

Geol. vjesnik	27	153—171	4 sl., 13 tabela, 2 tab.	Zagreb, 1974
---------------	----	---------	-----------------------------	--------------

552.3(161.15.46)

BRANKO CRNKOVIC, VERA BABIC i IVAN TOMASIC

## GABRO HRUŠKOVCA KRAJ LJUBEŠČICE NA KALNIKU

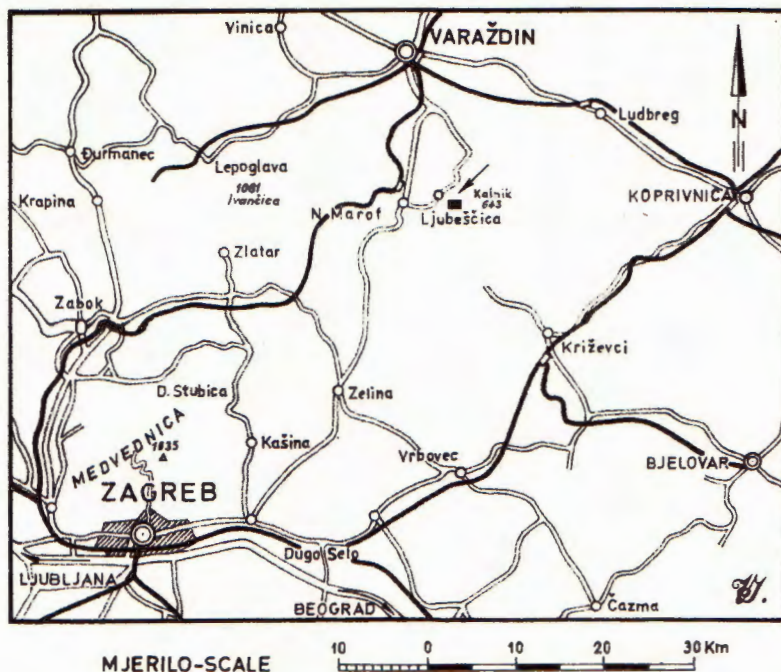
U sjeverozapadnom dijelu Kalnika otkrivena je pojava gabra s nisko temperaturnim kontaktno-metamorfnim ovojem. Gabro i kontaktno-metamorfni ovoj su mineraloški i kemijski analizirani.

### 1. UVOD

U toku su istraživanja magmatskih i sedimentnih stijena šireg područja Hrvatskog Zagorja, prvenstveno Ivanščice i Kalnika, radi utvrđivanja i pronalaženja potencijalnih ležišta tehničkog i arhitektonsko-građevnog kamena. Istraživanja su financirana dijelom od Savjeta za naučni rad SRH u Zagrebu, dijelom od zainteresiranih poduzeća, prvenstveno Ivanečkih ugljenokopa u Ivancu i Industrije građevnih materijala u Lepoglavi; a provođena su u organizaciji Instituta za geološka istraživanja u Zagrebu.

Pri prospekiji Kalnika, povrh kamenoloma dijabaza Hruškovec—Ljubušica, zapadno od Pece i nedaleko od Novog Marofa, otkrivena je pojava gabra (slika 1). Gabro je nađen prilikom izrade diplomskog rada druga Stanka Jakovljevića, uz čije učestvovanje je načinjena geološka karta magmatskih stijena Hruškovca (slika 2). S obzirom da je gabro estetski posebno značajan kao arhitektonsko-građevni kamen, stijenska masa je zasječena s dvije strane, da bi se dobio uvid u cjelovitost masiva, a iskopano je i nekoliko plitkih istražnih okana, radi utvrđivanja zalijeganja i prostiranja gabra. Geološkim istražnim radovima je utvrđeno, da je površinsko prostiranje gabra malo, da se radi o manjem masivu promjera oko 80 m, te da je gabro raspucan u tolikoj mjeri, da nema mogućnosti vađenja blokova većih dimenzija.

