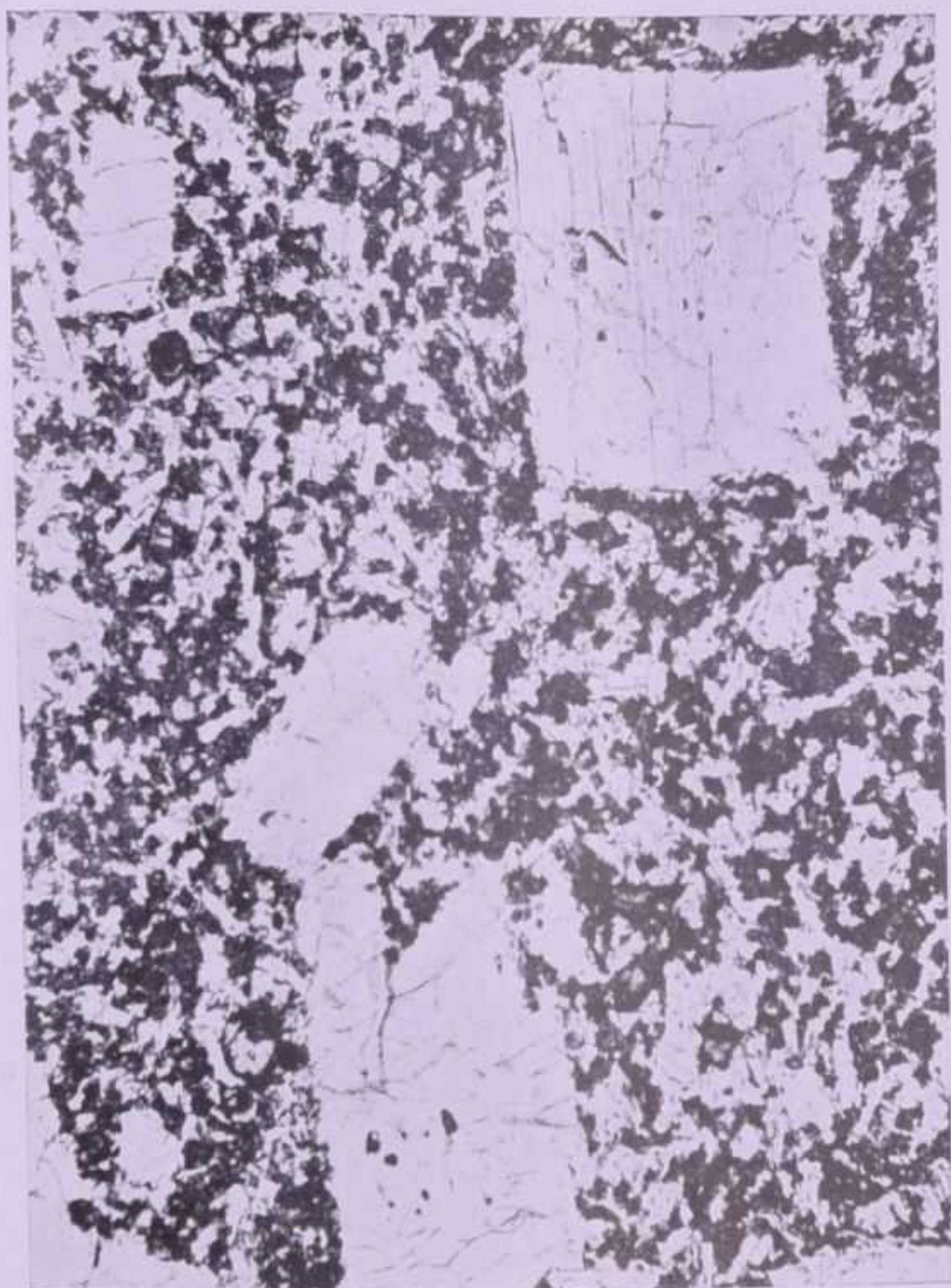


FIG. 1

