

## Eruptivne stijene iz Pake (Kalnik, sjeverozapadna Hrvatska)

Maja VRKLJAN

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu,  
Pierottijeva 6, YU — 41000 Zagreb*

U radu su opisane tri pojave eruptivnih stijena u potoku Paka na zapadnoj strani Kalnika u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Mineralni sastav, teksturne i strukturne osobine stijena rezultat su različitih uvjeta kristalizacije, kataklaze i različitog stupnja metasomatskih izmjena.

Three eruptive rock samples have been investigated. The mineral composition, structures and textures are the result of the different conditions of the crystallization, cataclasm, and unequal intensity of the metasomatic exchanges.

### UVOD

Kalnička gora nalazi se u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, oko 70 km sjeveroistočno od Zagreba. Orografska os pruža joj se u pravcu jugozapad-sjeveroistok. Brojni vodotoci Kalnika pripadaju dravskom i savskom slivu. Jedan od najznačajnijih vodotoka savskog sliva je Lonja, čiji lijevi prtok je potok Paka.

Uzorci eruptivnih stijena uzeti su s izdanaka u gornjoj polovici toka potoka Paka, koji se pruža istok—zapađ. U donjoj polovici svoga toka Paka teče prema jugozapadu i paralelno njenom toku prolazi asfaltna cesta Zagreb—Varaždin. Područje je prekriveno krednim, miocenskim i kvartarnim naslagama (Šimunić et al., 1981), te obilno obraslo vegetacijom.

U slivu potoka Paka zapažena su samo tri izdanka eruptiva. Jedan je u strmom zasjeku iza gostionice uz cestu Zagreb—Varaždin oko 4 km južno od Novog Marofa, a druga dva su u samom potoku međusobno udaljena oko 750 m zračne linije.

U ovom radu su detaljnije istražena dva uzorka iz potoka (uzorak S i uzorak SB). Uzorak T iz zasjeka uz cestu istražen je djelomično. Na slici 1 naznačeni su lokaliteti uzimanja uzoraka.

### DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Eruptivne stijene iz potoka Paka do danas nitko nije detaljno istražio. Kišpatić (1913) prvi spominje dijabaz u potoku Paka koji se nalazi



Sl. 1. Lokacije izdanaka eruptivnih stijena

Fig. 1. Locations of the outcrops of the eruptive rocks

na cesti prema Novom Marofu. Međutim on je opisao rezultate optičkih istraživanja valutice dijabaza. Kišpatic kaže da taj dijabaz ima dijabaznu strukturu i da se sastoji od stubastih glinenaca koji odgovaraju andezinu do labradoru i produkata rastrošbe među kojima prevladavaju kalcit i klorit. Ustanovio je prisustvo delesita i nakupine sekundarnog titanita, te malobrojna zrna kvarca. U tumaču OGK SFRJ list Varaždin, Šimunić et al. (1981) spominju da na Kalniku dolaze dijabazi, spilitizirani dijabazi, spiliti, gabri i lave, te daju kratak opis njihovog mineralnog sastava i struktura. U spomenutoj karti oni su označili i pojave eruptiva u Paki.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### Spilit (uzorak S)

Fiziografija stijene. Uzorak stijene uzet je s izdanka veličine oko 5 m<sup>2</sup> koji se nalazi dijelom u samom potoku, a dijelom na obali. To je siva afanitska stijena homogene teksture, neravnog oštrouglastog loma,

ispresijecana brojnim tanjim i debljim žilicama ispunjenim bijelim mineralima. Osim kalcitnih žilica zapažaju se i tanke žilice ispunjene žuto-smeđom tvari. Dio izdanka u potoku djeluje svjež, dok se na dijelu izdanka na obali potoka zapaža jaka površinska rastrošenost.

Struktura stijene je glomeroporfirna s izmijenjenom hijaloofitskom osnovom u kojoj se zapažaju arborescentni i dendritični oblici kao rezultat kompletne devitrifikacije stakla (Tabla I, slika 1).

Nakupine fenokristala su malobrojne — to su međusobno izukršteni letvičasti do prizmatski plagioklasi i kratkoprizmatski do zrnasti pirokseni. Različitih su oblika i dimenzija. Dužina plagioklasa varira od 0,48 do 0,15 mm. Presjeci piroksena su četverostrani izometrični ( $0,21 \times 0,18$  mm) i izduženi ( $0,23 \times 0,08$  mm). Neki dosežu dužinu do 0,35 mm. Osim nakupina fenokristala javljaju se i pojedinačna zrna istih minerala. Plagioklasi osnove su neorijentirani i ponekad se dodiruju ili ukrštavaju. Iako su pretežno manji od 0,2 mm ponekad dostižu dimenzije krupnijih fenokristala. Ova raznolikost dimenzija mineralnih sastojaka malo podsjeća na seriated strukturu.

Plagioklas redovito presijeca piroksen, prodire u njega djelomično ili potpuno i na tom dijelu je znatno stanjen (Tabla I, slika 2). U nekim slučajevima plagioklasi su kristalizirani uz već formirane piroksene pa stoga imaju deformirane konture prilagođene rubovima piroksena.