Istražni radovi su međutim otvorili oveci profil, ne samo u gabru, već i u njegovom omotaču. Time je duž profila u gabru, idući od rubne zone



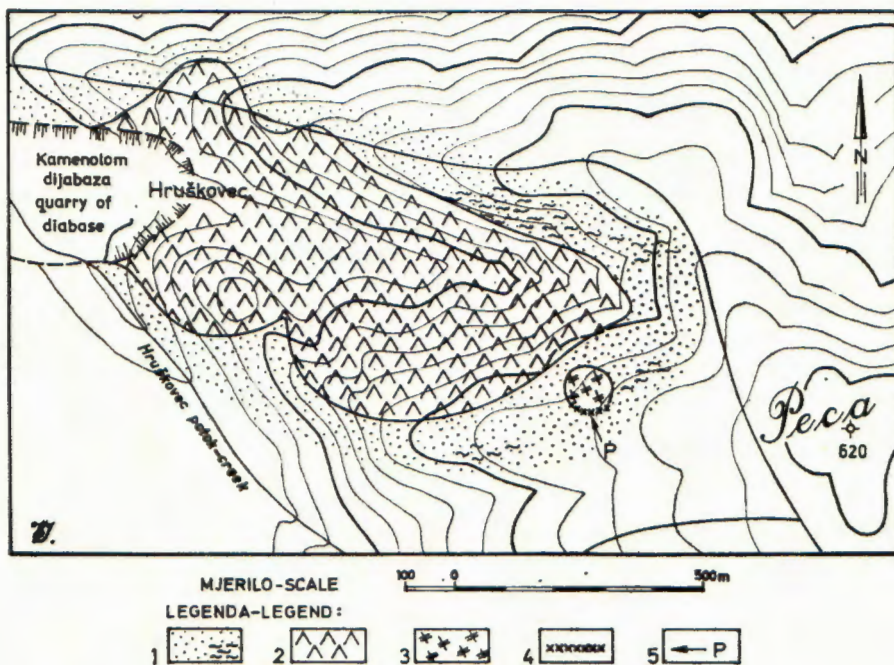
Sl. 1. Geografski položaj istraživanog područja  
 Text-fig. 1. Geographic position of the explored area

prema središnjem dijelu, bilo moguće zapažanje strukturnih promjena vezanih za hlađenje magme, odnosno, utvrđena je niskotemperaturna kontaktno-metamorfna promjena stijena u omotaču. Zbog tih pojava, kao i zbog toga što je to prvi nalaz autohtonog gabra na Kalniku, smatrali smo potrebnim i korisnim da se objave podaci i rezultati provedenih istraživanja.

## 2. KRATAK PREGLED DOSADASNJIH ISTRAŽIVANJA

Prvi napis o kristalinskim stijenama Kalnika potječe od L. J. Vukotića (1853), koji spominje serpentin. Nešto kasnije, istovremeno Kalnik istražuju F. Foetterle (1861-2) koji spominje diorit, i H. Wolf (1861-2) koji opisuje dijabaz Vojnovca i Ljubešćice. Ž. Vukasović (1879) povrhu Drenovca spominje valutice »feldsteinporfira«, kvarcita i

gnajsa. D. Gorjanović-Kramberger (1907) spominje velike komade olivinskog gabra na sjevernom dijelu Kalnika. Najdetaljnije podatke o kristalastim stijenama Kalnika dao je M. Kišpatić (1913), koji je opisao granitni porfir, olivinski dijabaz, olivinski gabro, amfibolit i gnajs, sve »sa sekundarna ležaja«, dakle kao valutice, te dijabaz i lercolit (serpentin) s primarnih nalazišta. Za dijabaze piše da su u Kalniku dosta rašireni, ponegdje i porfirni. Za gabro piše da valutice potječu iz kraja sjeverno od glavnog kalničkog grebena, a po sastavu i strukturi da je nalik gabru bosanske serpentinske zone, pa je po M. Kišpatiću



Sl. 2. Geološka karta Hruškoveca

- 1 — psamiti, siltiti i peliti gornje krede
- 2 — dijabaz
- 3 — gabro
- 4 — albit-kvarc-muskovit-kloritski kornit
- 5 — profil otvoren geološkim istražnim radovima

Text-fig. 2. Geological map of the Hruškovac

- 1 — psammites, siltites and pelites of the Upper Cretaceous
- 2 — diabase
- 3 — gabbro
- 4 — albite-quartz-muscovite-chlorite hornfels
- 5 — the profile opened by the geological research work

(1913, str. 168) »Kalnička gora samo krajnji dio bosanske serpentinske zone«. Gabro se sastoji od »glinenaca, piroksena i olivina«, »glinenac je najpretežniji sastavni dio... oblika je pretežno stubasta... sraslaci po albitnom i periklinskom zakonu... složeni po albitskom i karlovarskom zakonu... plagioklasi pripadaju bytownitu...«.