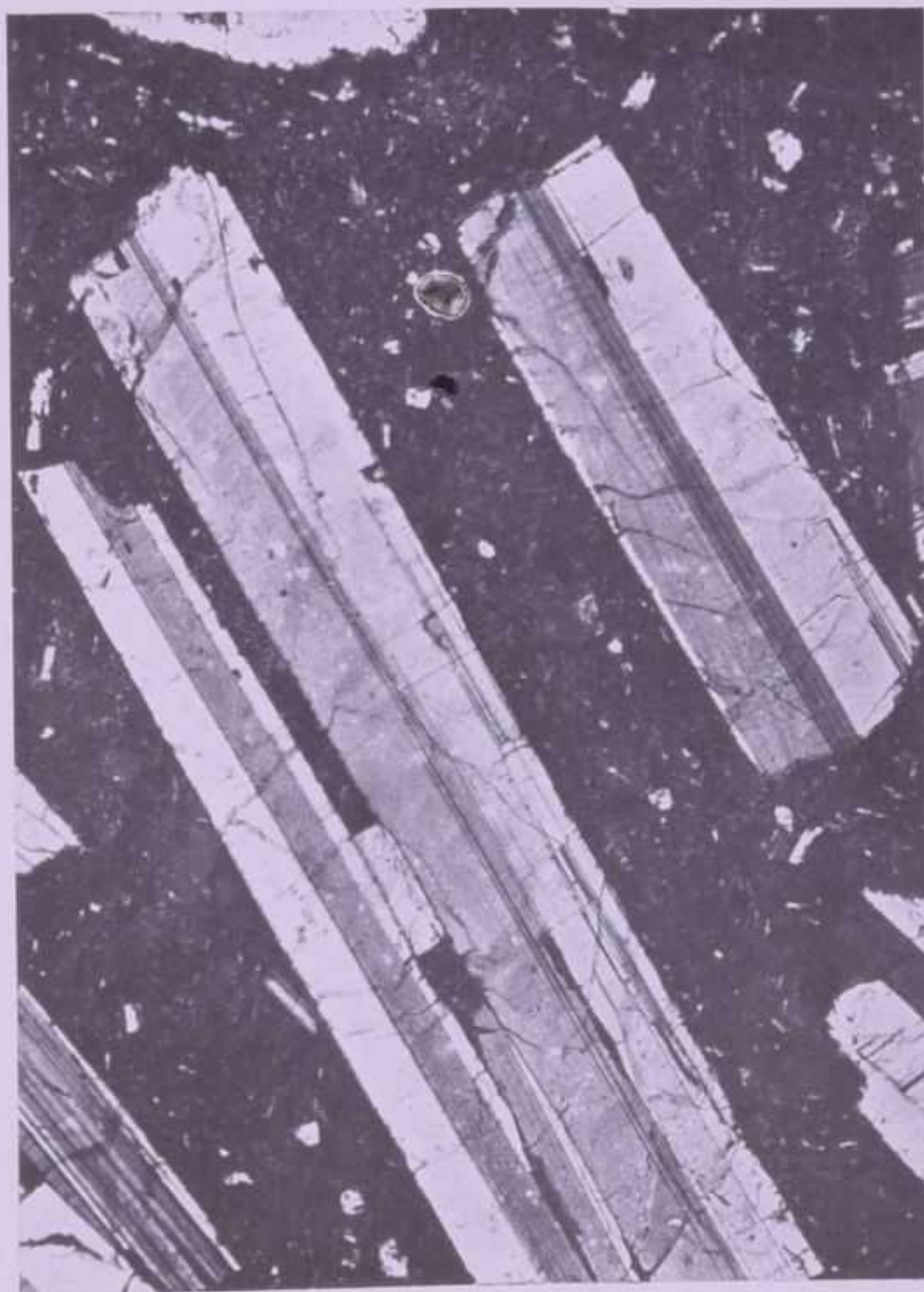


FIG. 2