Svi plagioklasi, fenokristali i oni u osnovi, sličnih su osobina. Često imaju neravne rubove. U pravilu, što je kristal krupniji, to su mu rubovi više neravni. U stijeni se zapaža mali broj izrazito krupnih plagioklasa prizmatskog habitusa ( $0,48 \times 0,40$  mm) čije se konture jedva naziru, jer su gotovo kompletno ispunjeni produktima izmjene — sitnozrnastim agregatom minerala coisita, epidota, kalcita i klorita. Sitniji letvičasti plagioklasi znatno su manje izmijenjeni. Samo u nekima se zapaža tek poneko zrnce tih istih produkata izmjene. Najčešći su sraslaci dvojci po albitskom sraslačkom zakonu. Ima i pojedinaca, a u manjem broju i polisintetskih sraslaca. Kod većine zrna potamnjenje je nejednoliko, undulozno, pa određivanje sastava iz kutova potamnjenja nije pouzdano. Međutim, indeksi loma plagioklasa koji se nalaze na rubu mikroskopskog preparata uvijek su manji od indeksa loma kanadskog balzama, pa to ukazuje da su albiti.

Pirokseni su zastupljeni u znatno manjoj količini od plagioklasa. Većinom su ispresijecani mnogobrojnim nepravilnim pukotinama. Blijedoputenaste su boje. Maksimalni kutovi potamnjenja,  $Z' : c$ , izmjereni na zrnima s izraženom kalavošću, su oko  $35^\circ$ . Točno mjerenje kutova nije moguće jer gotovo sva zrna piroksena pokazuju jako izraženo nejednoliko potamnjenje i to po segmentima. Često pokazuju i strukture pješčanog sata (Tabla I, slika 3). Slabo su izmijenjeni i to po rubovima i uz pukotine. Zapaža se potiskivanje kalcitom, a ponekad i pojedinačnim listićima i sitnozrnastim agregatom klorita i minerala coisit-epidotske grupe.

Prostor između nejednoliko gusto raspoređenih, neorijentiranih plagioklasa i malobrojnih zrna piroksena ispunjen je brojnim dendritičnim i arborescentnim tvorevinama mikro do kriptokristalastih minerala, produkata devitrifikacije stakla, među kojima se mogu prepoznati minerali coisit-epidotske grupe, kriptokristalasti agregati jako zelenog klorita i nepravilna zrnca titanita. Ponegdje se zapažaju vrlo tanke iglice apatita. Obilan je kalcit, koji potiskuje ostale minerale.

Kalcit ispunjava i brojne tanje i deblje žilice u stijeni. Uz rubove žilica javlja se klorit ili mnogo češće sitna zrnca titanita. U žutosmeđim žilicama ima magnetita i hematita, te epidota i malo kalcita.

U izbrusku se zapaža samo nekoliko manjih mandula koje su ispunjene kalcitom ili lepezastim kloritom.

Kemizam stijene i diskusija. Kemijska analiza i iz nje preračunati normativni sastavi po CIPW sistemu i Niggli-Barth sistemu (Johannsen, 1939; Barth, 1962) navedeni su u tabeli 1. U koloni s oznakom b) su podaci dobiveni preračunavanjem podataka kemijske analize na 100% nakon oduzimanja vode i  $\text{CaCO}_3$ . Naime, pretpostavljeno je da je velika količina  $\text{CO}_2$  sadržana u sekundarnom kalcitu, koji ispunjava žilice i malobrojne mandule, pa se oduzimanjem tog kalcita dobiva kemijski sastav stijene koji je sličniji primarnom.

Tabela — Table 1.  
Kemijski i normativni sastav spilita  
Chemical analysis and norm composition of the spilite

Kemijski sastav Chemical analysis	Normativni sastav Norm composition		Niggli-Barth				
	a (%)	b (%)	CIPW				
$\text{SiO}_2$	46.25	52.14	a	b	a	b	
$\text{TiO}_2$	1.64	1.85	or	2.35	2.78	or	2.70
$\text{Al}_2\text{O}_3$	17.66	19.91	ab	39.20	44.01	ab	45.50
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.55	1.75	an	18.27	20.57	an	19.90
FeO	4.88	5.50	ne	7.85	9.09	ne	10.14
MnO	0.14	0.16	di	4.22	5.37	di	4.72
MgO	4.64	5.23	ol	10.60	11.79	ol	12.36
CaO	9.14	5.63	mt	2.24	2.55	mt	1.77
$\text{Na}_2\text{O}$	6.38	7.19	il	3.10	3.50	il	2.48
$\text{K}_2\text{O}$	0.40	0.45	ap	0.40	0.34	ap	0.43
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.17	0.19	cc	7.37	—		
$\text{H}_2\text{O}^+$	3.26	—	Magm. param.	II.5.3.5.	II.5.3.5.	F'	12.69
$\text{H}_2\text{O}^-$	1.18	—	Norm. plag.	32%/oan	32%/oan	ANOR	88.05
$\text{CO}_2$	3.26	—					
	100.55	100.00					

a — kemijska analiza i normativni sastav

a — chemical analysis and norm composition

b — kemijska analiza i normativni sastav preračunati bez  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CaCO}_3$

b — chemical analysis and norm composition recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CaCO}_3$  free basis

