

## Efuzivne stijene sjeverozapadnog dijela Papuka

Boško LUGOVIĆ

*Zavod za mineralogiju, petrologiju i ekonomsku geologiju,  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6/III,  
YU-41000 Zagreb*

Na sjeverozapadnim obodima Papuka nalaze se rojevi efuzivnih stijena u metamorfnim stijenama i trijaskim sedimentima. Među njima najzastupljeniji su bazalti, a u manjoj mjeri dolaze olivinski bazalti i andeziti. Ove stijene su mlađi, najvjerojatnije neogenski vulkaniti, i pripadaju toleitskoj seriji. Spiliti i keratofiri, koji se u istraženom terenu tek sporadično javljaju, nisu članovi ove serije. Istražene su fiziografske i kemijske osobine svih navedenih stijena prikazane su u ovom radu.

### UVOD

Istraženo područje nalazi se desetak kilometara istok-sjeveroistočno od Daruvara, na krajnjim sjeverozapadnim padinama Papuka. S juga je omeđeno planinskim vijencem kojeg sačinjavaju Debelo brdo, Pogani vrh, Dujanova kosa, Crni vrh i Kuzminski kamen. Cesta Daruvar-Miokovićevo predstavlja sjevernu granicu, dok potok Skoblar omeđuje istraženi teren s istočne strane. Istraživanja u zapadnom dijelu završena su u kamenolomu Toplici, odnosno na potezu Podborski Vrbovac-Podborski Batinjani. Terenskim istraživanjima pokriveno je oko 60 km<sup>2</sup>.

Iako su pojave efuzivnih stijena u širem području zapadnog dijela Papuka, gdje spada i ovaj teren, poznate još iz vremena prvih istraživača, detaljno su istraženi samo efuzivi iz okolice Voćina, a nedovoljno, makar često spominjani, oni iz potoka Skoblara i Rajčevice. U nekolicini manjih, napuštenih »majdana«, i u novootvorenim kamenolomima, od kojih su tri u istraženom terenu u eksploataciji (Toplica, Skočaj i Šandrovac), kao i uzduž novih šumskih cesta, otkriveni su brojni novi izdanci efuzivnih stijena. Isto tako, uz glavne vodotokove, potok Toplicu i njen pritok Ciganovac u zapadnom dijelu terena, te potoke Rajčevicu, Puklicu i Skoblar na sjevernim padinama ovog područja, nailazi se na obilje izdanaka efuziva, pa se može reći da se ovdje radi o čitavom nizu, a ne o rijetkim pojavama efuzivnih stijena, kako se ranije izvještavalo. Poticaj za ovaj rad i njegov zadatak bio je taj da se istraži dio tih novih pojava efuzivnih stijena. Od stotinjak na terenu prikupljenih uzoraka stijena, odabrana su 23 reprezentativna, i na njima su izvršena detaljna mikroskopska i kemijska istraživanja. Rezultati istraživanja i zaključci koji se iz njih mogu izvesti, prikazani su u ovom radu.

Prvi podaci o efuzivnim stijenama Papuka potječu iz sredine prošlog stoljeća. *Stur* (1861/62) opisuje stijene u zapadnom dijelu ove planine i zaključuje da su granitne stijene otkrivene na velikom prostranstvu. U okolici Voćina, u potocima Rupnici i Jovanovici, nalazi efuzivne stijene koje u obliku žila presjecaju granite. On ih naziva trahitima i smatra da je do efuzije došlo u gornjem miocenu.

*Kišpatić* (1887) se ne slaže sa *Sturovim* određivanjem efuziva iz okolice Voćina; po njemu su oni augitni andeziti. Među njima razlikuje strukturne varijetete uz isti mineralni sastav (labrador, ortoklas, augit i brojni akcesorni i sekundarni minerali). Kasnijim istraživanjima (1916) on nije čuo prisustvo ortoklasa u augitnim andezitima, a za plagioklas kaže da su iz reda labrador-bitovnita.

Na temelju kontaktnih promjena u litotamnijskom vapnencu na dodiru s voćinskim efuzivima, i nedostatku tih promjena u mladim neogenskim naslagama, *Koch* (1919) zaključuje da su efuzivi gornjomiocenske starosti. Manje pojave efuzivnih stijena on nalazi u potocima Skoblaru, Rajčevici i Medveđaku. *Tučan* (1919) spominje da je *Koch* efuzivne stijene iz ovih potoka nazvao andezitima. O pojavama augitnog andezita u okolici Voćina izvještava i *Poljak* (1939). I po njemu je njihova starost gornjomiocenska.

Efuzivne stijene potoka Rupnice kod Voćina istraživao je i *Tajder* (1956a i 1960). Detaljno su opisani labradorsko-augitski andezit, kojeg on naziva normalnim efuzivom, zatim egirinski albitski riolit, albitski riolit i anortoklasni egirinski riolit, za koje isti autor (1970) kaže da su kvarc-keratofiri. Ove stijene se nalaze vrlo blisko jedna drugoj ili su čak u neposrednom kontaktu, a u formi debljih ili tanjih žica presjecaju granite i gnajseve. Starost njihova bi bila postkredna; prema nekim indikacijama gornjomiocenska. *Tajder* (1947 i 1956b) je također istraživao efuzivne stijene Požeške gore. Albitski dolerit iz Nakop potoka i albitski riolit od Blackog u Požeškoj gori, zajedno s kiselim varijetetima efuziva od Voćina pripadaju, prema *Tajderovom* mišljenju, dijabaz-spilit-keratofir-kvarc-keratofirskoj seriji.

Efuzivne stijene Papuka spominju *Barić* i dr. (1970) i napominju da one zajedno s hipabisalnim stijenama imaju najveću rasprostranjenost uz sjeverni rub ove planine, a najznačajniji su andeziti i rioliti s tufovima potoka Rupnice i dijabazi u potoku Radlovcu.

Članovi ekipe Geološkog zavoda iz Zagreba, koja u slavonskom gorju vrši geološka i petrološka istraživanja za Osnovnu geološku kartu SFRJ, došli su, pored ostalog, do značajnih saznanja o efuzivnoj aktivnosti u Papuku, dio kojih se koristi i u ovom radu.

#### OSNOVNI GEOLOŠKI PODACI

Efuzivne stijene koje su obrađene u ovom radu dio su vulkanske aktivnosti koja se zbivala u slavonskim planinama: Papuku, Krndiji i Požeškoj gori. U Papuku efuzivi presjecaju različite stijene paleozojskog granito-metamornog kompleksa u kojem su na površini najviše zastupljene metamorfne stijene različitog stupnja metamorfizma u rasponu od kloritskog do amfibolitskog facijesa, a s kojima su asociirani razni varijeteti granitoidnih stijena. Efuzivne stijene također se nalaze unutar mezozojskih, a djelomice i kenozojskih sedimentnih stijena.

Najveće do sad istražene pojave efuzivnih stijena i njihovih tufova u Papuku nalaze se u okolici Voćina, u potocima Rupnici i Jovanovici. Zona efuziva proteže se dalje na zapad-sjeverozapad u potoke Skoblar i Rajčeviću. Među efuzivnim stijenama zastupljeni su andeziti i različiti varijeteti riolita. Za ove stijene tvrdi se da su postkredne do gornjomiocenske starosti. Efuzivi u obliku žila probivaju najčešće granite i gnajseve, a rjeđe mezozojske i kenozojske sedimentne stijene.

Efuzivne stijene jako su raširene i u Požeškoj gori gdje tvore jedno tijelo, površine oko 25 km<sup>2</sup>, koje je okruženo krednim i terciarnim sedimentima, ali, čini se, bez primarnih kontakta. Postoji velika mogućnost da je ovo tijelo alohtono (Majer i Tajder, 1982), pa je time i pitanje njegove starosti, koja je u nizu geoloških prikaza opisana kao postkredna do gornjomiocenska, i dalje otvoren problem. Ovo je tijelo pretežno izgrađeno iz keratofira, kvarceratofira i spilita, a rjeđe dolaze dijabazi i granofiri, pa je po tome vrlo slično trijaskoj asocijaciji identičnih stijena u Dinaridima.

Pojave bazaltnih, odnosno trahandezitskih stijena registrirane su u Krndiji, i nalaze se u geološki sličnim odnosima s okolinom kao i papučki efuzivi. Radi se o kremenom bazaltu Lončarskog visa (Kišpatić, 1916), ili kvarcnom trahandezitu (Golub i Marić, 1968).

Efuzivnih stijena ima i u ravničarskom dijelu Slavonije, gdje su nabušene pri radovima na istraživanju nafte i plina. Nadalje, kod Popovca u Baranji postoje bazalt-andeziti (Golub, 1957). Zajedno sa sličnim stijenama kod Batine i Belog Manastira, oni, izgleda, tvore bazaltnu ploču, koja je podloga baranjske lesne zaravni.

Iz ovog kratkog pregleda može se zaključiti da je efuzivna aktivnost u području Slavonije bila raznovrsna i dosta raširena, kako u vremenu tako i u prostoru.

Terenskim istraživanjima u sklopu ovog rada nađene su brojne pojave efuzivnih stijena u potocima Skoblaru, Puklici, Rajčevići i naročito u sliivu potoka Toplice u krajnjem zapadnom dijelu Papuka. Na temelju mineralnog i kemijskog sastava, zaključeno je, da većina tih stijena pripada bazaltima, manji dio andezitima, ali neke stijene pripadaju spilitima i keratofirima.

U srednjem dijelu toka Toplice, u kamenolomima Skočaju i Toplici i njihovoj okolini, olivinski bazalti, bazalti i spiliti nalaze se u razlomljenim dolomitima srednjotrijaske starosti (T<sub>2</sub><sup>2</sup>). Oni se javljaju u formi žila debelih oko 2 m, ali često i kao nepravilna tijela, što se posebno odnosi na spilitite. U donjem toku pritoka Ciganovca, također u srednjotrijaskim dolomitima (T<sub>2</sub>), dolazi manji pojas eruptiva u kojem su bazalti, spiliti i keratofiri gotovo isključivo u obliku nepravilnih masa. Zanimljiva se pojava efuziva nalazi unutar permo-trijaskih pješčenjaka u gornjem toku ovog pritoka Toplice. Radi se o gredi, širine oko 7 m, koja je izgrađena iz andezita i bazalta, a granica između njih je difuzna i nejasna. U neposrednoj blizini grede nalaze se i olivinski bazalti, koji u formi nekoliko zaobljenih gromada promjera 30 do 80 cm vire iz humusa. Njihov položaj je nesumljivo alohton. Permotrijaski crvenkasto-ljubičasti pješčenjaci i konglomerati, koji se nalaze u izvorišnom području Toplice, probijeni su žila-

ma bazaltnih stijena, ali se bazalti javljaju i u manjim nepravilnim tijelima. Podaci o strosti sedimentnih stijena dani su prema Jamičiću (1979, i usmeno saopćenje).

U potocima Rajčevici, Puklici i Skoblaru veoma rasprostranjeni probolji bazalta i andezita, najčešće u obliku žila, dolaze samo u paleozojskim granitnim i gnajnsnim stijenama. U središnjem toku potoka Skoblara nađene su dvije žile bazalta kako se međusobno presjecaju, što očigledno dokazuje da unutar jednog ciklusa efuzivne aktivnosti postoje različite faze.

Važno je napomenuti da u istraženom terenu nigdje nisu otkrivene kontaktno metamorfne promjene u stijenama na kontaktu s efuzivima, te da forme efuzivnih tijela često nije bilo moguće odrediti zbog prekrivenih ili nejasnih kontakata. Međutim, na mjestima gdje je to bilo moguće, jasno se vidi da se efuzivne stijene, a to osobito vrijedi za bazalte i andezite, ipak pretežno javljaju kao žile, i da su u većini slučajeva njihovi kontakti s okolnim stijenama primarni, bez obzira što u ovima nedostaju kontaktno metamorfne promjene.

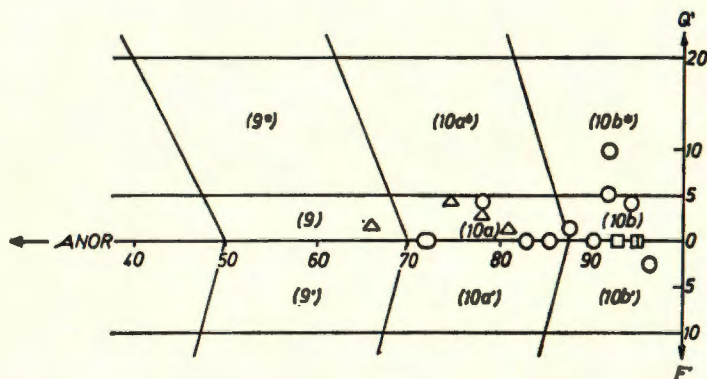
Većina žila efuziva strmo pada prema sjever-sjeveroistoku (srednji položaj 25/80), a tek manji broj prema sjeverozapadu (305/75). Izgleda da one svojim pružanjem prate glavne mlađe razlomne pravce u Papuku.