Cjelovitu geološku sliku Kalnika dao je J. Poljak (1942), pozivajući se na prijašnje radove, posebno D. Gorjanović-Krambergera (1907) i F. Kocha (1918). Za nalaz valutice kristalina piše (1942, str. 8), da se »valutice redovno sastoje od kamenja kojega dosada nije nitko našao na iskonskom ležištu kao gnjas, granitporfir, gabro, itd.«, te po njemu te valutice vjerojatno potječu »iz Moslavačke gore i susjednih bosanskih planina... pa i Kišpatić u svom opisu toga kamenja ističe, da se to kamenje posve podudara sa kamenjem bosanskih planina«. Po J. Poljaku (1942, str. 10), na osnovi terenskih zapažanja »otpada mišljenje o nastupanju karbonskih naslaga na području K. gore«, pa bi najstarije stijene Kalnika pripadale trijasu. Veliki dio Kalnika izrađen je od krednih naslaga, koje nalazimo i u području Pece. Tu se kredne naslage sastoje ponajviše od pješčenjaka smeđezelenkaste boje i lapora. Za te sedimente teško je reći, da li pripadaju turonu-senonu, ali J. Poljak (1942, str. 15) predbježno ubraja »taj fliš gornjoj kredi poput onoga na Medvednici.« J. Poljak (1942, str. 18), pišući o toj problematici, zaključuje: »Prema tome je starost gornjo krednih naslaga Kalničke gore ista kao i krednih naslaga Medvednice, Samoborske gore, Papuka i Fruške gore, kako je to svojevremeno označio Gorjanović za gornjo kredne naslage Medvednice pribrojivši ih turonu-senonu.«

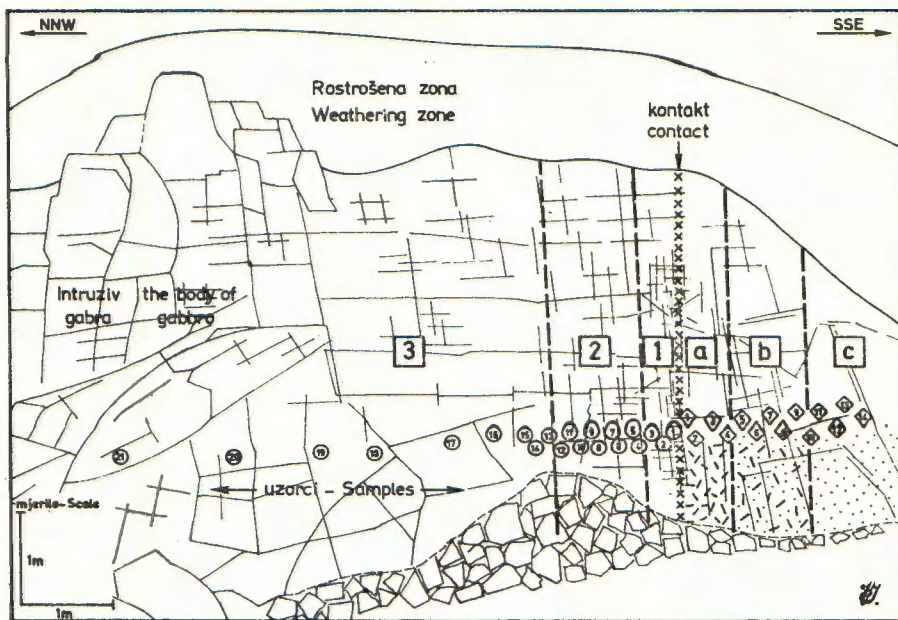
Ovaj detaljniji prikaz o krednim naslagama po J. Poljaku smo iznijeli zbog toga, što je gabro Hruškovca, zapadno od Pece, njima okružen (slika 2).

U novije vrijeme je područje Kalnika bilo geološki istraživano u nekoliko navrata, ali objavljenih podataka o rezultatima tih istraživanja nema.

### 3. MINERALOSKO-PETROGRAFSKE ZNAČAJKE

Duž otvorenog profila zasječenog u gabru i omotaču obavljeno je uzorkovanje gabra od rubne zone prema središnjem dijelu masiva (slika 3). Uzorci su ispitani makroskopski, mikroskopski i kemijski.