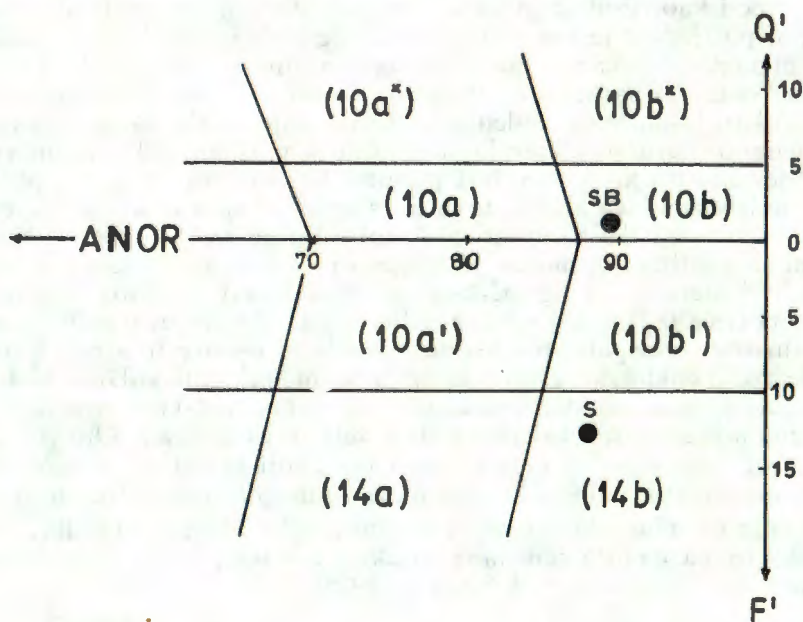
Prema sadržaju  $\text{SiO}_2$  ova stijena pripada grupi bazičnih stijena (Williams et al., 1954). Nakon oduzimanja  $\text{CaCO}_3$  i preračunavanja postotak  $\text{SiO}_2$  je na granici prema neutralnim stijenama. Zapaža se izuzetno visok sadržaj natrija. On je veći od dvostrukog sadržaja  $\text{Na}_2\text{O}$  za prosječne alkalijske bazalte, a gotovo dvostruki od sadržaja za prosječne andezite (Nockolds, 1954).

Visoki sadržaj vode vezan je za prisutni klorit i minerale grupe coisit-epidota.

Normativni sastav preračunat po CIPW sistemu ne odgovara stvarnom. Stijena sadrži minerale koji u CIPW sistemu nisu uvršteni kao normativni. To su klorit, augit, epidot i coisit, normativno izraženi u diopsidu, olivinu i anortitu. Zbog izračunavanja normativnog olivina umjesto klorita utrošeno je više  $\text{SiO}_2$ , pa se, uz visoki sadržaj natrija, javlja normativni nefelin.

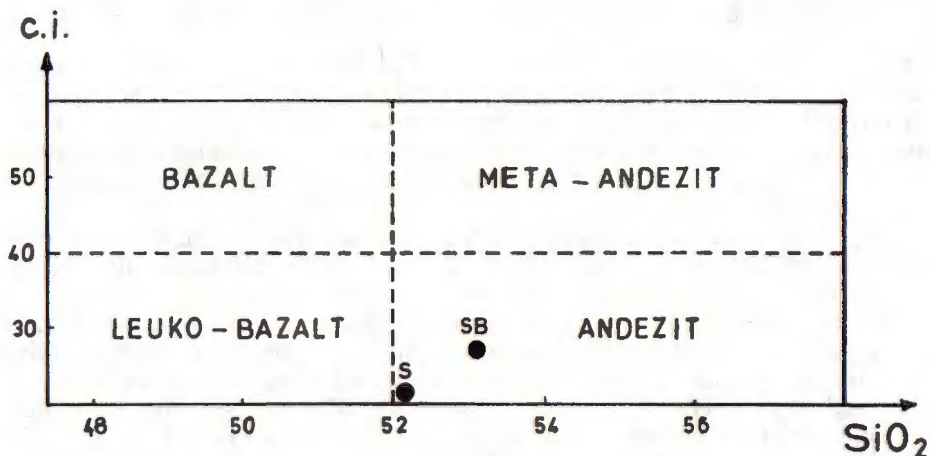
Normativni plagioklas sadrži 32% an. On je bazičniji nego što je ustanovljeno mikroskopski. Očito je da je dio kalcija sadržan u augitu, epidotu i coisitu, iskazan u normativnom anortitu.

Porfirna struktura svrstava stijenu u efuzive. Za klasifikaciju efuzivnih stijena, čiji se modalni mineralni sastav ne može kvantitativno odrediti zbog prisustva mikro do kriptokristalaste osnove, Streckeisen i Le Maitre (1979) predlažu  $Q'(F')$ -ANOR dijagram koji se temelji na normativnom sastavu preračunatom prema Niggli-Barth sistemu (Tabela 1). Projekcija stijene (Slika 2) nalazi se u polju alkalijskih stijena. Prema vrijednosti ANOR stijena pripada bazaltima odnosno andezitima, ali zbog visoke vrijednosti  $F'$  (normativni nefelin) izlazi izvan polja alkalijskih bazalta odnosno andezita i nalazi se u polju tefrita. Prema normativnom kolor indeksu (c. i.) i sadržaju  $\text{SiO}_2$  (Streckeisen, 1978) ova stijena nalazi se na granici leuko-bazalta i andezita i to u polju andezita (Slika 3).



Sl. 2. Detalj  $Q'(F')$ -ANOR dijagrama prema Streckeisen i Le Maitreu (1979)

Fig. 2. Detail of the  $Q'(F')$ -ANOR diagram after Streckeisen and Le Maitre (1979)

Sl. 3. c. i. —  $\text{SiO}_2$  dijagram prema Streckeisen (1978)Fig. 3. c. i. —  $\text{SiO}_2$  diagram after Streckeisen (1978)