#### KLASIFIKACIJA STIJENA

Stijene su imenovane prvenstveno prema njihovom modalnom mineralnom sastavu, vodeći računa i o njihovom kemizmu i, naravno, strukturnim osobinama koje su u pravilu porfirne. Bazalt prema tome predstavlja stijenu u kojoj su primarni minerali bazični plagioklasi s više od 50% anortitne komponente i monoklinski piroksen. Ukoliko se ovoj paragenezi pridruži olivin, stijena je olivinski bazalt. U andezitima je izmjereni plagioklas iz reda andezina (Johnson, 1937), a sadržaj  $\text{SiO}_2$  iznad 52% (Williams i dr., 1958). Spilitima su nazvane bazične stijene u kojima su bitni minerali albit, monoklinski piroksen i/ili klorit, a keratofiom neutralna stijena porfirne strukture koja je pretežno izgrađena iz albita (prema Streckeisen, 1978).

Olivinski bazalti, bazalti i andeziti projicirani su u Q'-F'-ANOR dijagramu (Streckeisen i Le Maitre, 1979) u sl. 1. Ovaj dijagram autori predlažu za klasifikaciju magmatskih stijena na temelju njihovog CIPW normativnog mineralnog sastava. Dijagram služi kao zamjena modalnom QAPF dijagramu za stijene u kojima je teško ili uopće nije moguće kvantitativno odrediti modalni mineralni sastav. Polja u Q'-F'-ANOR dijagramu označavaju se u zagradama i približno odgovaraju istovrsnim poljima u modalnom QAPF dijagramu. Prema tome, u poljima koja se vide u sl. 1. projicirat će se različiti tipovi bazalta i andezita, odnosno njihovih intruzivnih ekvivalenata. Konkretno, u našem slučaju, većina stijena, koje su prema ranije izloženim kriterijumima klasificirane kao bazalti i olivinski bazalti, i to 10 od ukupno 16, nalazi se u polju (10b) ili na njegovim granicama, tj. u polju najizrazitije distribucije toleitskih bazalta. Tri figurativne točke ovih stijena nisu vidljive u ovom polju jer se podudaraju s već ranije projiciranim.

Pomoću dijagrama u sl. 1. nije uvijek moguće razlikovati bazalte od andezita. Za to su potrebni dodatni kriterijumi. Streckeisen (1978) uzima u obzir odnos kolor indeksa i težinskog postotka  $\text{SiO}_2$  i to u preračunatim kemijskim analizama, tj. u analizama koje su nakon oduzimanja  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$  preračunate na 100,00%. Ovi odnosi prikazani su u sl. 2. Većina stijena koje su klasificirane kao bazalti nalaze se u polju leuko ba-



Sl. 1. Projekcije bazalta i andezita u Q'-F'-ANOR dijagramu prema CIPW vrijednostima dobijenim iz kemijskih analiza preračunatih bez  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$  (detalj dijagrama po Streckeisen i Le Maitre, 1979).

Fig. 1. Basalts and andesites plotted in the Q'-F'-ANOR diagram, according to CIPW values derived from chemical analyses recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  free basis (detail of the diagram after Streckeisen and Le Maitre, 1979).

$$Q' = \frac{Q}{Q + Or + Ab + An} \times 100, F' = \frac{Ne + Lc + Kp}{Ne + Lc + Kp + Or + Ab + An} \times 100,$$

$$ANOR = \frac{An}{Or + An} \times 100$$

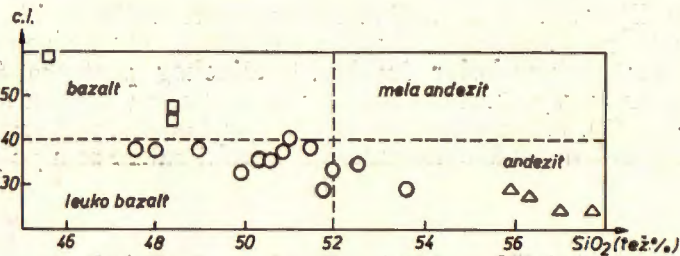
- — olivinski bazalti — olivine basalts  
 ○ — bazalti — basalts  
 △ — andeziti — andesites

zalta. Neki se bazalti projiciraju u polju andezita ili na njihovoj granici s bazaltima. Međutim, ako se uzme granica po Kunou (1959) od 53%  $\text{SiO}_2$ , onda te prelazne stijene pripadaju bazaltima. Uzorak br. 11, iako i po ovom kriterijumu ostaje u polju andezita, klasificiran je kao bazalt jer je u njemu utvrđen plagioklas s 55% an.

## FIZIOGRAFIJA STIJENA

### Olivinski bazalti

Olivinski bazalti iz kamenoloma Skočaja (tab. I, uz. 1 i 2) imaju dosta sličnosti u mineralnom sastavu i strukturnim osobinama. Struktura im je porfirna sa subofitsko-intergranularnom osnovom. Kao fenokristali javljaju se, u klorit i djelomice u talk izmijenjena zrna olivina, te bazični plagioklasi s 62—70% an (uz. 1), odnosno 63—69% an (uz. 2). Zrna bivšeg oli-



Sl. 2. c. i. —  $\text{SiO}_2$  dijagram za razlikovanje bazalta od andezita (Streckeisen, 1978). Oznake za stijene iste su kao i u sl. 1.

c. i. = kolor indeks prema CIPW normativnom sastavu dobijenom iz kemijskih analiza preračunatih bez  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$ .

Fig. 2. c. i. —  $\text{SiO}_2$  diagram distinguishing basalts from andesites (Streckeisen, 1978). Rock signatures as in fig. 1.

c. i. = colour index according to CIPW norm derived from chemical analyses recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  free basis.

vina uglavnom su zaobljena, no ponekad su četvrtastih kontura. Najveća od njih dostižu u promjeru do 3,5 mm. Utrusaka plagioklasa ima manje od utrusaka olivina. Oni se javljaju kao sraslaci dvojci ili trojci, a rjeđe kao samci. Pretežno su svježi, raspucani su i pokazuju undulozno potamnjenje. Blago ružičasti pirokseni imaju slijedeće kristalooptičke konstante:  $2V_z = 56\ 1/2^\circ$ ,  $Z:c = 36\ 1/4^\circ$  (uz. 1) i  $2V_z = 56^\circ$ ,  $Z:c = 38^\circ$  (uz. 2), te po tome možemo smatrati da spadaju u skupinu titanskih augita. Oni su obilati u osnovi nego kao fenokristali, kada poikilitski uklapaju mikrolite plagioklasa. Osnova je izgrađena iz štapića labradora sastava 55—62% an u uz. 1, odnosno 58—64% an u uz. 2. U njihovim međuprostorima nalaze se sitni, svježi ili potpuno kloritizirani pirokseni. Opaki minerali su dispergirani u osnovi, a nalaze se i kao prateći produkt izmjene olivina. Po habitusu nekih zrna, izgleda da su opaki minerali u ovim stijenama zastupljeni pretežno magnetitom, a manje ilmenitom.

Nešto drukčija svojstva pokazuju olivinski bazalti gornjeg toka potoka Ciganovca (uz 3). Struktura im nije tipična porfirna, jer zbog kontinuirane promjene u veličini zrna piroksena, poprima sličnost sa serijatnom strukturom. Zrna djelimiće serpentiniziranog olivina s 15—20% fa ( $2V_x = 86—88^\circ$ ), promjera do 5 mm, mogu se smatrati fenokristalima. Blijedo ružičasti pirokseni ( $2V_z = 54^\circ$ ,  $Z:c = 46^\circ$ ,  $r > v$ ), većim se dijelom nalaze u subofitsko-intergranularnoj »osnovi«, zajedno s prutičastim labradorima sastava 50—60% an. Veća zrna piroksena su svježa, a ona u intersticijama su ili svježa ili potpuno, bez ikakvih zaostalih relikta, izmijenjena u sitnolistićavi klorit. Plagioklasi su uglavnom svježi i valovito tamne.

#### Bazalti

Bazalti imaju ujednačen primarni mineralni sastav. Izgrađeni su iz bazičnih plagioklasa, monoklinskih piroksena (vidi tab. I) i opakih minerala — magnetita i ilmenita. Apatit je u neznatnim količinama prisutan u svim uzorcima. Značajne razlike u kemijskom i mineralnom sastavu javljaju se kod izmijenjenih stijena. U nekim uzorcima bazični plagioklasi su

Modalni mineralni sastav olivinskih bazalta je ovaj:  
 Modal mineral content of olivine basalts is as follows:

vol. %	uz. 1 — sample 1	uz. 3 — sample 3
Plagioklas Plagioclase	48,6	40,3
Piroksen Pyroxene	15,7	17,1
Olivin* Olivine*	15,9	30,0
Klorit** Chlorite**	15,6	8,3
Opaki minerali Ores	3,9	3,9
Akcesorije Accessories	0,3	0,4

\* Ovdje je točkastom metodom integrirana površina koju zauzimaju svježa zrna olivina, njihovi relikti ili potpuno izmijenjena zrna.

\* Fresh olivine grains, their relicts or completely altered grains have been integrated.

\*\* Integriranjem je obuhvaćen samo onaj klorit koji se nalazi između štapića plagioklasa.

\*\* Only interstitial chlorite has been integrated.

svježi, u drugim su dijelom, ili čak potpuno izmijenjeni u agregat kalcita i sericita. Neki od njih su pak obrubljeni tankim rubom znatno kiselijeg plagioklasa (albit?), ili sadrže sitnozrnati agregat (coisit?), čije se određivanje s raspoloživom opremom nije moglo sa sigurnošću provesti. Procesi pretvorbe u velikoj su mjeri zahvatili i monoklinske piroksene. Negdje se oni nalaze u istom preparatu i svježi i kloritizirani, a u drugim su naprotiv, svi potpuno pretvoreni u klorit. Značajne su pojave leukoksena koji je asociiran s ilmenitom i magnetitom.

Bazalti su grupirani i opisani prema njihovim strukturnim osobinama. Glavni kriterijum za grupiranje bio je stupanj izraženosti porfirne strukture, koji je uvjetovan dimenzijama individua osnove, odnosno stupnjem njezina kristaliniteta. Na taj način moguće je razlikovati 5 strukturnih varijeteta: bazalt hijalopilitske strukture, i 4 varijeteta holokristalinih struktura: bazalti izrazite porfirne strukture, bazalti izražene porfirne strukture, bazalt slabije izražene porfirne strukture i bazalti subofitne strukture.

#### Bazalt hijalopilitske strukture

Uzorak ove stijene (uz. 4) uzet je iz jedne od triju žila iz kamenoloma Šandrovca u potoku Puklici, i pokazuje najtipičniju porfirnu strukturu od svih istraženih stijena.