Gabro i njegov rubni dio su homogene teksture. Boja im je tamnosiva do crna, zelenkasto nijansirana. Lom je plitko školjkast u uzorcima rubnog dijela, do ravan u uzorcima središnjeg dijela. Površina preloma je glatka u uzoraka rubnog dijela i fino do grubo hrapava u uzorcima iz središnjeg dijela. Uzorci iz rubnog dijela su izrazito afanitski, a iz središnjeg dijela se makroskopski zapaža zrnasta struktura.



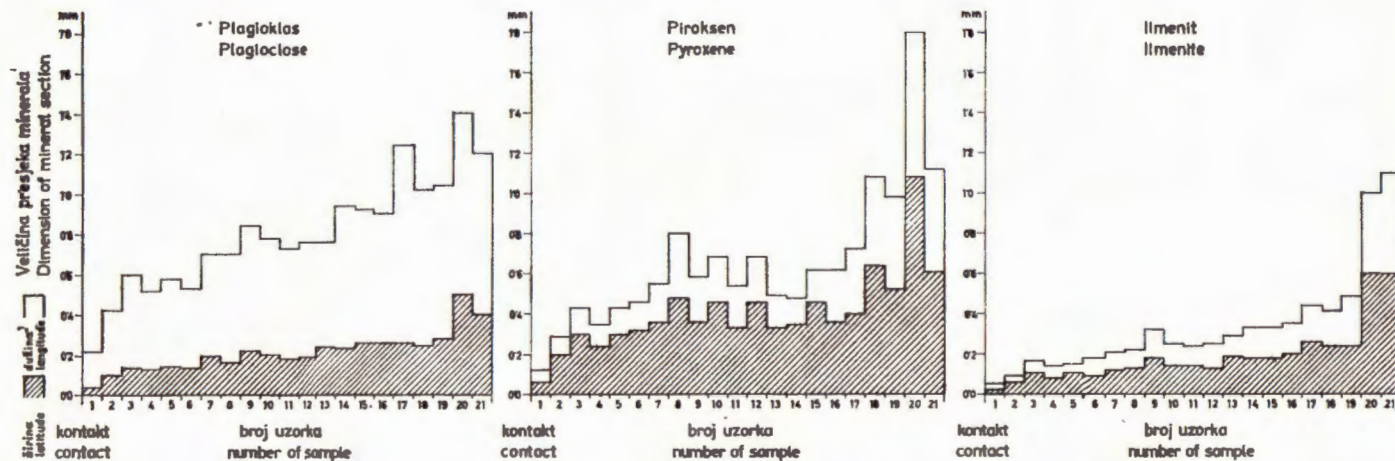
Sl. 3. Profil masiva gabra i stijena omotača

- 1 — rubna zona gabra — tipična porfiriska struktura
- 2 — zona izrazite ofitske strukture
- 3 — središnji dio gabra — tipična zrnasta struktura
- a — albit-kvarc-muskovit-kloritski kornit
- b — metagrauvake i metasubgrauvake
- c — grauivake i subgrauvake

Text-fig. 3. The profile of the gabbro body and the enveloping rocks

- 1 — the chilled contact of gabbro — typical porphyritic texture
- 2 — the zone of clearly ophitic texture
- 3 — the central part of the body — typical granular texture
- a — albite-quartz-muscovite-chlorite hornfels
- b — metagraywackes and metasubgraywackes
- c — graywackes and subgraywackes

Struktura se od rubne zone prema središnjem dijelu mijenja od porfirne pilotaksitske i mikrofitske — uzorci 1, 2 i 3 (tabla I, slike 1 i 2), preko ofitske — uzorci 4 do 12 (tabla I, slika 3) do izrazite zrnaste i hipidiomorfno zrnate — uzorci 13 do 21 (tabla I, slika 4). Usporedo se mijenjaju i veličine mineralnih zrna, od minimalnih u rubnom dijelu, do maksimalnih u središnjem dijelu gabra. Mjerenja veličina presjeka većeg broja zrna plagioklasa, piroksena i ilmenita, u mikroskopskim preparatima, dala su promjene srednjih vrijednosti veličina presjeka, prikazane na slici 4.



Sl. 4. Postepeni porast veličina plagioklasa, piroksena i ilmenita od kontakta prema središnjem dijelu masiva gabra

Text-fig. 4. Gradual increase of the sizes of plagioclases, pyroxenes and ilmenites going from the contact towards the central part of the gabbro body.