Mineralni sastav, strukturne osobine i kemizam ove stijene jasno ukazuju da se ona formirala ne samo kao rezultat kristalizacije i očvršćivanja lave, već i kao rezultat procesa izmjena. Pripadnost stijene alkalij-skom tipu posljedica je procesa spilitizacije koji je rezultirao formiranjem albita. Klorit ukazuje na niskotemperaturne uvjete u kojima je formirana sadašnja parageneza. Porfirna struktura i arborescentni oblici u osnovi ukazuju na brzo hlađenje, te formiranje stakla, koje je kasnije devitrificirano. Lava se izlivala u sredinu s visokim sadržajem vode. Prije izlivanja u njoj su već bili prisutni fenokristali. Ako se pretpostavi da je ishodna lava bila sastava prosječnih bazalta ili andezita, onda se spilit iz potoka Paka formirao alokemijskom metasomatozom. Natrij, potreban za albitizaciju, mogao je potjecati ili iz morske vode, ili su ga donosile hidroterme iz magmatskog ognjišta. Silicij je malo migrirao i pretežno potječe iz ishodne stijene, gdje se izvršila njegova preraspodjela iz primarnih feldspata, piroksena i staklaste osnove u albit, klorit i minerale coisit-epidotske grupe. Efuzija se mogla zbiti submarinski ili u sedimente bogate morskom vodom. Kod metasomatske izmjene iz stijene je znatnije migrirao kalcij a slabije željezo i magnezij. Dio tih komponenata ugradio se u sekundarne minerale, koji se nalaze u osnovi stijene ili ispunjavaju malobrojne mandule i mnogobrojne žilice u stijeni.

S obzirom na mineralni sastav u kojem su glavni minerali albit i klorit, strukturu, bazični do neutralni karakter i sadržaj natrija, ova stijena je nazvana spilit (Streckeisen, 1978).

#### Spilitiska breča (uzorak SB)

Fiziografija stijene. Oko 800 m nizvodno od izdanka s kojeg je uzet uzorak S u samom potoku Paka nalazi se izdanak eruptivne stijene glatke površine, veličine oko 1 m<sup>2</sup>. Stijena je vrlo čvrsta i teško

se odlama. Brečastog je izgleda. Makroskopski se u njoj zapažaju tamno-sivozelenkasti fragmenti nepravilnih oblika i različitih dimenzija — do oko 15 mm, koji su povezani žutosmeđim »vezivom«, koje u obliku nepravilnih žilica presijeca stijenu.

U mikroskopskom preparatu također se lijepo razlikuju fragmenti od »veziva« (Tabla II, slika 1). Dimenzije fragmenata variraju od vrlo sitnih ( $0,08 \times 0,11$  mm) do vrlo krupnih. Potpuno su nepravilni. Strukturom i mineralnim sastavom fragmenti su slični. Struktura je većinom intersertalna do intergranularna. Samo u jednom fragmentu zapažaju se relikti fenokristala dimenzija oko  $0,5 \times 0,3$  mm, dok je njegova struktura osnove jednaka ostalim fragmentima. Sačuvane su samo prizmatske do hipidiomorfne šesterostrane konture fenokristala, unutar kojih se sada nalazi agregat sitnozrnatog i listićavog klorita i pumpellyita. Mjestimično se unutar izmijenjenih fenokristala nalaze manje nakupine izotropne do slabo anizotropne tvari kakva je obilna u osnovi fragmenata. Jedan fragment sadrži žilnu paragenezu minerala koja se sastoji od krupnozrnastog kalcita i prehnita u jednom svom dijelu, a u drugom od zeolita s malo kalcita (Tabla II, slika 2).

Letvičasti plagioklasi glavni su minerali osnove fragmenta s porfinom strukturom, odnosno glavni minerali fragmenata s intersertalnom do intergranularnom strukturom. Ima ih i vrlo sitnih, ali najčešće su dugački između 0,13 i 0,20 mm, ponekad i do 0,4 mm. Najveća širina im je 0,04 mm. Takvih je malo. Većina letvica je upola uža. Pretežno su sraslaci dvojci, rjeđe samci, a vrlo rijetko polisintetski sraslaci. Plagioklasi su, uz rijetke izuzetke po karlovarskom zakonu, srasli po albitskom sraslačkom zakonu. Rubovi su im neravni, a unutrašnjost zrna redovito ispunjena različitim produktima alteracije, među kojima se zapažaju listićavi agregati zelenog klorita i vrlo sitnozrnaste nakupine minerala visokog indeksa loma, vjerojatno coisit-epidotske grupe. Zbog velike količine alteracijskih produkata, kao i nepravilnog potamnjenja plagioklasa nije bilo moguće odrediti kemijski sastav teodolitnomikroskopski. Međutim, sva promatrana zrna na rubu mikroskopskog preparata imaju indeks loma  $N_z'$  manji od indeksa loma kanadskog balzama, što ukazuje da su plagioklasi albiti.

Između letvičastih albita nalaze se brojni pirokseni, vjerojatno augiti, zrnastog ili kratkoprizmatskog habitusa. Promjer najvećih zrna je između 0,05 i 0,07 mm, a većina je manjih dimenzija. Prizmatski pirokseni dostižu dužinu do oko 0,16 mm. Svi su bezbojni do blijedozeleni, intenzivno raspucani i zbog tektonskih utjecaja pokazuju vrlo nepravilno potamnjenje po segmentima. U presjecima maksimalne interferencijske boje izmjeren je kut potamnjenja  $Z' : c$  od  $43 - 45^\circ$ . Mjerenje kutova nije sasvim pouzdano, jer undulozno potamnjenje smeta preciznoj ocjeni položaja tame. Kod većeg broja zrna zapaža se potiskivanje kloritom i to jače na rubovima zrna i duž pukotina gdje se nalaze agregati klorita i zrnca zelenkastog minerala visokog pozitivnog reljefa i jakog dvoloma, vjerojatno minerali coisit-epidotske skupine.

U međuprostorima letvičastih albita nalazi se velika količina sivosmeđaste staklaste mase. S povećanjem od  $500 \times$  pokazuje pod ukrštenim nikolima mjestimično slabe anizotropne efekte, dok je u ostalim dijelo-

vima izotropna. To je vulkansko staklo koje je samo djelomično devitricirano. Uz vulkansko staklo dolaze titanit, klorit, fengit i kalcit, te poneko zrnce magnetita.