Utrusci su pretežno idiomorfno razvijeni labradori (vidi tab. I). Najveći su dimenzija 3,4x1,1 mm. Neki od njih samo su djelomično, a drugi u potpunosti izmijenjeni u kalcit i sericit. S obzirom na reliktno forme pseudo-

Tabela I: Kutovi optičkih osi plagioklasa, srednji sastav plagioklasa (A), varijacije u njihovom sastavu (B) i sastav normativnih plagioklasa prema kemijskim analizama preračunatim bez H<sub>2</sub>O i CO<sub>2</sub> (C); kutovi optičkih osi i kutovi maksimalnog potamnjenja piroksena

Table I: Optical axial angles of plagioclase, average anorthite content in plagioclase (A), variation in their anorthite content (B), and anorthite content in normative plagioclase according chemical analyses recalculated on H<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> free basis (C); optical axial angles and maximal extinction angles of pyroxenes

	Plagioklasi — Plagioclase				Pirokseni — Pyroxenes	
	2V	A (%an)	B (%an)	C (%an)	2V <sub>z</sub>	Z:c
1	2V <sub>x</sub> =82°	63	55—70	61	56 1/2°	36 1/4°
2	2V <sub>x</sub> =86°	65	58—69	64	56°	38°
3	2V <sub>x</sub> =81°	58	50—60	62	54°	46°
4	2V <sub>x</sub> =73°	54	53—55	55		
5	2V <sub>x</sub> =84°	65	63—66	63		
6		66	64—68	57		
7	2V <sub>x</sub> =81°	58	57—59	54	56°	42°
8	2V <sub>x</sub> =83°	60	55—66	48	54°	42°
9a	2V <sub>x</sub> =80°	56	55—57	45		
9b	2V <sub>x</sub> =76°	54	53—55	44		
10	2V <sub>x</sub> =76°	60	55—67	50		
11	2V <sub>x</sub> =74°	55	52—58	45		
12	2V <sub>x</sub> =78°	55	54—56	46	58°	42 1/2°
13	2V <sub>x</sub> =84°	58	55—60	56	53°	44°
14	2V <sub>x</sub> =86°	70	63—72	64		
15	2V <sub>x</sub> =78°	54	49—58	43		
16a	2V <sub>x</sub> =82°	38	35—40	17		
16b	2V <sub>x</sub> =84°	39	37—40	26		
16c	2V <sub>x</sub> =86°	37	34—40	25		
17	2V <sub>x</sub> =88°	39	37—41	37		
18	2V <sub>z</sub> =87°	5	4—7	38	54°	39°
19	2V <sub>z</sub> =86°	4	0—9	44	49°	44°
20	2V <sub>z</sub> =80°	2	0—4	22		



- 
- 1 } olivinski bazalti, kamenolom Skočaj  
 2 }  
 3 olivinski bazalt, gornji tok potoka Ciganovca
- 
- 4 } bazalti, potok Puklica, kamenolom Šandrovac  
 5 }  
 6 bazalt, potok Rajčevica  
 7 bazalt, potok Skoblar  
 8 bazalt, potok Puklica, kamenolom Šandrovac  
 9a } bazalti, (sredina žile) izvorišni dio potoka Toplice  
 9b } (rub žile)  
 10 bazalt, donji tok potoka Ciganovca  
 11 } bazalti, potok Rajčevica  
 12 }  
 13 bazalt, kamenolom Skočaj  
 14 bazalt, potok Puklica  
 15 bazalt, rub grede u gornjem toku potoka Ciganovca
- 
- 16a } (rub grede)  
 16b } andeziti, gređa u gornjem toku Ciganovca (sredina gređe)  
 16c } (kontakt s bazaltima)  
 17 andezit, potok Rajčevica
- 
- 18 spililit, srednji tok potoka Toplice  
 19 spililit, donji tok potoka Ciganovca
- 
- 20 keratofir, donji tok potoka Ciganovca
- 
- 1—3 olivine basalts  
 4—15 basalts; 9a = sample from dyke center, 9b = sample from dyke border  
 16—17 andesites; 16a = sample from stock border, 16b = sample from stock center,  
 16c = sample from contact with basalts  
 18—19 spilites  
 20 keratophyre

morfoze sitnolistićavog klorita po nekom primarnom mineralu, moglo bi se zaključiti, da su među utruscima u manjoj mjeri bili zastupljeni i pirokseni.

Osnova je izgrađena iz devitrificiranog vulkanskog stakla i igličastih mikrolita bazičnih plagioklasa, čije su prosječne dimenzije 0,2x0,04 mm. Između tih mikrolita nalazi se blijedozeleni klorit; ne može se sa sigurnošću reći u kolikoj je mjeri klorit produkt devitrifikacije, a u kolikoj pretvorbe kojeg feromagnezijskog minerala. Opaki minerali su u osnovi obilno zastupljeni. Najčešće se javljaju kao nepravilna zrna, no neka su zrna kvadratična. U osnovi se također zapažaju sitne mandule, promjera do 0,2 mm, koje su ispunjene kalcitom, ili u manjoj mjeri, kloritom. Stijena je ispresjecana tankim kalcitnim žilicama.

#### *Bazalti izrazite porfirne strukture*

Bazalti ove grupe predstavljaju strukturne varijetete s idiomorfno do hipidiomorfno razvijenim utruscima koji se nalaze u sitnozrnatoj osnovi. Štapići, zapravo iglice plagioklasa u osnovi, dužine su najviše do 0,6 mm. Neki uzorci imaju više izraženu subofitsku, neki intergranularnu strukturu osnove, a najčešći su, čak u istom preparatu, prelazni tipovi između ovih dviju struktura osnove. Udio fenokristala je promjenljiv, pa se unutar grupe razlikuju subvarijeteti s običnom porfirnom strukturom i s oligofirnom, tj. strukturom u kojoj je količina fenokristala vrlo malena. Fenokristali su bazični plagioklasi, a njima se u nekim uzorcima pridružuju i blijedoružičasti monoklinski pirokseni, koji se i ovdje mogu smatrati titanskim augitima.

Ovoj grupi pripadaju uzorci stijena uzeti iz dviju žila u kamenolomu Šandrovcu (uz. 5 i 8), zatim iz potoka Rajčevice (uz. 6) i Skoblara (uz. 7), kao i uzorci iz žile u izvorišnom dijelu Toplice (uz. 9a i 9b).

Pored općih karakteristika ove grupe, u nekim uzorcima postoje i izvjesne specifičnosti. U uzorku iz Skoblara dolazi do nakupljanja fenokristala zonarnih plagioklasa i piroksena, pa stijena poprima odlike aglomerirane teksture. Slično je i u uzorku iz kamenoloma Šandrovca (uz. 8), ali se ovdje aglomeriraju samo utrusci blijedoružičastog piroksena; neki od njih su sraslaci dvojci. Procesi kloritizacije, kalcitizacije i seritizacije primarnih minerala zahvatili su u većoj ili manjoj mjeri sve ove stijene. Pri tom su u nekim uzorcima fenokristali ostali potpuno svježi, dok je osnova znatno izmijenjena; u drugim uzorcima je obratan odnos izmjene.

Značajna osobina uzoraka bazalta iz žile u izvorišnom dijelu Toplice je ta da su utrusci bazičnog plagioklasa, kojih inače ima vrlo malo, a i plagioklasa osnove, tako izmijenjeni da imaju uzak rub kiselijeg plagioklasa, sa znatno nižim indeksima loma od jezgre. Ova pojava ujedno može objasniti velike razlike u sastavu modalnih i normativnih plagioklasa (tab. 1, uz. 9a i 9b).

U uzorku stijene s kontakta s pješčenjacima (uz. 9b) osnova je izgrađena iz igličastih plagioklasa čije dužine ne prelaze 0,3 mm, i iz kuglastih, četvrtastih i nepravilnih zrna opakih minerala, kojih ima neuobičajeno mnogo. U međuprostorima ovih minerala dolaze klorit i/ili kalcit. Fenokristali su u kalcit i sericit izmijenjeni raspucani bazični plagioklasi. Tekstura stijene je homogena, ali je homogenost mjestimice narušena sitnim mandulama koje su ispunjene kalcitom. U odnosu na uzorak s kontakta, u uzorku iz sredine ove žile (uz. 9a) osnova je nešto krupnija sa štapićima

plagioklasa dužine 0,5—0,6 mm. I u osnovi ovog uzorka ima mnogo opâkih minerala. Međuprostor je ispunjen sitnolistićavim kloritom. Stijena je homogena teksture, ali s vrlo rijetkim, velikim mandulama, koje su sukcesivno punjene, prvo kloritom, pa kalcitom, koji prevladava.

#### *Bazalti dobro izražene porfirne strukture*

Bazalti ove grupe pored sličnosti u mineralnom sastavu, imaju dosta strukturnih sličnosti sa stijenama prethodne grupe. Razlika je u duljini štapića bazičnih plagioklasa, koji su u ovim uzorcima dugi 0,6—1,0 mm. Na temelju volumnog omjera utrusaka i osnove, moguće je i ovdje razlikovati iste strukturne subvarijetete. U svim uzorcima ove grupe opažena je pojava obarivanja nekih utrusaka bazičnog plagioklasa s plagioklasom znatno nižih indeksa loma. Pri tom je ovoj kiselijeg plagioklasa staklast.

Ovom strukturnom varijetetu pripadaju bazalt donjeg toka potoka Ciganovca (uz. 10) i dva bazalta potoka Rajčevice (uz. 11 i 12).

Primarni mineralni sastav bazalta Ciganovca i Rajčevice (uz. 12), kao intenzitet i način njihove izmjene, potpuno je identičan. Ove stijene su izgrađene iz djelomično sericitiziranih i kalcitiziranih bazičnih plagioklasa i zonarnih monoklinskih piroksena, koji su malo kloritizirani.

Drugi bazalt Rajčevice (uz. 11) izgrađen je pretežno iz izmijenjenih labradorora. Između njih ima malo klorita, unutar kojeg se tek ponegdje opažaju relikti monoklinskih piroksena. Udjel opâkih minerala je relativno velik. S obzirom na velik volumni odjel plagioklasa, ova stijena za bazalte predstavlja leukokratski tip.

#### *Bazalt slabije izražene porfirne strukture*

Ovakvu strukturu ima bazalt iz kamenoloma Skočaja (uz. 13). Poblize, struktura je porfirna s intergranularno-subofitskom osnovom. Osnova je izgrađena iz bazičnih plagioklasa i monoklinskih piroksena i to u podjednakoj količini. Pirokseni su dijelom izmijenjeni u sitnolistićavi, blijedozeleni klorit. Dimenzije štapića plagioklasa osnove uglavnom su iznad 1 mm, ali ne veće od 1,5 x 0,4 mm. Među utruscima se nalaze svježiji, bezbojni pirokseni, ali prevladavaju bazični plagioklasi, odnosno njihovi relikti. Naime, od svih istraženih uzoraka bazalta, ovdje je najizrazitija pojava ruba kiselijeg plagioklasa oko, u sericit i kalcit izmijenjene, jezgre bazičnog plagioklasa. Sastav ruba, koji je veorna uzak, nije se dao točno odrediti.

#### *Bazalti subofitske strukture*

U ovu grupu stijena spadaju bazalt potoka Puklice uzet 300 m uzvodno od kamenoloma Sandrovca (uz. 14) i bazalt potoka Ciganovca, koji zajedno s andezitom tvori gredu (uz. 15).

Bazični plagioklasi u bazaltu iz Puklice i ružičasti monoklinski piroksen, odnosno iz njega nastao blijedozeleni klorit, javljaju se u podjednakoj količini. Plagioklasi su svježiji, tek neki neznatno sericitizirani. Njihove prosječne dimenzije su 0,9 x 0,3 mm.

U bazaltu Ciganovca plagioklasi su sastava 49—58% an, i daleko su prevladavajući mineralni sastojak, te stijenu možemo smatrati za bazalte leukokratskom. Plagioklasi su jače izmijenjeni nego u prethodnom uzorku.

Njihove prosječne dimenzije su 0,8x0,3 mm, ali su neki i većih dimenzija, pa stijena ima prelaznu strukturu k porfirnoj. Unutar blijedozelene klorita ima malo relikta monoklinskog piroksena.

### Andeziti

Uzorci andezita koji su uzeti iz grede u potoku Ciganovcu imaju tipičnu porfirnu strukturu s vrlo malo utrusaka plagioklasa koji su svježi, idiomorfno razvijeni i imaju sastav 34—40% an (tab. I, uz. 16a i 16c). Osnova je pretežno izgrađena iz igličastih, subparalelno poredanih plagioklasa. Feromagnezijski minerali, koji su sudeći po fiziografskim osobinama bili pirokseni, gotovo u potpunosti su izmijenjeni u djelomice opacitizirani klorit. Prema obliku prostora sada ispunjenog kloritom, nesumnjivo je, da su pirokseni bili većim dijelom tankoprutičastog habitusa. Plagioklasi osnove jako su izmijenjeni. Puni su »trunja« (coisit?), čije se određivanje nije sa sigurnošću moglo izvršiti. Intenzitet izmjene manji je u uzorku u blizini bazalta. Ponegdje se u osnovi zapažaju zaobljena zrnca kvarca, a njihov udjel ne prelazi 5 vol. %. Opâki minerali obilno su zastupljeni. Javljuju se u obliku kvadratičnih ili okruglih zrnaca, a često su i štapićastih presjeka.

Opisane karakteristike odnose se na uzorke uzete na rubu grede (uz 16a), odnosno u blizini nejasne granice s bazaltom (uz. 16c).