Uzorci rubne zone gabra su afanitski, makroskopski nalik bazaltu. Struktura im je tipična porfirna. Sadrže fenokristale plagioklasa i piroksena, veličine presjeka do  $0,50 \times 1,05$  mm (uzorak 1) i  $0,35 \times 2,45$  mm (uzorak 3).

Fenokristali plagioklasa su kristalizirani kao polisintetski sraslaci i zonarno su građeni. Ponegdje su slabo izmijenjeni. U uzorku 2 mjerenjem na univerzalnom stoliću dobiveni su podaci, da im se sastav mijenja od kiselog labradora (sa 55% an) do bazičnog andezina (sa 40% an). Izmjereni su zonarno građeni plagioklasi, u kojih je središnji dio od labradora, a vanjski od andezina. Kut optičkih osi, u zavisnosti od promjene sastava, varira od  $2V_z = 78^\circ$  do  $2V_z = 88^\circ$ .

Fenokristali piroksena su bezbojni do slabo ružičasti, kadikad kristalizirani kao sraslaci, sa savršenom kalavosti vertikalnom prizmom (110) i dobrom kalavosti drugim pinakoidom (010). Pripadaju augit-diopsidnoj seriji sa  $c : Z = 42^\circ$  i  $2V_z = 60^\circ$ . Na rubovima su obično slabije ili jače uralitizirani i dijelom kloritizirani.

Osnova se sastoji od mikrolita plagioklasa izrazitog pozitivnog reljefa, te mikroznatog piroksena i amfibola. Mikroliti plagioklasa su dugoljastih presjeka, često rašljasti, raščijani i prostorno neorijentirani. Amfibol je različito zastupljen u analiziranim uzorcima. Dijelom je to uralitski ovoj oko piroksena, a dijelom hornblenda izrazitog pleohroizma: Z = zelenkast, Y = zelenkast, X = žučkastosmeđast. Ima savršenu kalavost vertikalnom prizmom (110), te  $c : Z = 19^\circ$  i  $2V_x = 71^\circ$ .

Aksesorni minerali su: ilmenit s ovojem leukoksena, alotriomorfan kvarc, magnetit, apatit i cirkon. Sekundarni sastojci su: klorit, coisit, epidot, aktinolit i kalcit, koji ispunjava nekoliko zapaženih mandula. Pirit se nalazi rijetko. Mjestimice, duž finih prslina, nalazi se limonitne supstancije, koja se od prslina difuzno širi u njenu okolinu i te dijelove boji smeđasto.

Modalni sastav uzorka 2, koji sadrži najviše hornblende od analiziranih uzoraka rubne zone, prikazan je na tabeli 1.

Tabela — Table 1  
Modalni sastav uzorka br 2  
Mode composition of sample No 2

plagioklasi — <i>plagioclases</i>	56,1%
pirokseni — <i>pyroxenes</i>	4,8%
amfiboli — <i>amphiboles</i>	23,2%
ilmenit — <i>ilmenite</i>	3,9%
klorit — <i>chlorite</i>	4,6%
kvarc — <i>quartz</i>	1,2%
kalcit — <i>calcite</i>	3,7%
ostali minerali — <i>other minerals</i>	2,5%

Zona izrazite ofitske građe nastavlja se od opisane idući ka središnjem dijelu masiva gabra, i uključuje uzorke 4 do 12. U vanjskom dijelu te zone zapaža se polagano povlačenje izrazitih fenokristala, kojih je idući prema središnjem dijelu masiva sve manje, uz postepeno povećavanje veličina zrna sastojaka. Plagioklasi su pritkasti, u prostoru isprepleteni, a klinaste intersticije su ispunjene piroksenom i amfibolom, te akcesornim mineralima i sekundarnim sastojcima.

Plagioklasi su kristalizirali kao sraslaci, slabije izraženo zonarno građeni. Mjestimice su raspucani, a fine prisline su ispunjene prvenstveno kalcitom. U nekim dijelovima zone su slabije izmijenjeni, ispunjeni coisitom, kalcitom i kloritom. Mjerenjem na univerzalnom stoliću određeni su kao andezini s 35% an do 47% an, te s kutom optičkih osi  $2V_z = 82^\circ$  do  $2V_z = 87^\circ$ .