Osim što se javlja u međuprostorima albita, krupnozrnasti kalcit ispunjava i malobrojne mandule u pojedinim fragmentima breče.

Vezivo fragmenata je kalcit, manjim dijelom prehnit, a u vezivu se zapažaju malobrojna zrna plagioklasa. To su vjerojatno također fragmenti odlomljeni od stijene. Vezivo je u znatnoj mjeri impregnirano željeznim oksidima.

Tanke žilice i poneka deblja (oko 0,2 mm) ispunjene su željeznim oksidima uz koje se zapažaju klorit, kalcit i pumpellyit.

Kemizam stijene i diskusija. Zbog malih dimenzija fragmenata nije bilo moguće odvojeno određivanje kemijskog sastava fragmenata i veziva, pa kemijska analiza pokazuje ukupni sastav stijene. Zbog visokog sadržaja kalcita od analize su oduzeti  $\text{CO}_2$  i ekvivalentni dio  $\text{CaO}$ , kao i ukupna voda, a preostale komponente u analizi preračunate su na 100%. Tako dobivene vrijednosti uz ostala preračunavanja navedene su u tabeli 2. u kolonama s oznakom b).

Prema sadržaju  $\text{SiO}_2$  stijena je bazična. Nakon oduzimanja  $\text{CaCO}_3$  i vode, te preračunavanja, postotak  $\text{SiO}_2$  poraste tako, da stijena ulazi u područje neutralnih stijena, ali blizu vrijednosti donje granice. Sadržaj

Tabela — Table 2.

*Kemijski i normativni sastav spilitske breče*

Chemical and norm composition of the spilite breccia

Kemijski sastav Chemical analysis	Normativni sastav Norm composition		Niggli-Barth				
	a (%)	b (%)	CIPW				
$\text{SiO}_2$	44.63	53.13					
$\text{TiO}_2$	1.43	1.70	Q	0.59	0.60	Q	0.79
$\text{Al}_2\text{O}_3$	15.55	18.51	or	2.70	3.33	or	3.30
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2.35	2.80	ab	31.83	38.25	ab	40.10
FeO	5.76	6.86	an	23.88	28.35	an	28.53
MnO	0.12	0.14	di	1.38	2.24	mt	2.91
MgO	4.37	5.20	hy	16.58	19.55	il	2.32
CaO	9.57	6.42	mt	3.38	4.17	ap	0.45
$\text{Na}_2\text{O}$	3.79	4.51	il	2.70	3.18	wo	0.74
$\text{K}_2\text{O}$	0.46	0.55	ap	0.35	0.33	en	14.38
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.15	0.18	cc	7.40	—	fs	6.48
$\text{H}_2\text{O}^+$	6.72	—	Magm. param.	II.5.4.3.	II.5.3.5.	Q'	1.09
$\text{H}_2\text{O}^-$	2.59	—	Norm. plag.	43% <sub>ean</sub>	43% <sub>ean</sub>	ANOR	89.63
$\text{CO}_2$	2.28	—					
	100.77	100.00					

a — kemijska analiza i normativni sastav  
a — chemical analysis and norm composition

b — kemijska analiza i normativni sastav preračunati bez  $\text{H}_2\text{O}$  i  $\text{CaCO}_3$   
b — chemical analysis and norm composition recalculated on  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CaCO}_3$  free basis



natrija je znatno povećan u odnosu na sadržaj u prosječnim alkalijskim i normalnim bazaltima, a malo povećan u odnosu na sadržaj u prosječnom andezitu.

Visok je sadržaj vode, što je posljedica velike količine klorita i minerala coisit-epidotske grupe u mineralnom sastavu stijene.

Normativni sastav prema CIPW sistemu znatno se razlikuje od stvarnog. U stijeni prisutni prehnit, klorit, epidot, coisit, pumpellyit i augit ne postoje kao normativni u CIPW sistemu, pa su preračunati u normativni diopsid, anortit i hipersten.

Normativni plagioklas sadrži 43% an. Kalcij sadržan u normativnom anortitu, stvarno je prisutan u kalcijским silikatima koji se ne izračunavaju u normativnom sastavu.

Struktura fragmenata breče ukazuje na efuzivnu stijenu. Budući da sadrži mikro i kriptokristalaste sastojke, a vjerojatno i vulkansko staklo, to je za klasifikaciju uzet Q' (F')-ANOR dijagram prema Streckeisen i Le Maîtreu (1979). Iz podataka normativnog sastava izračunatog prema Nüggli-Barth sistemu projekcija stijene nalazi se u polju bazalta odnosno andezita (Slika 2), a prema vrijednosti normativnog c. i. i SiO<sub>2</sub> (Slika 3) pripada andezitima.

Tekstura, struktura, mineralni i kemijski sastav stijene ukazuju da je ona nastala kao rezultat intenzivnog drobljenja već očvršle bazične do neutralne stijene. Nastalim pukotinama cirkulirale su natrijem bogate hidrotermalne otopine ili vruća marinska voda iz okolnih sedimenata, što je proizvelo intenzivnu metasomatozu s formiranjem albita i niza ostalih sekundarnih minerala, među kojima je najobilniji klorit. Ishodna stijena je vjerojatno bila bazalt ili andezitobazalt. Prinosom natrija u ishodnu stijenu i istovremeno iz nje migracijom kalcija i aluminijskih oksida, nastale drobljenjem, formirali su se sekundarni kalcit i prehnit i tako »povezali« fragmente raspucane stijene.