Uzorak iz sredine grede (uz. 16b) pokazuje slične osobine. Mineralni individualnosti su nešto krupniji, a udjel utrusaka plagioklasa veći je nego u uzorcima s rubova. Na ovom mjestu stijena je manje izmijenjena, pa se uz kloritizirane monoklinske piroksene vide i njihova potpuno svježa zrna. Pirokseni dolaze isključivo u osnovi. Plagioklasi osnove i utrusci koji su sastava 37—40% an, svježiji su nego u uzorcima s rubova. Sadržaj kvarca neznatno je veći nego u uzorcima uzetim na rubovima.

Struktura andezita iz potoka Rajčevice (uz. 17) je porfirna s integranularnom osnovom. Pretežni dio fenokristala pripada idiomorfno do hipidiomorfno razvijenim andezinima sastava 37—41% an, a manjim dijelom su to alotriomorfna zrna klinopiroksena. Utrusci plagioklasa su ili svježi ili posve izmijenjeni u sitnozrnati, odnosno sitnolistićavi agregat kalcita i sericita. Utrusci piroksena su svježi. Osnova je izgrađena iz kratkoštapićastih, dobrim dijelom izmijenjenih plagioklasa. Između njih dolaze svježi pirokseni, njihovi relikti ili potpuno kloritizirana zrna. Značajno je obilato prisustvo opâkih minerala koji su u obliku sitnih, nepravilnih zrna, jednoliko raspršeni unutar osnove.

### Spiliti

Spilit potoka Ciganovca (uz. 19) pokazuju subofitsko-intergranularnu porfiroidnu strukturu. Veća zrna albita puna su agregiranog, mikro do kriptokristalastog zrnja (coisit?), koje se uz dane uvjete nije moglo sigurno identificirati. Kalcita ima vrlo malo. Međusobno isprepleteni štapići kiselih plagioklasa, odnosno albita, također u manjoj mjeri sadrže iste, sitne inkluzije. Između tih štapića dolaze ili svježi pirokseni, ili sitnolistićavi klorit, i to u podjednako količini. Opâkih minerala ima relativno mnogo, a s njima ponekad se javlja i leukoksen. Dimenzijama su oni gotovo jednaki piroksenima.

Spilit Toplice (uz. 18) uz gotovo istovjetne strukturne karakteristike pokazuje stanovitne mineraloške razlike. To se posebno odnosi na vrstu piroksena i njegov smanjeni udjel u odnosu na prethodni uzorak. Isto tako smanjen je i udjel klorita. Veća zrna i štapići albita i u ovoj su stijeni ispunjeni sitnim, neidentificiranim zrnjem. Neka su pak zrna albita ispunjena agregatom kalcita i sericita. Opâki minerali dolaze u približno istoj količini kao i u gore opisanom uzorku.

#### Keratofir

U istraženom terenu nađena je samo jedna pojava keratofira, i to u donjem toku potoka Ciganovca (uz. 20). Struktura ove stijene je porfirna s rijetkim fenokristalima albita sastava 0—4% an. Kao i kod ranije opisanih spilita, i ovdje su albiti puni uklopaka koji se nisu dali odrediti. Osnova je subofitsko-intergranularna, pretežno izgrađena iz kratkoštapićastih albita koji su također prepuni uklopaka. Između štapića albita u podređenoj količini dolazi zeleni klorit, a rijetko i relikti monoklinskih piroksena. U manjoj mjeri javlja se i kalcit, uglavnom u osnovi. Količina opâkih minerala bitno je smanjena u odnosu na sve ranije opisane uzorke, dok je količina kvarca veća nego kod svih stijena koje ga sadrže i iznosi oko 8 vol. %. Prema modalnom mineralnom sastavu, odnosno volumnom udjelu pojedinih prisutnih minerala u stijeni, ovaj keratofir je tipična leukokratska stijena.

#### DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Na temelju mineralnog sastava i fiziografskih osobina stijena, njihovih kemijskih analiza (tab. II), podataka izvedenih petrološkim preračunavanjima kemijskih analiza (tab. III i IV), kao i sumarnih podataka prikazanih u odgovarajućim dijagramima, može se reći da većina istraženih stijena pripada bazaltima. Pored običnih bazalta treba istaknuti pojave olivinskih bazalta koje do sad uopće nisu registrirane u zapadnom dijelu Papuka. Manji dio stijena pripada andezitima, s napomenom da neke stijene koje su svrstane u grupu bazalta pokazuju prelazne, bazaltsko-andezitske osobine, ali ipak s naglašenijim osobinama bazalta (sl. 1 i 2, tipovi magmi u tab. IV). Pored ovih stijena dvije pripadaju spilitima i jedna keratofiru. Odmah treba reći i to, da ovi efuzivi, ne računajući spilita i keratofire, pripadaju toleitskoj seriji stijena.

Odnose nekih izdanaka efuziva s okolnim stijenama nije bilo moguće utvrditi. Naime, zbog prekrivenih kontakata na tim mjestima, nije se bilo u mogućnosti odrediti da li se zaista radi o probojima efuzivnih stijena, ili je njihov odnos sa susjednim stijenama možda neke drukčije naravi. Tamo gdje su kontakti otkriveni jasno se vidi da se neke efuzivne stijene, a posebno bazalti i andeziti, javljaju u formi žila debelih 2—3 m, najviše do 6 m. Po svemu sudeći nije došlo do kontaktnih promjena u stijenama kroz koje su vršeni proboji. Unutar žila nema značajnih diferencijacija. Jedine razlike su u većem stupnju kristaliniteta, odnosno većim dimenzijama mineralnih individuuma u uzorcima bliže sredini žile. Način pojavljivanja efuziva i fiziografske osobine njihovih uzoraka ukazuju da su ove stijene nastale kristalizacijom u subvulkanskom nivou.

U istraženom terenu efuzivne stijene su nađene u stijenama različite starosti: paleozojskim granitima i gnajsovima, permo-trijaskim pješčenjacima i dolomitima srednjeg trijasa.

Dolomiti srednjeg trijasa najmlađe su stijene koje su nedvojbeno probijene s ovdje opisanim efuzivima, pa se na temelju terenskih dokaza jedino može zaključiti da je do efuzijâ došlo poslije srednjeg trijasa. Međutim, terenskim istraživanjima ekipe Geološkog zavoda iz Zagreba, utvrđeno je da su bazalti u okolici Voćina helvetske starosti (Jamčić, usmeno saopćenje). Oni pokazuju istovjetne fiziografske osobine s u ovom radu istraženim bazaltima (Vragović, usmeno saopćenje). Dakle, postoje razlozi, pored ostalog i zbog relativne blizine Voćina, makar nema neposrednih terenskih, a ni drugih dokaza za to, da barem olivinske bazalte, bazalte i andezite istraženog područja smatramo mlađim, najvjerojatnije neogenskim (miocenskim?) efuzivima. U potoku Skoblaru postoje dvije žile bazalta koje se međusobno presjecaju, i to navodi na zaključak da su se efuzije odigravale sukcesivno. Kao daljnji dokaz u prilog ovom zaključku može poslužiti i greda iz gornjeg toka Ciganovca koja je izgrađena iz bazalta i andezita. Možda se, sudeći po ovim pojavama, efuzivna aktivnost tokom neogena ipak odvijala kroz duži vremenski period.

Pitanje starosti i geneze alkalijama bogatih stijena, tj. spilita i keratofira, u istraženom području ostaje narazjašnjen problem. Mala je vjerojatnost da bi te stijene mogle biti na bilo koji način povezane s efuzijama mladih toleitskih bazalta. Spiliti i keratofiri mogli bi pripadati dijabaz-spilit-keratofir-kvarceratofirskoj seriji čija je jedna sekvenca razvijena kod efuzivnih stijena iz okolice Voćina, odnosno potpuna u Požeškoj gori. Zbog toga spilite i keratofire treba promatrati izdvojeno od ostalih ovdje istraženih stijena, makar su zbog usporedbe zajedno prikazani u dijagramima.

Ovdje treba spomenuti da su u svim dijagramima koji slijede korištene vrijednosti dobijene preračunavanjem kemijskih analiza po slijedećem principu: sadržaj  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  korigira se prema Irvineu i Baragaru (1971),  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$  oduzmu se i analiza preračuna na 100,00%. U dijagramima je ukupno željezo izraženo kao  $\text{FeO}$  i označeno  $\text{FeO}^*$  ( $\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0,9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Smatra se naime, da podaci kemijskih analiza prikazani na ovakav način, vjernije odražavaju odnose u trenutku nastajanja stijena.

Dijagram ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) —  $\text{SiO}_2$  po Macdonaldu i Katsurai (1964), koji je gotovo općeprihvaćen, a pomoću kojeg se razdvaja alkaljska od subalkaljske, odnosno nealkaljske serije stijena, prikazan je u sl. 3. U ovom dijagramu većina stijena se nalazi u subalkaljskom polju. Pripadnost subalkaljskoj seriji međutim nije oštro izražena, jer se dio figurativnih točaka stijena projicira na samoj granici, a neke u alkaljskom polju.

( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) —  $\text{SiO}_2$  dijagram prema Kunou (1968), koji je prikazan u sl. 4, također pokazuje da većina stijena pripada subalkaljskoj seriji, odnosno stijene se pretežno grupiraju u polju visokoaluminijskih bazalta («high-alumina basalts»). Kemijske analize pokazuju povišen sadržaj  $\text{Al}_2\text{O}_3$  u bazaltima, a u preračunatim analizama taj je sadržaj daleko veći od 16,5%, što je vrijednost iznad koje ih Kunou klasificira kao visokoaluminijske bazalte. Pitanje je međutim, da li visokoaluminijske bazalte treba smatrati posebnom, izdvojenom grupom. Prema Yoderu i Til-

Tabela II: Kemijske analize\* i indeks diferencijacije stijena  
Table II: Chemical analyses\* and differentiation index of the rocks

Br.	Oznaka	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Σ	T.T.-D.I.
1	3/1	45,15	1,28	15,32	2,23	7,27	0,11	9,85	9,36	2,27	0,39	0,14	2,44	4,40	100,21	21,5
2	DV-4	45,92	1,36	14,97	3,22	7,16	0,10	11,20	8,51	2,06	0,25	0,14	0,75	4,43	100,07	18,9
3	4/3	43,92	0,92	11,78	1,68	8,97	0,14	19,82	7,16	1,72	0,21	0,09	0,33	3,49	100,23	15,8
4	Š-4	47,60	1,88	15,29	2,43	8,71	0,16	5,73	7,15	2,76	0,43	0,31	3,27	4,63	100,35	36,5
5	Š-1	45,19	1,66	17,74	0,80	8,90	0,10	5,95	11,55	2,77	0,21	0,16	2,05	3,14	100,22	24,6
6	RČ-2	47,41	1,57	17,08	1,86	8,37	0,13	6,70	10,06	2,88	0,57	0,19	0,42	2,82	100,06	27,7
7	SK-1A	48,31	1,45	16,83	1,59	6,63	0,10	4,38	12,05	3,15	0,30	0,20	2,78	2,49	100,26	31,2
8	Š-4A	48,16	1,84	15,28	1,54	6,74	0,13	4,93	11,49	3,16	0,86	0,31	3,74	2,25	100,43	34,9
9a	2/2A	47,32	2,84	16,26	4,67	7,10	0,16	4,62	6,88	3,79	0,26	0,61	2,43	3,89	100,83	42,1
9b	2/3B	49,16	2,79	14,85	3,13	8,65	0,16	4,27	6,14	3,53	0,33	0,56	2,71	4,03	100,31	44,4
10	4/8B	47,55	1,73	16,79	3,39	5,16	0,13	5,25	9,97	3,47	0,51	0,25	3,04	3,12	100,36	35,6
11	RČ-B	50,79	1,96	16,85	2,21	6,55	0,12	3,50	7,44	3,74	1,22	0,39	2,65	2,75	100,17	47,1
12	RČ-4	49,80	1,72	17,87	1,40	6,56	0,10	4,43	8,36	3,70	1,77	0,27	1,31	2,60	99,98	41,8
13	DV-3	48,35	1,71	17,37	1,79	6,38	0,09	5,90	9,90	2,94	0,89	0,23	1,79	2,83	100,17	31,0
14	Š-6	46,25	1,43	17,99	3,31	6,66	0,11	8,41	9,40	2,51	0,22	0,13	0,13	3,61	100,16	22,5
15	4/4	50,11	2,21	16,73	2,99	7,13	0,10	4,67	7,37	4,04	0,61	0,35	0,86	2,93	100,10	40,0
16a	C-A	56,33	1,29	16,06	4,60	5,35	0,11	2,64	3,38	6,55	1,00	0,43	0,06	1,97	99,77	64,7
16b	DC-4	54,52	1,54	16,18	4,24	6,02	0,16	2,84	5,55	5,70	0,65	0,49	0,19	1,87	99,95	55,7
16c	C-B	54,88	1,45	16,01	5,16	5,36	0,12	2,93	4,82	5,65	0,77	0,48	0,04	2,07	99,74	57,8
17	RČ-A	55,17	1,16	17,42	1,59	5,18	0,11	3,38	6,54	4,61	1,37	0,23	1,07	2,28	100,11	52,0
18	DV-6	49,02	1,87	17,17	2,10	6,55	0,09	5,69	6,90	4,64	1,20	0,24	1,30	3,28	100,05	46,3
19	4/8A	48,06	1,78	16,67	1,48	7,84	0,11	5,80	8,90	4,25	0,74	0,24	0,85	3,47	100,19	39,4
20	4/8	56,48	1,54	16,86	1,91	5,75	0,12	2,37	3,79	6,07	1,46	0,45	0,67	2,40	99,87	64,1

\* Kemizam stijena istražen je kombiniranim metodama nakon sušenja praškastih uzoraka na 105 °C, i to:

- H<sub>2</sub>O je određena gravimetrijskom, Penfieldovom metodom,
- C volumetrijski na instrumentu koji inače služi za analizu količine ugljika u čeliku,
- Fe<sup>3+</sup> oksidometrijskom vanadat metodom po Petersu (1968),
- Na i Mg metodom atomsko-apsorpcijske spektrofotometrije,
- Fe<sub>ukupno</sub> (kao Fe<sup>3+</sup>), Ti, Ca, K, Si, Al, Mn i P određeni su metodom rendgensko-fluorescentne analize.