Pirokseni i amfiboli nalaze se u ojednakom omjeru. Pirokseni su bezbojni do jedva zamjetljivo žućkasti, sa savršenom kalavosti vertikalnom prizmom (110), jasnom kalavosti drugim pinakoidom (010) i slabo izraženim lučenjem prvim pinakoidom (100). Pripadaju augitu sa  $c : Z = 42^\circ$  i kutem optičkih osi  $2V_x = 48^\circ$ . Dio piroksena manjih dimenzija od netom opisanih ima izraziti pleohroizam: Z = zelenkast, Y = slabo žućkasto zelenkast, X = slabo zelenkast, a u njima je  $c : Z = 45^\circ$  i kut optičkih osi  $2V_x = 54^\circ$ . Pirokseni su duž oboda slabije ili jače uralitizirani. Osim uralita ima i hornblende, sa savršenom kalavosti vertikalnom prizmom (110). Pleohroizam hornblende je: Z = zelenkast, Y = žućkasto zelen, X = žućkasto zmeđast. Kut optičkih osi je  $2V_x = 69^\circ$  i  $c : Z = 21^\circ$ .

Akcesorni minerali su: ilmenit s ovojem leukoksena, magnetit, kvarc, apatit i cirkon, rijetko pirit. Sekundarni sastojci su klorit, aktinolit, kalcit i mjestimice limonitna supstancija.

Mikroskopski preparat uzorka 11 presjekao je žilicu debljine 1,5 do 6,5 mm, ispunjenu coisitom. Coisit je stupićaste građe i tvori snopićaste i lepezaste agregate. Ima paralelno potamnjenje i kut optičkih osi  $2V_z = 47^\circ$ .

Modalni sastav uzorka 11 prikazan je na tabeli 2.

Tabela — Table 2  
Modalni sastav uzorka 11  
Mode composition of sample No 11

plagioklasi — <i>plagioclases</i>	61,2%
pirokseni — <i>pyroxenes</i>	11,7%
amfiboli — <i>amphiboles</i>	10,5%
ilmenit — <i>ilmenite</i>	3,9%
klorit — <i>chlorite</i>	9,6%
kvarc — <i>quartz</i>	0,4%
ostali minerali — <i>other minerals</i>	2,7%



Središnji dio masiva makroskopski se razlikuje od netom opisanih vanjskih zona izrazitom zrnatom strukturom i povećanjem dimenzija minerala. Struktura od tipične ofitske postaje sve izrazitije hipidiomorfno do alotriomorfno zrnata. Glavni sastojci su plagioklasi i pirokseni, amfibola ima malo.

Plagioklasi su kristalizirani kao polisintetski sraslaci i zonarne su građe, naglašenog stupićastog habitusa. Mjestimice, u nekim uzorcima su kataklazirani, djelomice koljenasto savijeni i nepravilno raspucani. U uzorku 19 su mjerenjem na univerzalnom stoliću određeni kao labradori (sa 57% an) do bazični andezini (sa 45% an), a u uzorku 21 kao labradori (sa 59% an) do bazični andezini (sa 44% an). Kutevi optičkih osi, u zavisnosti od promjene sastava variraju od  $2V_z = 79^\circ$  do  $2V_z = 84^\circ$ .

Pirokseni su bezbojni do slabo žućkastozelenkasti, savršene kalavosti vertikalno prizmom (110) i dobre kalavosti drugim pinakoidom (010). U krupnijim zrnima je kut optičkih osi  $2V_z = 46^\circ$  i  $c : Z = 39^\circ$ , a u sitnijim zrnima ti parametri variraju  $c : Z = 43^\circ$  do  $45^\circ$  i  $2V_z = 48^\circ$  do  $50^\circ$ . Pirokseni pripadaju augit-diopsidskoj seriji. Duž rubova su redovito slabije uralitizirani.

Hornblende ima malo. Ima jasan pleohroizam: Z = smeđozelen, Y = žućkast, X = smeđast. Kut optičkih osi je  $2V_x = 69^\circ$ , a  $c : Z = 19^\circ$ , te savršena kalavost vertikalnom prizmom (110).

U piroksenima i hornblendi su u dijelu analiziranih uzoraka zapaženi kristalodefekti, kao što je undulozno potamnjenje i segmentiranje.

Aksesorni minerali jesu: ilmenit, magnetit, kvarc, apatit i cirkon. Sekundarni sastojci jesu: klorit i u manjoj količini aktinolit, kalcit, coisit i epidot.