Ova stijena nazvana je spilitiska breča, jer su fragmenti spilitiskog karaktera, a vezivo kalcit, odnosno prehnit.

#### Uzorak T

S izdanka koji se nalazi oko 4 km južno od Novog Marofa iza restauracije uz cestu Zagreb—Varaždin uzet je uzorak eruptivne stijene i izrađen mikroskopski preparat. Izdanak je širine do 30 m i visine oko 20 m. Stijena je zelenosiva s jako izraženim površinskim trošenjem. U njoj se zapažaju kuglaste forme lučenja. U tankom izbrusku stijene vidi se da je ona jako tektonizirana s mnoštvom tanjih i debljih žilica koje su najčešće ispunjene kalcitom. Uz kalcit je obilan kvarc koji dolazi u obliku sitnozrnastih nakupina, a rjeđe se javlja prehnit. Između brojnih žilica nalaze se relikti stijene u kojoj se samo ponegdje zapažaju neorijentirani jako izmijenjeni plagioklasi, čije je međuprostore gotovo potpuno ispunio leptoklorit koji potiskuje sve sastojke stijene (Tabla II, slika 3). Obilan je ilmenit perjastih i češljastih oblika, djelomično limoniziran i manje ili više izmijenjen u leukoksen.

Vjerojatno je da je i ova stijena nastala na isti način kao i naprijed opisani spilit i spilitiska breča i da je ishodna stijena bila ista.

## ZAKLJUČAK

U području potoka Paka nalazi se nekoliko izdanaka eruptivnih stijena. Jedna od njih je spilit porfirne strukture, nastao izlijevanjem lave koja je očvrstnula brzo, a formirano vulkansko staklo je kasnije devitificirano. Brojne žilice ispunjene sekundarnim mineralima ukazuju na tektonsku aktivnost.

Druga stijena je spilitaska breča s fragmentima spilitaskog sastava. Pukotine nastale drobljenjem ispunjene su produktima metasomatoze, koji su u pukotinama formirali kalcijsko-aluminijske minerale tj. sadašnje »vezivo« spilitaske breče.

Treća stijena je jako tektonizirana i trošna, o čemu svjedoči pojava kuglastog lučenja vidljiva na izdanku. Karakteristično je da je ova stijena jako kloritizirana tako da klorit ispunjava više od polovine prostora između žilica, odnosno sekundarno ispunjenih pukotina.

Iz rezultata mikroskopskih i kemijskih istraživanja može se zaključiti da je u području Pake došlo ili dolazilo do jakih tektonskih poremećaja. O tome svjedoče mnogobrojne prsline i pukotine koje presijecaju u manjoj ili većoj mjeri sve stijene ovog područja. Osim toga, u velikom broju minerala zapažena je pojava nepravilnog, unduloznog potamnjenja kao posljedica poremećaja strukture minerala. Tektonski poremećaji olakšali su intenzivnu metasomatozu primarnih stijena, koje su nastale vjerojatno submarinskim izlijevanjem lava bazalnog do andezitskog sastava. Ioni natrija iz morske vode omogućili su albitizaciju bazičnih plagioklasa koja se zbivala istovremeno s izmjenom drugih sastojaka. Neki produkti metasomatske izmjene migrirali su iz stijene i izlučivali se u obliku sekundarnih minerala u pukotinama i malobrojnim mandalama ili su ostajali u stijeni potiskujući primarne sastojke. Zbog metasomatoze kemizam stijene nije podudaran s nijednim tipom primarne stijene čiji bi se sastav mogao pretpostaviti kao ishodni.

Interesantno je da se ova tri izdanka nalaze na vrlo maloj udaljenosti, a predstavljaju vrlo različite varijetete u pogledu strukture i mineralnog sastava. Mineralni sastojci u sve tri stijene su jako slični, ali su udjeli pojedinih minerala različiti. Zato se može pretpostaviti da raznolikost varijeteta na ovako malenom prostoru nije rezultat izljeva različitih lava, već je rezultat nejednolikog intenziteta metasomatoze. Današnja mineralna parageneza formirala se u uvjetima vrlo niskog stupnja metamorfizma, možda čak u uvjetima dijagenese.

Lava se izlijevala u sedimente kojirna je određena kredna (raspon otiriv — turon) i neogenska (miocen) starost (Šimunić et al., 1981). Budući da je teren jako pokriven vegetacijom, a na ovom malenom broju izdanaka nije zapažen kontakt eruptiva sa sedimentima, pitanje starosti efuzija nije razmatrano.

Zahvaljujem prof. dr M. Vragoviću na korisnim diskusijama tijekom izrade ovog rada. SIZ-u III zahvaljujem na financijskoj pomoći.

Primljeno: 8. 1. 1988.

## LITERATURA

- Barth, T. F. W. (1962): Theoretical Petrology. John Wiley and Sons, 416 str., New York.
- Johannsen, A. (1939): A descriptive petrography of the igneous rocks, 1. Univ. Chicago Press, 318 str., Chicago.
- Kišpačić, M. (1913): Kristalinsko kamenje Kalnika. *Rad JAZU*, 200, 161—174, Zagreb.
- Nockolds, S. R. (1954): Average chemical composition of some igneous rocks. *Bull. Geol. Am.*, 65.
- Streckeisen, A. (1978): Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites and Melilitic Rocks. *N. Jb. Miner. Abh.*, 134, 1, 1—14, Stuttgart.
- Streckeisen, A. & Le Maitre, R. W. (1979): A Chemical Approximation to the Modal QAPF Classification of the Igneous Rocks. *N. Jb. Miner. Abh.*, 136, 2, 169—206, Stuttgart.
- Šimunić, A. n., Pikića, M. & Hećimović, I. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000, list Varaždin, L 33-69, Inst. geol. istraž. Zagreb (1971—1978), Sav. geol. zavod, Beograd.
- Šimunić, A. n., Pikića, M., Hećimović, I. & Šimunić, A. l. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000, Tumač za list Varaždin, L 33—69, Inst. geol. istraž. Zagreb, Sav. geol. zavod, 75 str., Beograd.
- Williams, H., Turner, F. J. & Gilbert, C. M. (1954): Petrography. An introduction to the study of rocks in thin section. Freeman, W. H. and Company, 406 str., San Francisco.