\* Rocks chemistry have been examined through the application of combined methods after drying of powdered samples at 105 °C, i. e.:

- H<sub>2</sub>O using Penfield's gravimetric method,
- C using the volumetric method on an instrument which otherwise serves for analysing the carbon content in steel,
- Fe<sup>3+</sup> using Peters' (1968) oxidimetric vanadate method,
- Na and Mg using the AAS method,
- Fe<sub>tot.</sub> (as Fe<sup>3+</sup>), Ti, Ca, K, Si, Al, Mn and P using the XRF method.

	Q	C	Or	Ab	An	Ne	Di	Hy	Ap	Cc	Sal.	Fem.	Ol	Mt	Il
1	—	0,1	2,3	19,2	30,0	—	—	28,4	4,1	3,2	2,4	0,3	5,5	51,6	43,9
2	—	—	1,5	17,4	30,8	—	4,6	26,7	5,3	4,7	2,6	0,3	1,7	49,7	45,9
3	—	—	1,2	14,5	23,8	—	7,3	7,0	37,7	2,4	1,7	0,2	0,8	39,5	57,1
4	10,7	5,6	2,5	23,3	12,7	—	—	25,3	—	3,5	3,6	0,7	7,4	54,8	40,5
5	—	—	1,2	23,4	35,3	—	6,5	11,3	9,8	1,2	3,2	0,4	4,7	59,9	37,1
6	—	—	3,4	24,4	32,0	—	11,5	9,3	9,7	2,7	3,0	0,5	1,0	59,8	37,7
7	2,9	—	1,8	26,6	30,8	—	8,2	15,5	—	2,3	2,8	0,5	6,3	62,1	35,6
8	3,2	—	5,1	26,6	24,9	—	5,2	18,0	—	2,2	3,5	0,7	8,5	59,9	38,1
9a	8,8	4,3	1,5	31,8	14,7	—	—	16,2	—	6,7	5,4	1,4	5,5	61,1	35,2
9b	12,7	5,1	1,9	29,8	9,6	—	—	19,6	—	4,5	5,3	1,3	6,1	59,1	36,8
10	3,4	0,1	3,0	29,3	28,5	—	—	17,0	—	4,9	3,3	0,6	6,9	64,3	32,7
11	8,3	2,9	7,2	31,6	17,6	—	—	15,9	—	3,2	3,7	0,9	6,0	67,6	29,7
12	—	—	10,5	31,3	26,9	—	3,7	11,9	4,2	2,0	3,3	0,6	3,0	68,7	28,7
13	0,9	—	5,3	24,8	31,5	—	3,8	20,4	—	2,6	3,2	0,5	4,1	62,5	34,6
14	—	—	1,3	21,2	31,7	—	6,3	15,3	7,2	4,8	2,7	0,3	0,3	59,6	36,9
15	2,3	—	3,6	34,2	25,7	—	2,6	17,6	—	4,3	4,2	0,8	2,0	65,8	31,5
16a	3,2	—	5,9	55,6	11,5	—	1,7	9,9	—	6,7	2,5	1,0	0,1	76,2	21,9
16b	3,6	—	3,8	48,3	16,7	—	5,3	9,8	—	6,2	2,9	1,2	0,4	72,4	25,8
16c	5,3	—	4,6	47,9	16,1	—	3,7	9,0	—	7,5	2,8	1,1	0,1	73,9	24,2
17	5,0	—	8,1	39,0	22,8	—	1,1	14,3	—	2,3	2,2	0,5	2,4	74,9	22,8
18	—	—	7,1	39,2	22,5	—	1,6	4,3	12,0	3,0	3,6	0,6	3,0	68,8	28,1
19	—	—	4,4	34,0	24,2	1,0	10,6	—	14,4	2,1	3,4	0,6	1,9	63,6	33,0
20	4,0	1,0	8,6	51,4	11,6	—	—	12,6	—	2,8	2,9	1,1	1,5	76,6	20,9

\* Petrokemijska preračunavanja kemijskih analiza koja su prikazana u ovoj tabeli i tabeli IV izvršena su u Sveučilišnom računskom centru u Zagrebu (SRCE) prema odgovarajućem programu.

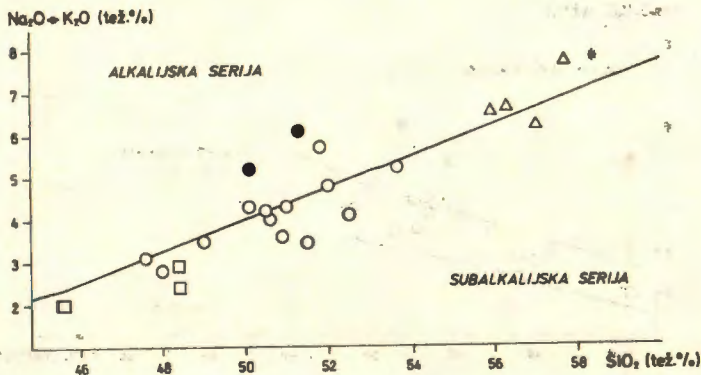
\* Petrochemical recomputation of the chemical analyses which are shown in this table and in table IV were computed at the University Computer Center in Zagreb (SRCE).



Lugović: Efuzivne stijene Papuka

Tabela IV: Nigglijeve vrijednosti, tipovi (i grupe) magmi  
Table IV: Niggli's values, types (and groups) of magmas

	si	al	fm	c	alk	k	mg	qz	Tip (i grupa) magme
1	102	20,5	51,2	22,8	5,5	0,10	0,65	—20	normalnogabroidska (gabroidska)
2	101	19,5	55,6	20,1	4,8	0,07	0,66	—18	eukritska (gabroidska)
3	80	12,7	70,1	14,0	3,2	0,07	0,77	—33	hornblenda-peridotitska (hornblenditska)
4	127	24,1	47,5	20,5	7,9	0,09	0,48	— 4	normalnogabrodioritska (gabrodioritska)
5	106	24,5	39,9	29,0	6,6	0,05	0,52	—20	miharaitska (gabroidska)
6	112	23,7	43,5	25,4	7,4	0,12	0,54	—18	c-gabroidska (gabroidska)
7	123	25,2	33,9	32,7	8,2	0,06	0,49	—10	turjaitgabroidska (teralitgabroidska)
8	123	23,0	36,4	31,4	9,2	0,15	0,52	—14	turjaitgabroidska (teralitgabroidska)
9a	127	25,7	44,2	19,8	10,3	0,04	0,42	—14	normalnogabrodioritska (gabrodioritska)
9b	140	25,0	45,9	18,8	10,3	0,06	0,40	— 1	normalnogabrodioritska (gabrodioritska)
10	122	25,3	37,9	27,3	9,5	0,09	0,53	—16	leukomiharaitska (leukogabroidska)
11	146	28,6	35,8	22,9	12,7	0,18	0,42	— 5	normalnodioritska (dioritska)
12	133	28,1	35,5	23,9	12,5	0,24	0,50	—18	normalnodioritska (dioritska)
13	121	25,7	39,1	26,6	8,6	0,17	0,57	—13	leukomiharaitske (leukogabroidska)
14	105	24,1	47,1	22,9	5,9	0,05	0,61	—18	normalnogabroidska (gabroidska)
15	134	26,4	40,9	21,2	11,5	0,09	0,46	—12	orbitska (dioritska)
16a	176	29,6	37,3	11,3	21,8	0,09	0,33	—11	melakvarcdioritska (kvarcdioritska)
16b	160	28,0	37,0	17,5	17,5	0,07	0,34	—10	normalnodioritska (dioritska)
16c	164	28,3	38,4	15,4	17,9	0,08	0,34	— 7	melakvarcdioritska (kvarcdioritska)
17	166	30,9	32,0	21,0	16,1	0,16	0,47	+ 2	normalnodioritska (dioritska)
18	128	26,4	40,7	19,2	13,7	0,15	0,54	—27	lamprodioritska (dioritska)
19	119	24,3	40,7	23,6	11,4	0,10	0,53	—26	normalnogabrodioritska (gabrodioritska)
20	184	32,4	32,2	13,2	22,2	0,14	0,36	— 5	normalnokvarcdioritska (kvarcdioritska)



Sl. 3.  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$  dijagram prema vrijednostima iz kemijskih analiza pre-računatih bez  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$ . Granica je između alkalijske i subalkalijske serije (alkalij-skih i toleitijskih bazalta Havaja) po Macdonaldu i Katsurai (1964).

Fig. 3.  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$  diagram according to values from chemical analyses recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  free basis. The boundary line between alkali and subalkali field after Macdonald and Katsura (1964).

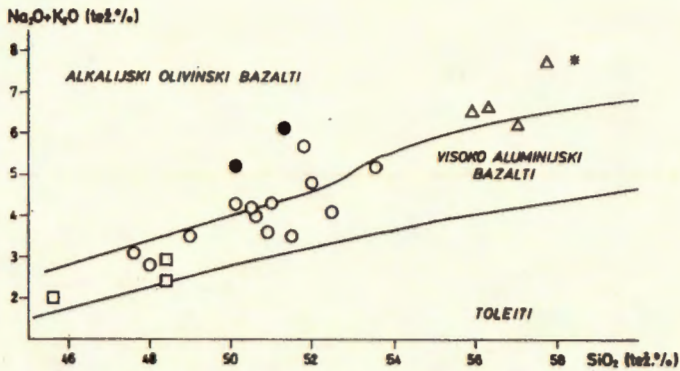
Legenda — Symbols:

- — olivinski bazalti — olivine basalts
- — bazalti — basalts
- △ — andeziti — andesites
- — spiliti — spilites
- \* — keratofir — keratophyre

Napomena: u svim daljnjim dijagramima legenda je ista kao i u sl. 3.  
Notice: in all following diagrams the symbols are the same as in fig. 3.

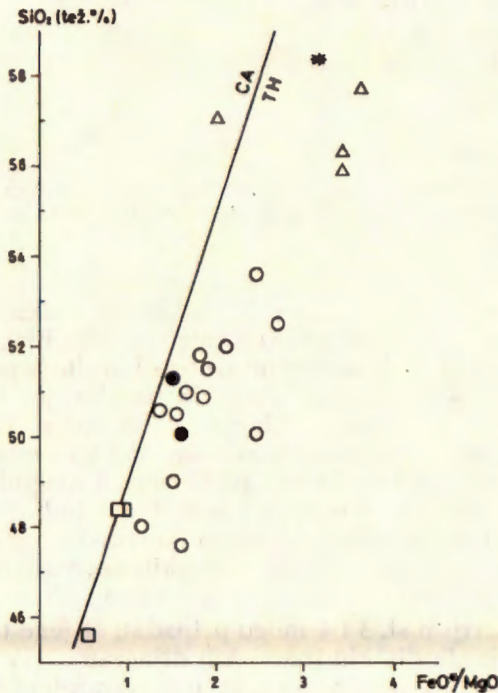
Ieyu (1962) ovakvi bazalti su članovi i toleitijske i alkalijske grupe stije-na, a prema Miyashirou (1975) i kalcijsko-alkalijske grupe. Miyashiro (1975, str. 329) čak uopće ne tretira bazalte s povišenim sadržajem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pod imenom visokoaluminijjskih bazalta, jer kako on kaže »it tends to obscure the rock series relations«. Bazalti s visokim sadržajem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mogli bi se prema ovim autorima shvatiti kao relativno leukokrat-ski produkti jednog od tri osnovna tipa bazaltnih magmi, što s bazaltima koji su istraženi u sklopu ovog rada i jest slučaj (tab. III, omjer salskih i femskih minerala). Za bazalte, uključivši i olivinske bazalte, a prema pre-računatim analizama, omjer salskih i femskih normativnih minerala kre-će se približno od 41:59 do 72:28, ali je pretežno veći od 60:40.