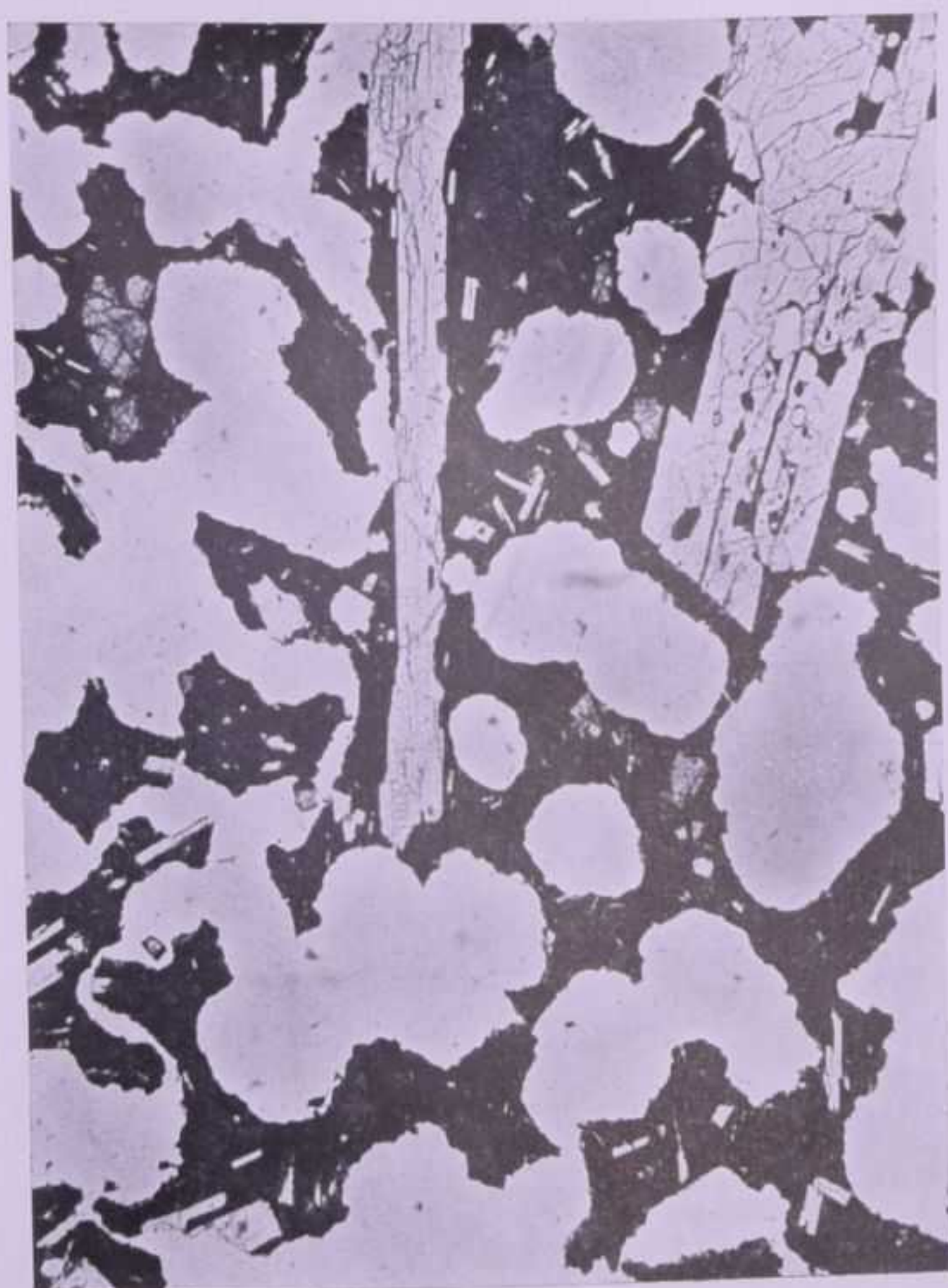


FIG. 3