**Eruptive rocks from Paka brook (Mt. Kalnik, NW Croatia)**

M. Vrkljan

Eruptive rocks from the Paka brook are situated on the western slopes of Mt. Kalnik (north-western Croatia) about 75 km from Zagreb to the NE. There are three occurrences of eruptive rocks (Fig. 1). The rocks were examined both microscopically and chemically.

The rock sample (S) is spilite, gray in colour, aphanitic, and of homogenous structure. It has a glomeroporphyritic texture with relict hyaloophitic groundmass. There is a lot of arborescent figures due to devitrification of volcanic glass (Plate I, fig. 1). The most abundant mineral constituents are plagioclases (albite) of different shapes and sizes. They contain numerous products of alteration and show irregular extinction. The pale-pink clinopyroxenes (probably titanogaugites) are fissured and show irregular extinction. Some of them show a »hourglass structure« (Plate I, fig. 3). Besides the already mentioned minerals there have also been determined: chlorite, zoisite, epidote, calcite, titanite, apatite, magnetite and haematite. The most abundant calcite has replaced the other minerals. On the basis of petrochemical data (Table 1) the rock is plotted in the normative Q'(F)-ANOR diagram (Fig. 2) and c. i. (color index) — SiO<sub>2</sub> diagram (Fig. 3). It is considered that the present mineral composition is a result of allochemical metasomatic processes. Due to spilitization the chemical analysis indicates an increased content of the Na<sub>2</sub>O component. The lava was probably pressed into environment rich in sea water, rapidly cooled and metasomatic changed.

The rock sample (SB) is a spilite breccia. The fragments are grey in colour, different in size, but they have a similar mineral composition and texture. Only one fragment is of a porphyritic texture, with a few relict phenocrysts, the others have an intersertal to an intergranular texture, the same as the groundmass of the porphyritic fragment. The »cement« of spilite breccia is yellow-brownish in colour and consists of calcite and prehnite, impregnated sometimes with iron oxide dust. The essential mineral constituents of the fragments are plagioclases (albite). They contain the products of alteration and show an irregular extinction. The pyroxenes (augites with an extinction angle  $Z':c$  of about 43—45°) are colourless to pale-

green, strong fissured, show irregular extinction and contain the products of alteration. In the interstices of albites there is isotropic glass, only partially devitrified (weakly anisotropic). Titanite is abundant. The other secondary constituents are chlorite, fengite, zoisite, epidote, pumpellyite and calcite. The veins contain chlorite, calcite, pumpellyite and iron oxides. On the basis of microscopic studies, petrochemical data and classification by means of normative Q'(F)-ANOR diagram (Figs. 2 and 3) it is considered that tectonic disturbances caused the formation of numerous fissures in the rock of a basaltic or an andesitic composition. The hydrothermal solutions circulated along the fissures and caused the allochemical metasomatoses with formation of albite, chlorite and other secondary minerals. The calcium and aluminium ions migrated out of the rock and formed in the fissures present «cement» — the calcite and prehnite.

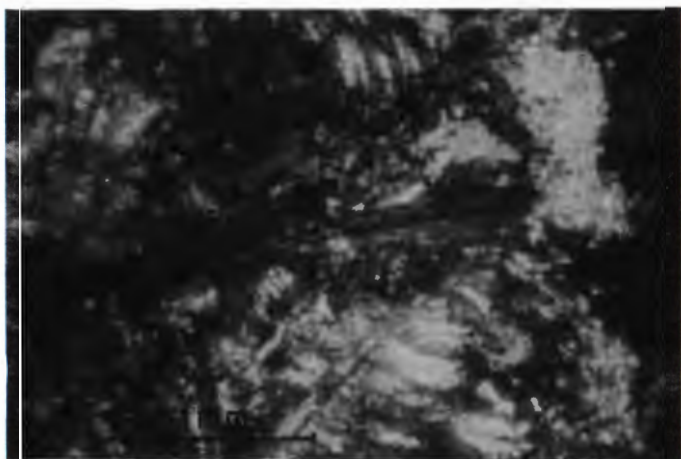
The rock sample (T) is a tectonically strongly broken rock (probably spilite). The pillow-structure is visible on the outcrop. Many of the veins are filled with coarse-grained calcite, and in a lesser degree with quartz and prehnite. In the slide there are only a few relicts of rock with ophytic albites. More than half of the rock slide consists of lepto-chlorite which has replaced all the other minerals (Plate II, fig. 3). The rock contains some ilmenite with limonite and leucoxene. The rock sample was not chemically analysed.

We can conclude that in the investigated region the tectonic disturbances were intense. All the rocks are crisscrossed by a veins of different thickness and the most of the minerals show irregular extinction. The rocks originated probably from a submarine effusion of basaltic to andesitic lava or from the impression of lava into the sedimentary rocks rich in sea water. The allochemical metasomatoses was intense. The mineral composition is similar in all the rock samples, but there are great differences in quantitative rates of different kinds of minerals, and of the rock textures. Since the outcrops are not distant, the variety of rock samples is due to unequal intensity of metasomatic changes, rather than to their origin from different lavas. The present paragenesis developed under conditions of low pressures and low temperatures.