Subalkalijs koj seriji u sl. 3 i 4 mogu pripadati stijene toleitijske i kalcij-sko-alkalijske serije. Iz diskriminacijskih dijagrama po Miyashirou (1975), koji su prikazani u sl. 5, 6 i 7, tj. u dijagramima  $\text{SiO}_2$ , zatim  $\text{FeO}^*$  i  $\text{TiO}_2$  u odnosu na  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ , jasno se vidi da ovi bazalti, i ne samo oni, padaju u polje toleitiita (sl. 4), čak dijelom i tipičnih abisalnih toleitiita (stije-ne s oceanskih grebena; sl. 7), a samo dijelom prelaze u polje kalcijsko-alkalijske serije (sl. 6). Treba istaći da ovi Miyashiroovi dijagrami uopće ne pružaju mogućnost razlikovanja alkalijskih od ukupno nealkalijskih stijenja, već ističu samo razlike između toleitijske i kalcijsko-alkalijske grupe stijenja.



Sl. 4.  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$  dijagram (Kuno, 1968). Podaci su iz kemijskih analiza preračunatih bez  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$ .

Fig. 4.  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$  diagram (Kuno, 1968). Values are given according chemical analyses recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  free basis.



Sl. 5.  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$  dijagram (Miyashiro, 1975). Podaci su iz kemijskih analiza preračunatih bez  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$ .

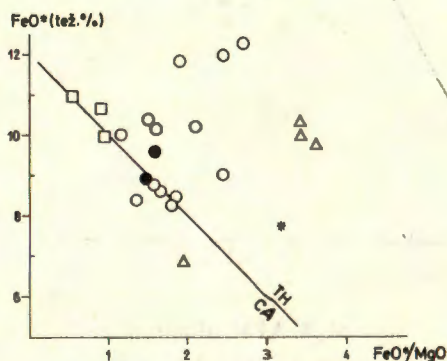
CA = kalcijsko-alkalijskih serija, TH = toleitijska serija,  $\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0,9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Fig. 5.  $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^*/\text{MgO}$  diagram (Miyashiro, 1975). Values are given from analyses recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  free basis.

CA = calc-alkali rock series, TH = tholeiitic rock series,  $\text{FeO}^* = \text{FeO} + 0,9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

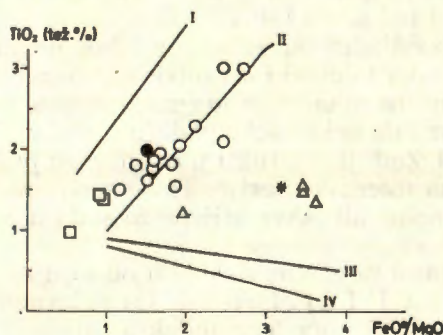
Kao daljnji dokaz da stijene pripadaju toleitijskoj seriji može poslužiti i AFM dijagram (sl. 8). Dio krivulje za rane kristalizacijske produkte, koji u ovom slučaju odgovara dijelu krivulje koju grade olivinski bazalti, pokazuje trend paralelan s  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  stranicom trokuta. Prema Wageru i Deeru (1939) to je odlika toleitijske serije. Ujedno, opći trend krivulje u ovom dijagramu tipičan je za vulkanske stijene toleitijske serije (Irvine i Baragar, 1971). Sličan trend ima i krivulja u ACM dijagramu u sl. 9.

Sumirajući zaključke koji su proizašli iz navedenih dijagrama, može se sad reći da olivinski bazalti, bazalti i andeziti pripadaju toleitijskoj seriji s vrlo slabom alkalijskom tendencijom. U prilog ovom zaključku go-



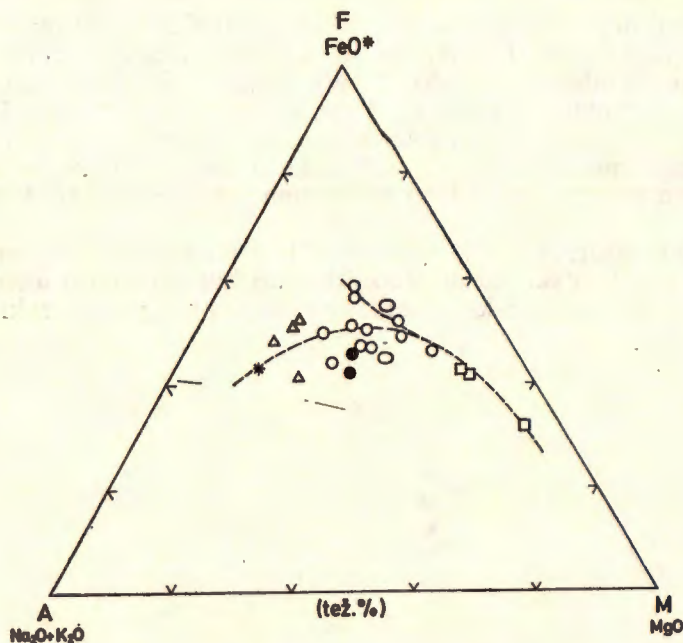
Sl. 6.  $\text{FeO}^*$  —  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  dijagram (Miyashiro, 1975). Podaci su iz kemijskih analiza preračunatih bez  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$ . CA, TH i  $\text{FeO}^*$  imaju isto značenje kao i u sl. 5.

Fig. 6.  $\text{FeO}^*$  —  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  diagram (Miyashiro, 1975). Values are given from analyses recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  free basis. CA, TH and  $\text{FeO}^*$  have the same meanings as in fig. 5.



Sl. 7.  $\text{TiO}_2$  —  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  dijagram (Miyashiro, 1975). Podaci su iz kemijskih analiza preračunatih bez  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CO}_2$ . I (Kilauea) i II (abisalni toleiti) pripadaju toleitijskoj seriji dok III (Asama) i IV (Amagi) pripadaju kalcijско-alkalijskoj seriji.

Fig. 7.  $\text{TiO}_2$  —  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  diagram (Miyashiro, 1975). Values are given from chemical analyses recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  free basis. I (Kilauea) and II (abyssal tholeiite) belong to the tholeiitic series whilst III (Asama) and IV (Amagi) belong to the calc-alkali series.



Sl. 8. AFM dijagram.

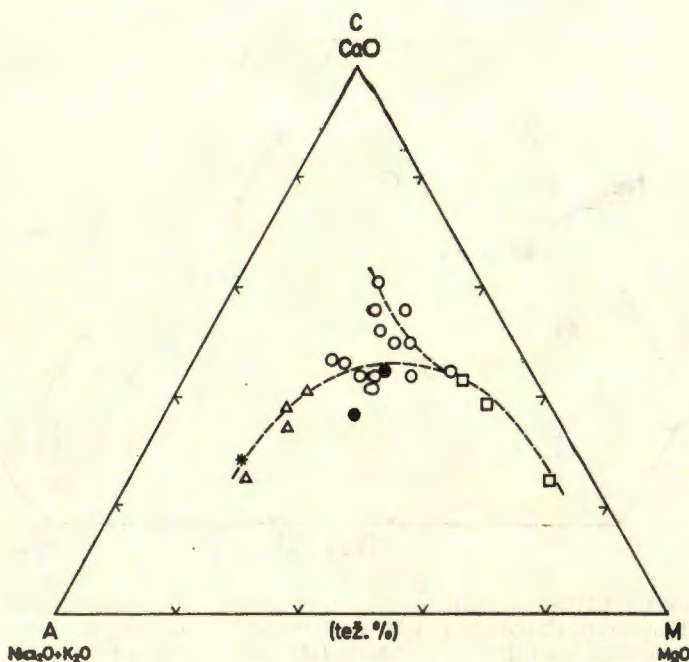
Fig. 8. AFM diagram.

vore još i daljnje karakteristike. U mineralnom sastavu svih bazalta i andezita nema niti feldspatoida, kakav je slučaj kod izrazitih alkalijskih stijena, a niti alkalijskih feldspata. Pored toga, u normativnom mineralnom sastavu nema normativnog nefelina, izuzev u jednom slučaju, u preračunatim analizama, ali i tad samo 1,4%.

Iz sl. 10 može se zaključiti da je sastav ishodnih magmi koje su dale ove stijene bio olivinsko toleitijski do olivinsko bazaltni. Vrlo blago alkalijske osobine ovih, u biti toleitijskih magmi, izražene su i u ovom dijagramu, što se vidi po tome da neke točke padaju u trokut O1—Di—Ne ili vrlo blizu ravnine O1—Di. Zadnji produkti u ovom nizu predstavljeni su andezitima kao članovima toleitijske serije. Ta se serija može teoretski nastaviti i dalje, sve do dacita, ali takve stijene za sada u ovom području nisu nađene.

Varijacijski dijagrami za glavne okside u odnosu na indeks diferencijacije po Thornton i Tuttleu (sl. 11) uglavnom pokazuju uobičajene razvojne trendove. S porastom indeksa diferencijacije od 16,4 kod olivinskog bazalta Ciganovca do 64,0 kod andezita s ruba grede u Ciganovcu, odnosno 64,5 kod keratofira, krivulje varijacije za 8 glavnih oksida, prema preračunatim kemijskim analizama, pokazuju ove osobine:

— količine  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  i  $\text{K}_2\text{O}$  progresivno rastu s porastom indeksa diferencijacije:  $\text{SiO}_2$  od 45,55% u olivinskim bazaltima do 57,74% u andezitima, odnosno 58,35% u keratofiru;  $\text{Na}_2\text{O}$  od 1,78% do 6,71%;  $\text{K}_2\text{O}$  od 0,22% do 1,84%.



Sl. 9. ACM dijagram.

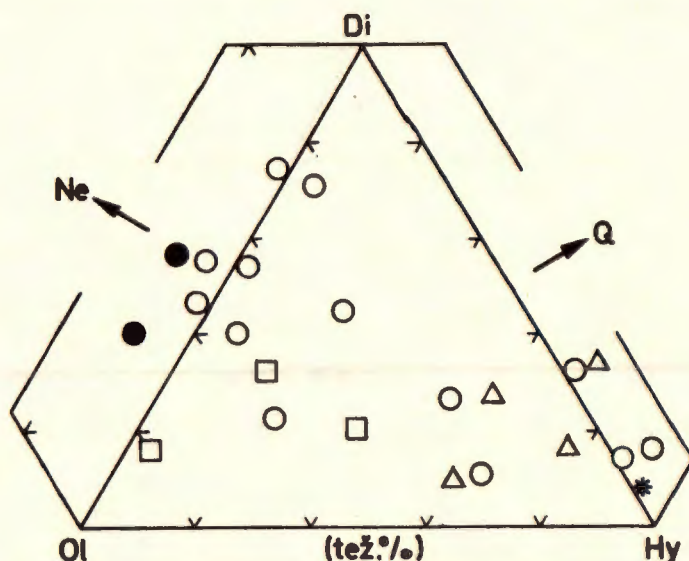
Fig. 9. ACM diagram.

— krivulja varijacije za MgO pokazuje strm pad s porastom indeksa diferencijacije. Sadržaj MgO varira od 20,56% do 2,45%,

— porastom indeksa diferencijacije sadržaj  $Al_2O_3$  i  $FeO^*$  blago opada. Značajno je raspršenje figurativnih točaka, posebno za  $FeO^*$ . Sadržaj  $Al_2O_3$  koleba od 18,67% do 12,22%, a  $FeO^*$  od 12,27% do 6,83%, odnosno za  $Fe_2O_3$  4,58—0,84% i za  $FeO$  9,42—5,35%,

— udio  $TiO_2$  varira od 0,96% u olivinskim bazaltima do 3,01% u bazaltima i 1,20% u andezitima.