Modalni sastav uzorka 19 prikazan je na tabeli 3.

Tabela — Table 3  
Modalni sastav uzorka 19  
Mode composition of sample No 19

plagioklasi — <i>plagioclases</i>	64,1%
pirokseni — <i>pyroxenes</i>	19,2%
amfiboli — <i>amphiboles</i>	7,4%
ilmenit — <i>ilmenite</i>	3,5%
klorit — <i>chlorite</i>	4,4%
kvarc — <i>quartz</i>	0,3%
ostali minerali — <i>other minerals</i>	1,1%

Od izloženih rezultata mikroskopskih analiza uzoraka duž profilne linije u istraživanom masivu gabra, treba sumarno istaknuti ove značajke: — promjena strukture od rubne zone prema središnjem dijelu masiva, od porfirnih, preko ofitskih, do zrnatih struktura (tabla I, slike 1 do 4),

- promjena veličine zrna od rubne zone prema središnjem dijelu masiva (slika 4),
- plagioklasi u masivu pripadaju labradorima i andezinima,
- od femskih minerala značajan je sadržaj i odnos piroksena i amfibola. Pirokseni pripadaju augit-diopsidskoj seriji i redovno su uralizirani. Vanjske zone masiva sadrže znatnu količinu uralita i hornblende, čiji se udio idući ka središnjem dijelu masiva postepeno smanjuje,
- sastav i sadržaj akcesornih minerala, uključivo i kvarc, kojega ima uvijek ispod 2%, približno je ojednak duž analiziranog profila,
- stalni akcesorni sastojak je ilmenit, skeletaste građe, s ovojem leukoksena. Ovoj leukoksena je daleko izrazitiji u uzorcima s većim sadržajem uralita i hornblende,
- od sekundarnih minerala najviše je zastupljen klorit, količina kojega od rubne zone prema središnjem dijelu postepeno opada.
- od posebnog su značenja kristalodefekti zapaženi u salskim i femskim sastojcima, kao što su koljenasta povijanja i prskanja plagioklasa, undulozno potamnjenje piroksena i hornblende, te segmentarna građa piroksena. Osim toga, zamjećene su tlačne sraslačke lamele u sekundarnom sastojku — kalcitu. Sve te pojave ukazuju na naprezanja u masivu, do kojih je došlo nakon konsolidacije magmatske stijene, odnosno na jake tektonske pokrete, koji su djelovali na masiv.

Omotač gabra s kontaktno-metamorfnim ovojem je također uzorkovan duž profilne linije zasjeka (slika 3).

Uz sam kontakt stijena omotača je zelenkasto-smeđastosičkaste boje i slojevite građe. Finoga je zrna, pa se makroskopski ne mogu zapaziti njeni sastojci, osim finih listića sedefastoga sjaja. U mikroskopskim preparatima uzoraka uz kontakt (uzorci 1D do 4D) motrimo mikrogranoblastičnu do lepidoblastičnu strukturu. Listići liskuna (tinjaca) su u prostoru različito orijentirani i tvore mrežaste i »čipkaste« spleteve (tabla II, slike 5 i 6). Mjestimice su dijelom skeletaste građe i na krajevima češljasti i rašljasti. Pleohroitični su: X = bezbojan do slabo žućkast, Y = Z = žućkast do smeđast. Potamnjuju paralelno, imaju razvijenu kalavost baznim pinakoidom (001). Kut optičkih osi promatran u konoskopu je nešto veći, pa pripadaju slabo pleohroitičnom muskovitu. Dimenzije presjeka listića muskovita iznose oko  $0,014 \times 0,106$  mm. Intersticije spletova liskuna ispunjene su snopičastim i lepezastim agregatima listićavog, zelenkastog klorita, te zrnastim albitom i kvarcom. U mikroskopskim preparatima albit se od kvarca razlikuje prvenstveno po indeksima loma, koji su u albita niži i približno jednaki indeksu loma kanadskog balzama. Dimenzije presjeka listića klorita iznose do  $0,000X \times 0,02$  mm, a kvar-

ca i albita od  $0,004 \times 0,015$  mm do  $0,008 \times 0,050$  mm. Akcesorni minerali jesu: epidot, magnetit, rutil, hematit i apatit, ponegdje u nekim uzorcima pirit.

Približni modalni sastav uzorka 2D prikazan je u tabeli 4.