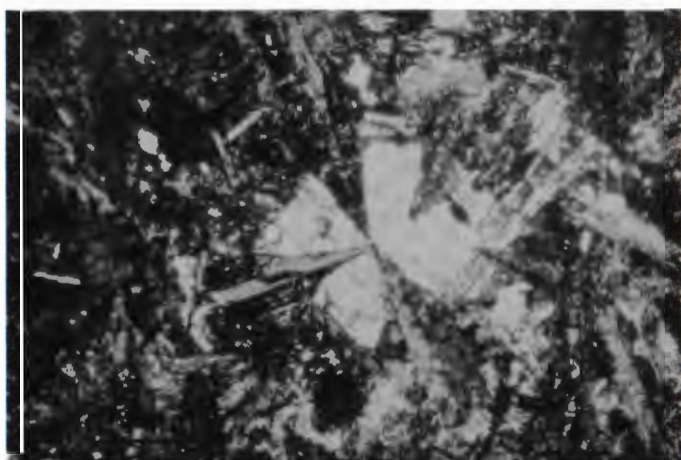
It was not possible to determine the age of the lava effusions because on the outcrops there were no contacts observed between the eruptive and the sedimentary rocks.

#### TABLA — PLATE I

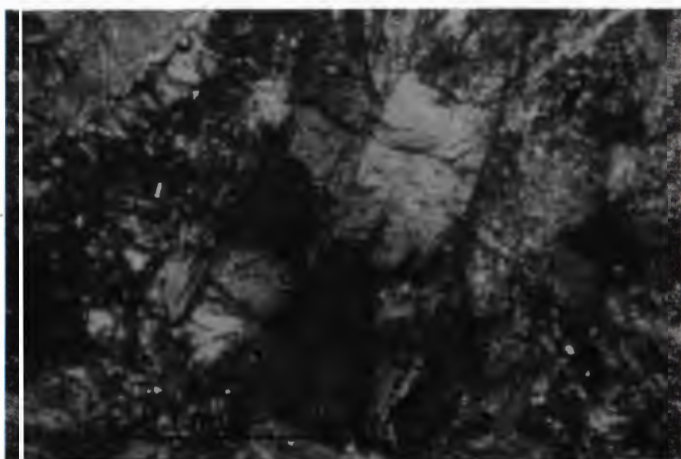
1. Spilit. Devitrificirano vulkansko staklo. N +.
1. Spilite. Devitrified volcanic glass. N +.
2. Spilit. Plagioklasi prodiru u piroksen. N +.
2. Spilite. The plagioclases penetrate into the pyroxene. N +.
3. Spilit. Piroksen sa strukturom pješčanog sata. N +.
3. Spilite. The hourglass structure of pyroxene. N +.



1



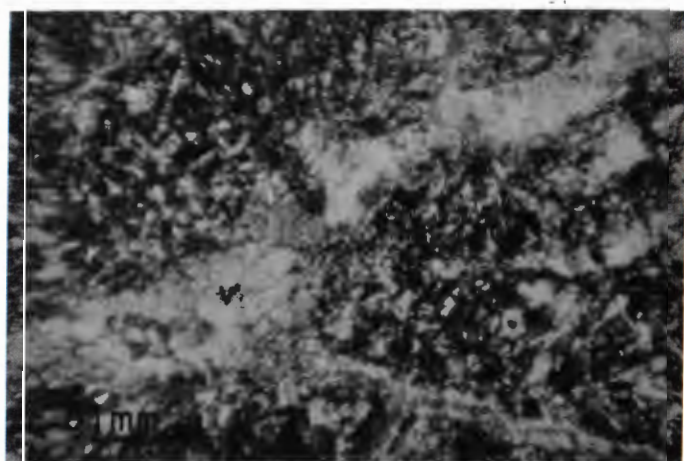
2



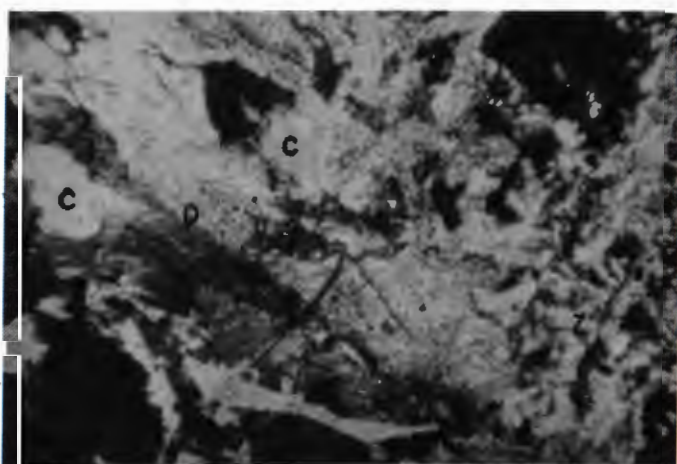
3

TABLA — TABLE II

1. Spilitska breča. Fragmenti (f) i vezivo (v). N +.
1. Spilite breccia. The fragments (f) and cement (v). N +.
2. Spilitska breča. Kalcit (c), lepezasti agregat prehnita (p) i zeolit (z). N +.
2. Spilite breccia. Calcite (c), fanlike prehnite (p) and zeolite (z). N +.
3. Uzorak T. Leptoklorit (k) potiskuje ostale minerale. N +.
3. The sample T. Leptochlorite (k) replaces the other minerals. N +.



1



2



3