Pored ovog treba istaći i neke specifičnosti. To se odnosi na krivulju varijacije za CaO, čiji oblik možemo objasniti prisustvom veće količine olivina u nekim bazaltima, a naročito u olivinskom bazaltu potoka Ciganovca u kojem je 30 volumnih postotaka olivina. Ujedno, ovakav oblik krivulje za CaO može poslužiti kao još jedan dokaz za toleitsku pripadnost ovih stijena. Naime, uslijed reakcijskog odnosa olivina i piroksena u toleitskim taljevinama, rani kristalizacijski produkti imaju smanjen sadržaj CaO, odnosno ostatak taljevine pogresivno se obogaćuje kalcijem, naravno do određenog stadijuma. U toj fazi sastav taljevine je vjerojatno takav da se olivin ne može više izdvajati. Plagioklas i piroksen su u kotetičkom odnosu što za posljedicu ima to da postupno nastaju stijene sa sve manje CaO. Olivinski bazalt Ciganovca također odstupa od krivulje varijacije za  $Al_2O_3$  i MgO. Postotak  $Al_2O_3$  je manji — 12,22%, a



Sl. 10. Projekcija CIPW normativnog sastava stijena u diopsid-nefelin-olivina-hipersten-kvarc dijagramu (Yoder i Tilley, 1962). Normativni sastav dobijen je iz preračunatih analiza u kojima je ukupno željezo izraženo kao  $\text{FeO}^*$ .

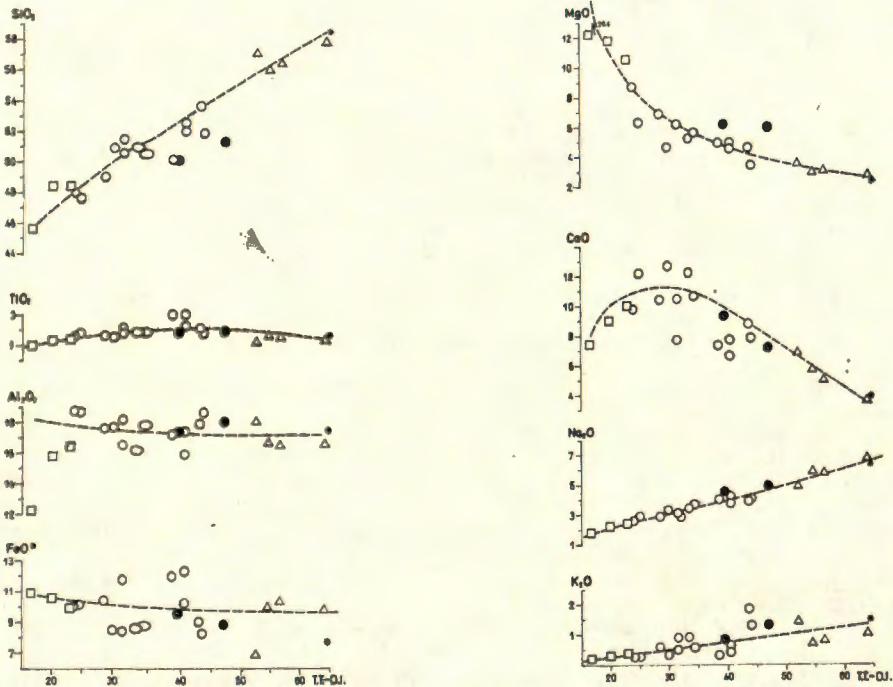
Fig. 10. CIPW norm of the rocks, according to the recalculated chemical analyses in which total iron is expressed as  $\text{FeO}^*$ , are plotted in the diopside-nepheline-olivine-hyperstene-quartz diagram (Yoder and Tilley, 1962).

sadržaj  $\text{MgO}$  je veoma visok — 20,56%, što su, promatrano u odnosu na ostale stijene, velike razlike. Ove osobine, zajedno s fiziografskim svojstvima, daju ovoj stijeni djelomice pikritske karakteristike.

Prema Yoderu i Tilleyu (1962), Yoderu (1976) i Greenu (1968 i 1970), da nabrojimo samo neke istraživače, može se smatrati da bazaltne magme nastaju parcijalnim taljenjem zemljinog omotača ili dubljih dijelova njene kore. Ovo mišljenje potkrijepljeno je rezultatima istraživanja i mnogih drugih istraživača, kao i seizmičkim podacima. Razlog, mjesto i način stvaranja tih taljevina kao i mehanizam njihova smještanja u litosferu, dakle, teoretski je dobro poznat. Zbog pomanjkanja raznovrsnih analitičkih podataka u ovom radu, nisu se mogli donijeti konkretni zaključci u tom smislu. Ujedno, istraženo područje geografski je isuviše ograničeno da bi se na temelju ovdje iznesenih zaključaka mogli donositi neki opći i konačni zaključci o mladoj efuzivnoj aktivnosti u čitavoj Slavoniji.

#### ZAHVALE

Kemijske su analize izrađene u Mineraloško-petrografskom institutu Tehničkog univerziteta u Braunschweigu, BRD. Veliku zahvalnost autor duguje dr E. Seidelu za uvođenje u tehniku metoda istraživanja mi-



Sl. 11. Dijagram varijacije glavnih oksida u zavisnosti od T.T.-D.I. (Thornton-Tuttleov indeks diferencijacije). Svi su podaci iz preračunatih kemijskih analiza.

Fig. 11. Variation diagram of main oxides according to the recalculated chemical analyses depending on T.T.-D.I. (Thornton-Tuttle's differentiation index).

nerala i stijena i dugotrajne, korisne diskusije, a isto tako i Ottou Ewaldu za neposrednu pomoć pri izradi analiza. Boravak u Braunschweigu kao i terenska istraživanja omogućeni su zahvaljujući financijskoj pomoći Republičke zajednice za znanost SR Hrvatske (SIZ—III). Za poticaj, korisne sugestije tokom izrade ovog rada i za kritički pregled rukopisa, autor se zahvaljuje dr M. Vragoviću i dr V. Majeru. Tehničkom osoblju Zavoda za mineralogiju, petrologiju i ekonomsku geologiju RGN fakulteta u Zagrebu hvala za pomoć pri izradi preparata i opremi rada.

Primljeno: 21. 6. 1982.

#### LITERATURA

- Barić, Lj., Crnković, B. i Vragović, M. (1970): Vodič mineraloško-petrografske ekskurzije. — VII Kongres geologa SFRJ, 1—27, Zagreb.
- Golub, Lj. (1957): Bazalt-andezit kod Popovca u Baranji. — *Geol. vjesnik*, 10, 111—122, Zagreb.
- Golub, Lj. i Marić, L. (1968): Kvarcni trahandezit s Lončarskog visa (Krnjija). — *Geol. vjesnik*, 21, 255—271, Zagreb.



- Green, D. H. (1968): Origin of basaltic magmas. U: Hess, H. H. i Poldervaart, A. (Ed.): Basalts, 2. — Intersci. Publ., New York, 835—862.
- Green, D. H. (1970): A review of experimental evidence on the origin of basaltic and nephelinitic magmas. — Phys. Earth Planet. Interiors, 3, 221—235, North-Holl. Publ. Comp., Amsterdam.
- Irvine, T. N. i Baragar, W. R. A. (1971): A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. — *Canad. Jour. Earth Sci.*, 8, 523—548.
- Jamičić, D. (1979): Prilog poznavanju tektonskih odnosa Papuka i Krndije. — *Radovi Znan. savjeta za naftu JAZU*, A/7, 199—206, Zagreb.
- Johannsen, A. (1937): A descriptive petrography of the igneous rocks, 3. The intermediate rocks. — Univ. Chicago Press, Chicago, 360 str.
- Kišpatić, M. (1887): Voćinski augitni andezit (trahit). — *Rad JAZU*, 83, 8, 179—185, Zagreb.
- Kišpatić, M. (1916): Eruptivgesteine des Krndija Gebirges. — *Glasnik hrv. prir. dr.*, 28, 65—79, Zagreb.
- Koch, F. (1919): Grundlinien der Geologie von West-Slavonien. — *Glasnik hrv. prir. dr.*, 31, 2, 217—236, Zagreb.
- Kuno, H. (1959): Origin of Cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas. — *Bull. Volcanol.*, 20, 37—76.
- Kuno, H. (1968): Differentiation of basaltic magmas. U: Hess, H. H. i Poldervaart, A. (Ed.): Basalts, 2. — Intersci. Publ., New York, 623—688.
- Macdonald, G. A. i Katsura, T. (1964): Chemical composition of Hawaiian lavas. — *Jour. Petrol.*, 5, 82—133.
- Majer, V. i Tajder, M. (1982): Osnovne karakteristike splitkeratofirnog magmatizma Slavonije. — *Acta geologica JAZU*, 46, 12/1, 1—22, Zagreb.
- Miyashiro, A. (1975): Volcanic rock series and tectonic setting. — *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 3, 251—269.
- Peters, A. (1968): Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Eisen (II) oxid in Mineralen und Gesteinen. — *N. Jb. Miner. Mh.*, 3/4, 119—125.
- Poljak, J. (1939): Izvještaj o geološkom snimanju lista Slatina—Voćin (1:25.000). — *Godišnjak Geol. inst. Kr. Jug. 1938*, 1, 89—92, Beograd.
- Streckeisen, A. (1978): Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks. — *N. Jb. Miner. Abh.*, 134, 1—14.
- Streckeisen, A. i Le Maitre, R. W. (1979): A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. — *N. Jb. Miner. Abh.*, 136, 169—206.
- Stur, D. (1861/62): Die neogen tertiären Ablagerungen von West Slavonien. — *Jahrb. Reichanst.*, 12, 285—299, Wien.
- Tajder, M. (1947): Albitski dolerit iz Nakop potoka u Požeškoj gori. — *Geol. vjesnik*, 1, 182—189, Zagreb.
- Tajder, M. (1956a): Albitski efuzivi iz okolica Voćina i njihova geneza. — *Acta geologica JAZU*, 1, 35—48, Zagreb.
- Tajder, M. (1956b): Albitski riolit od Blackog u Požeškoj gori. — *Geol. vjesnik*, 8—9, 191—196, Zagreb.
- Tajder, M. (1960): Anortoklasni egirinski riolit iz potoka Rupnice kod Voćina. — *Acta geologica JAZU*, 2, 29, 95—102, Zagreb.
- Tajder, M. (1970): Noviji pogledi sastava i geneze eruptiva i metamorfita Papučko-psunjskog gorja (Slavonija). — Zbornik radova I. znanstvenog sabora Slavonije i Baranje, 107—126, Osijek.
- Tučan, F. (1919): Sitan prinos poznavanju kristaliničnog kamenja Požeške gore. — *Glasnik hrv. prir. dr.*, 31, 98—105, Zagreb.
- Wager, L. R. i Deer, W. A. (1939): The petrology of the Skaergaard intrusion, Kangerdlugssuaq, East Greenland. — *Medd. Grönland*, 105, 4, 1—352.
- Williams, H., Turner, F. J. i Gilbert, C. M. (1958): Petrography. An introduction to the study of rocks in thin section. — Freeman, W. H. and Comp., San Francisco, 460 str.
- Yoder, H. S. Jr. (1976): Generation of basaltic magma. — *National Acad. Sci.*, Washington, 264 str.
- Yoder, H. S. Jr. i Tilley, C. E. (1962): Origin of basalt magmast and experimental study of natural and synthetic rock systems. — *Jour. Petrol.*, 3, 342—532.

## Extrusive rocks from the NW part of Mt. Papuk (Croatia, Yugoslavia)

B. Lugović

Extrusive activity in Slavonija, a region of Croatia, was manifold and well spread in area, and, as it seems, as well in time. The largest outcrops of extrusive rocks are found in the mountainous region of Slavonija i. e., in Mt. Papuk and Mt. Požeška gora, on the brims of the Panonian basin, between the Sava and Drava rivers.

In Mt. Papuk, smaller extrusive bodies intersect rocks of the Palaeozoic granite-metamorphic complex which, superficially, are mostly represented by various metamorphic rocks ranging from the chlorite to amphibolite facies. In fact, together with them are associated various varieties of granitoid rocks. Extrusive are also found within the sedimentary rocks of the Mesozoic age and partly within the sedimentary rocks of the Cainozoic age. With regards to extrusive rocks and their tuffs, the most renowned locality is found near Voćin which are the best described and analysed up to date. These various extrusive rocks include: andesites (augite-andesite, labradorite-augite andesite) as well as numerous quartz-keratophyre rocks, i. e., aegirine-albite-rhyolite, albite-rhyolite and anorthoclase-aegirine-rhyolite. Earlier geological reports place these rocks as being of the Post-Cretaceous to the Upper Miocene age.