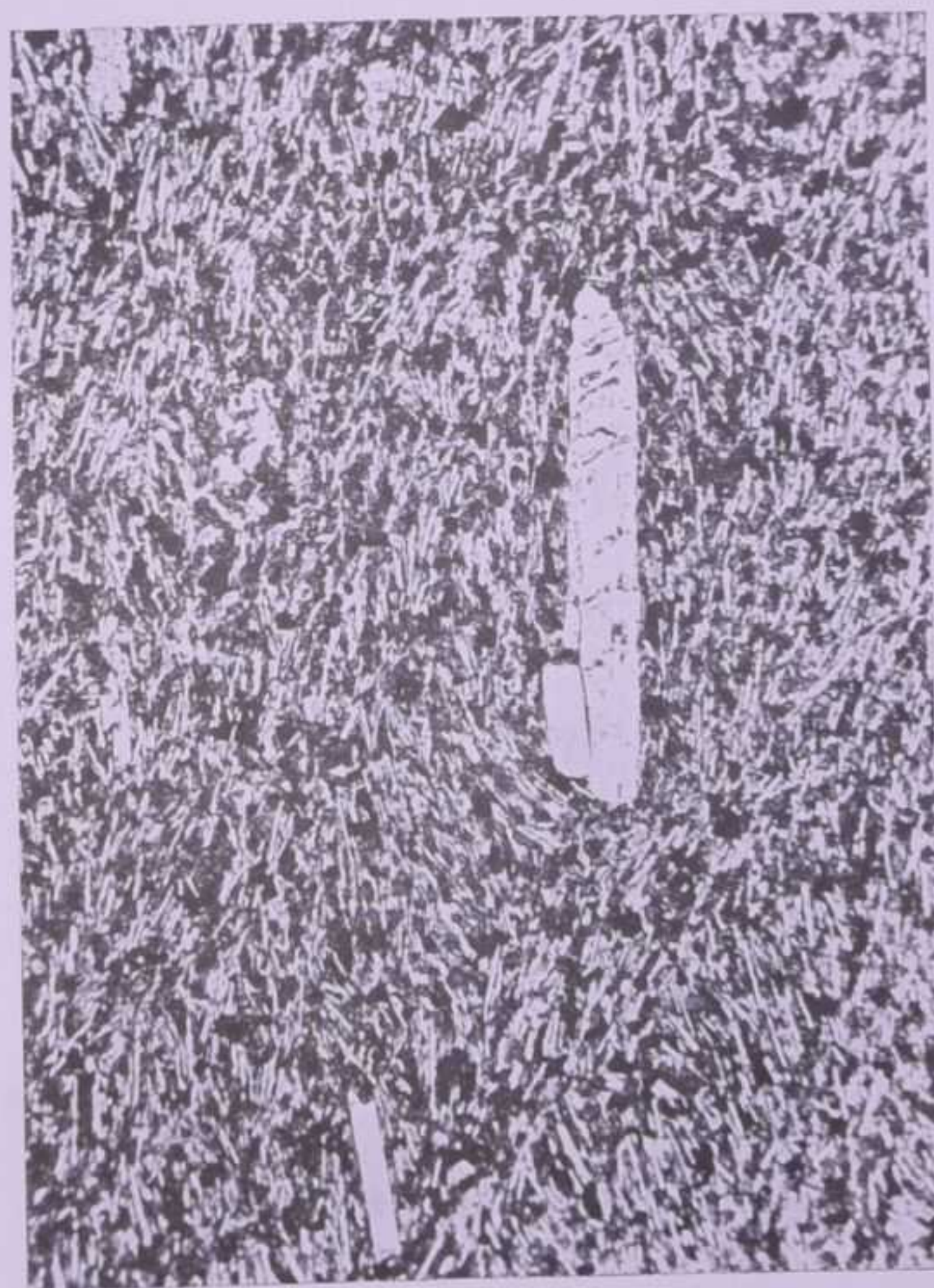


FIG. 4