In the nearby Mt. Požeška gora, extrusive rocks form a unique body covering approx. 25 km<sup>2</sup>, and which is surrounded by sedimentary rocks of the Cretaceous and Tertiary age. This body is predominantly composed of keratophyres, quartz-keratophyres, spilites and rarely of diabases and granophyres, consequently, very similar to the Triassic association of identical rocks of the Dinarides. Formerly, these rocks were designated as being of the Post-Cretaceous to the Upper-Miocene age. However, this body is most probably allochthonous and therefore the dispute as to its actual age is still an open question.

In Mt. Krndija we also find extrusives: quartz-basalts in other words quartz-trachyandesites. They can be found in similar geological relations as the ones from Mt. Papuk.

Additionally, there are further extrusive rocks to be found in the plains of Slavonija. They have been discovered during the drilling of deep wells in exploration of oil and gas. In Baranja we find basalt-andesites and it seems that they form a plate which is the base of the Baranja loess terrace.

This paper discusses rocks from an area which is approximately fifteen kilometers WNW from Voćin. Extrusive rocks from this area have been mentioned in earlier works as rare occurrences of andesites, but have not been analysed in detail. However, this work establishes that there can be no mention of rare occurrences for there are whole swarms of extrusives. Amongst them dominate the basalts, including rare occurrences of olivine-basalts, a smaller part belong to the andesites, whilst yet a lesser part belong to the spilites and keratophyres.

Basalts and andesites predominantly occur as dykes approximately 2 m thick, which intersect the massive rocks of the granite-metamorphic complex, sandstones and conglomerates of the Permo-Triassic age and the fissured dolomites of the Mid-Triassic age. Younger sedimentary rocks in this region do not exist. Contact metamorphic phenomena have not been found in surrounding rocks, but there should be no doubt as to their primary relations with these extrusives. Two occurrences of extrusives are of particular interest. One is a neck or small stock whose width is approximately 7 m and which penetrates the sandstones of the Permo-Triassic age. Predominantly it is built of andesites and to a smaller extent of basalts. The boundary between them is diffuse and obscure. The other occurrence includes two basalt dykes within granite-gneiss rocks which mutually intersect each other, and which, together with the aforementioned occurrence, distinctly substantiates that within one cycle of extrusive activity exist differing phases. Most of the basalt and andesite dykes steeply inclined towards the NNW and generally seems to follow the main younger tectonic strike patterns of Mt. Papuk. It must also be mentioned that the basalts and andesites also occur as irregular bodies.

Olivine basalts are found either as dykes associated with the basalt dykes or as spherical masses, whose radii are 30–80 cm. The latter relates to rocks very rich in the olivine content (tab. I, sample 3), which are found in the immediate vicinity of the basalt-andesite neck. The position of these rocks is unquestionably allochthonous.

Spilites and keratophyres appear as irregular bodies, and it is almost certain that their present position is not primary.

Criteria used in the classification of these rocks were basically their primary modal mineral content, total chemistry and, of course, texture which, as a rule, are porphyritic. Therefore:

- basalt: labradorite + clinopyroxene,
- olivine basalt: labradorite + clinopyroxene + olivine,
- andesite: andesine + clinopyroxene ( $\text{SiO}_2 > 53\%$ ).

Olivine basalts, basalts and andesites are plotted in the Q'-F'-ANOR diagram in fig. 1, and are found in the field of basalts and andesites. All olivine basalts and most basalts lie in the field (10b) or on the borders of that field, i. e., in the field of the most pronounced distribution of tholeiitic basalts. Correctness of applied classification criteria may be seen from fig. 2, where basalts and andesites are distinctly separated, bearing in mind that some basalts have transitional basalt-andesite characteristics, but till yet pronounced basalt characteristics.

Spilites are termed as rocks in which the essential minerals are albite, clinopyroxene and/or chlorite, whilst keratophyre is intermediary rock dominantly composed of albite.

Olivine basalts have a porphyritic texture with a subophitic-intergranular groundmass (sample 1 and 2), or a seriate texture (sample 3) in which certain grains of olivine reach 5 mm in radius. The primary minerals are olivine (15–20% fa in sample 3), labradorite and pale-pink titan-augite (see tab. I), followed by magnetite, ilmenite and apatite. The voluminal participation of certain minerals in these textural types vary greatly (see tab. in the text). These two textural types also vary in intensity as well as in the manner of alteration of their primary mineral content. In sample 1 and 2 olivine is practically entirely altered into chlorite and partly into talc, whilst in sample 3 is predominantly fresh and barely slightly serpentinized. In all three samples, only the interstitial pyroxenes are partly chloritized, whilst the larger grains are completely fresh. The plagioclases in these samples are predominantly fresh, but some grains are either weakly or strongly calcitized and very lightly sericitized. They are all fissured and show undulose extinction.

All basalts have a similar primary mineral content, but the minerals are present in a differing voluminal ratio. These basalts are composed of labradorite, clinopyroxene (see tab. I), opaque minerals (magnetite and ilmenite) and apatite. More significant differences in the chemical and mineral content appear in rocks which have been altered. In most samples, grains of labradorite are fresh, however, in some they are partly altered to an aggregate of calcite and sericite. Some grains of plagioclase are edged with a thin rim of albite (?), or contain a micro to cryptocrystalline aggregate of zoisite (?). Processes of alteration have greatly affected the clinopyroxene. They are found in the same slide being fresh as well as chloritized. In some they are nearly entirely transformed into chlorite. Secondary leucoxene is often associated with ilmenite and magnetite. Generally speaking, basalts have a porphyritic texture with a subophitic-intergranular groundmass. However, we can still separate them into 5 textural varieties. The main criteria for their grouping was the degree of emphasised porphyritic texture which is dependent on the dimensions of the grains of the groundmass in the holocrystalline rocks, and on the degree of the groundmass crystallinity. They are as follows:

- basalt of hyalopilitic texture (sample 4),
- basalts of distinct porphyritic texture (samples 5, 6, 7, 8, 9a and 9b); length of plagioclase twigs in the groundmass does not exceed 0.6 mm,
- basalts of well pronounced porphyritic texture (samples 10, 11 and 12); length of plagioclase twigs in the groundmass is between 0.6–1.0 mm,
- basalt of lesser pronounced porphyritic texture (sample 13); length of plagioclase twigs in the groundmass is greater than 1.0 mm,
- basalts of subophitic texture (samples 14 and 15).

The structure of the basalts is homogenous, however, sometimes we observe cavities filled with calcite and/or chlorite, especially in varieties of the hyalopilitic texture and fine-grained varieties of basalts of pronounced porphyritic texture.

Andesites taken from the neck are composed of intermediary plagioclases (see tab. I) which appear as idiomorphic phenocrystals, as well as in the groundmass in the form of subparallel aligned needles which contain very minute inclusions (zoisite?). Clinopyroxene appear as relicts within the partially opacitized chlorite. The opaque minerals are relatively abundantly represented. Also present in an amount of approximately 5 vol. % we find quartz. There are no essential differences in the mineral content and texture of samples of andesites taken from the rim of the neck and those taken near the vicinity of vague andesite border with basalts, compared with those taken from the centre of the neck. Only the mineral individuals are somewhat larger, and the quantity of quartz has increased in samples from centre of the neck.

Spilites have a subophitic-intergranular porphyroide texture. They are composed of albite and chloritized clinopyroxene. Albites are imbued with fine-grained, aggregated micro to cryptocrystalline inclusions amongst which, as it seems, dominates zoisite. Opaque minerals are relatively abundant and often with them is associated leucoxene.

Keratophyre dominantly consists of albite, which, similar as in the spilites is filled with very fine inclusions. In an accessory amount we find chlorite with very rare relicts of clinopyroxene followed by minor amount of calcite and opaque minerals. The quartz content is approximately 8 vol. %. The texture of the keratophyre is porphyric with subophitic intergranular groundmass.

On the basis of the mineral content and physiographic characteristics of the rocks, their chemical analyses (tab. II), data derived from computed chemical analyses (tab. III and IV) as well as a summary of the data given in the diagrams, consequently results that a greater part of the rocks belong to the basalts. In addition to ordinary basalts we must emphasise the occurrence of olivine basalts, which, up till now, if any at all, were not registered in the western parts of Mt. Papuk. A smaller part of the rocks belong to the andesites, two belong to the spilites, whilst one is keratophyre. These extrusives, not including the spilites and keratophyre, belong to the tholeiitic rock series.

Basalts, andesites and some of the olivine basalts most often appear in the form of dykes 2—3 m thick, sometimes even up to 6 m, whilst the spilites and keratophyres appear as smaller, irregular bodies. There have been no phenomena of contact alterations in rocks through which the intrusions have taken place. No significant differentiation can be found within the dykes. Differences occur in the degree of crystallisation or in the greater dimensions of individual minerals closer to the dyke center. The manner in which extrusives occur and their physiographic characteristics imply that these rocks predominantly developed through crystallisation at the subvolcanic level.

The youngest rocks undisputably intersected by the extrusives are dolomites of the Mid-Triassic age, so that through field evidence may we conclude that the age of the extrusions are of the Post Mid-Triassic. However, basalts near vicinity of Voćin have been recently discovered to be of the Helvetian age. They have identical physiographic characteristics as the basalts investigated in this paper, and so there exists a logical reason as to why we connect the olivine basalts, basalts and andesites to the same extrusive cycle. Judging from the two basalt dykes which mutually intersect and then from the neck which is composed of andesites and basalts, the extrusive activity during the Neogene age nevertheless continued through a longer time period.

There is no reason what so ever, to link, in any way, the spilites and keratophyres with extrusions of younger tholeiitic basalts. Due to this, but also due to their uncertain stratigraphic position, their age and genesis still remains an unsolved problem. They could belong to the diabase-spilite-keratophyre-quartzkeratophyre association which is partly developed amongst the extrusives from the vicinity of Voćin and completely developed in Mt. Požeška gora. The spilite and keratophyres, therefore, should be observed separately from the other mentioned rocks, even though they have been, for the sake of comparison, jointly shown in the diagrams.

From the above mentioned it follows the olivine basalts, basalts and andesites may be observed as rocks of a particular series of extrusives. This series has, in

essence, a subalkali character but with a mild alkali tendency (fig. 3). This may also be seen in fig. 4 in which the rocks are mostly projected in the field of high-alumina basalts. However, these rocks should not be treated in this sense but as relatively leucocratic products of one of the two basic types of subalkali (basaltic) melts (see tab. III, ratio of salic and femic normative minerals).

According to the discriminatory diagrams shown in figs. 5, 6 and 7, it is clearly follows that these subalkali rocks are of tholeiitic character. The general trend of the curve in the AFM diagram (fig. 8), as well as in the ACM diagram (fig. 9) is typical for volcanic rocks of the tholeiite series.

That these rocks really are subalkalic i. e., tholeiitic, can also be seen through the fact that in their mineral contents they do not contain feldspathoids nor alkali feldspars. In addition to this, in the CIPW norm there is no nepheline, the exception being one case where the recomputed analysis shows 1.4%.

From fig. 10, it may be concluded that the character of the original melt which gave this series of rocks, was olivine tholeiitic to olivine basaltic. The end products of this series are represented by andesites. This series may theoretically continues all the way to dacite but these rocks, as of yet, have not been discovered in this region.

Variational diagrams for the major oxides, in dependance of T. T. — D. I. (fig. 11) generally show the usual trends. The only difference being the trend for the CaO curve, which indicates the reaction ratio between olivine and pyroxene i.e., it serves as additional proof of the tholeiitic affinity of these rocks. Olivine basalt which is very rich in olivine (sample 3), considerably aberrates from other rocks, due to the high content of MgO (20.50% in recomputed analysis) and the content of  $Al_2O_3$  (12.22%). This fact, together with its physiographic characteristics, gives this rock partially picritic characteristics.

Since in the explored area geotectonic relations have not yet been completely solved and this work lacks analytical data, e.g., trace elements content, R.E.E., radiometric age determination, etc., there was no attempt made to determine the geotectonic position of this magmatism. It is also undeniably certain that other outcrops of extrusives in Slavonija have not yet been explored. This exploration is indispensable for the conclusion of general genetic and provincial trends as well as the affinity of these extrusive rocks.