Tabela — Table 4

Približan modalni sastav uzorka 2D  
*Approximative mode composition of sample No 2D*

kvarc — <i>quartz</i>	oko — <i>about</i>	20%
albit — <i>albite</i>	oko — <i>about</i>	40%
muskovit — <i>muscovite</i>	oko — <i>about</i>	20%
klorit — <i>chlorite</i>	oko — <i>about</i>	15%
akcesorni minerali — <i>accessory minerals</i>	oko — <i>about</i>	5%

S obzirom na strukturne značajke i mineralni sastav, analizirani uzorci iz neposredne blizine kontakta sedimentnih stijena s rubnom zonom gabra predstavljaju nisko temperaturnu kontaktno-metamorfnu mineralnu asocijaciju, koju klasificiramo kao albit-kvarc-muskovit-kloritski kornit.

Analizirana kontaktna zona omotača gabra pripada muskovit-kornitskom facijesu, facijesu najnižih temperatura kontaktne metamorfoze. Taj je facijes bio odijeljen kao albit-epidotski kornit (W. S. Fyfe i drugi, 1958) i razrađen E. D i m r o t h o m (1963) kao metapelit, parageneze: kvarc-plagioklas-muskovit-biotit-klorit-rudni minerali.

Kontaktno-metamorfno izmijenjena stijena prvotno je bila pelitski sediment, koji je uz kvarc sadržavao mineralilit. Takve pelitske sedimente nalazimo u daljoj okolini masiva gabra.

Podalje od kontakta, duž profilne linije zaszeka, nalaze se sedimenti omotača, koji se makroskopski mogu odrediti kao pješčenjaci. Tipične su klastične siltitsko-psamitske strukture (tabla II, slike 7 i 8). Sadrže čestice kvarca i feldspata (plagioklasa i sericitiziranog feldspata), manje kvarcita i po koji cirkon. Ove čestice se nalaze u metamorfoziranom matriksu. Matriks je izmijenjen i sastoji se od spleta listića tinjaca i klorita, te fino-zrnatog kvarca i albita. Kontaktnom metamorfozom silita i psamita došlo je do izmjene jedino matriksa, dok su čestice klastičnih sastojaka ostale nepromijenjene. Jedino se mjestimice zapaža, kako kontaktno-metamorfni sastojci klinasto i zubičasto urastaju u alotigene čestice klastita. S obzirom na opisane promjene, uzorke duž profila od uzorka 5D do 10D možemo klasificirati kao metagrauvake i meta-subgrauvake, odnosno meta-pješčenjake. Udaljavanjem od kontakta s gabrom smanjuju se dimenzije novokristaliziranih minerala, albita, kvarca, liskuna i klorita. Tako su u uzorku 8D maksimalne veličine presjeka liskuna u izmjenjenom matriksu do  $0,005 \times 0,080$  mm. Kontaktno-metamorfne promjene matriksa grauvara i subgrauvara zapažene su do uzorka 10D.

Omotač gabra se dakle prema provedenim istraživanjima sastojao od pelitskih sedimenata i siltitsko-psamitskih klastita tipa grauvaka i sub-grauvaka s promjenljivom količinom matriksa. U neposrednoj blizini kontakta, pelitski kvarcno-ilitski sedimenti metamorfozirani su u albit-kvarc-muskovit-kloritski kornit, a siltitsko-psamitski sedimenti u meta-grauvake i meta-subgrauvake. Kontaktno-metamorfna zona kornita i meta-grauvaka široka je oko 1,5 m (slika 3).

#### 4. KEMIJSKI SASTAV GABRA I KORNITA

Od sakupljenih uzoraka duž profilne linije zasječenoga gabra i omotača, četiri uzorka su kemijski analizirani. Kemijski je analiziran uzorak tipičnog gabra zrnate strukture (uzorak 19), uzorak iz vanjskog ovoja tipične ofitske strukture (uzorak 11), uzorak iz rubne zone tipične porfirne strukture (uzorak 2), te uzorak kornita iz kontaktno-metamorfne zone (uzorak 2D). Kemijske analize su prikazane na tabeli 5. Radi usporedbe u tabeli je data kemijska analiza gabra prema A. N. Zavarickom (1956).

Tabela — Table 5  
Kemijske analize  
Chemical analyses

	1.	2.	3.	4.	5.
	%	%	%	%	%
SiO <sub>2</sub>	47,61	48,47	48,93	48,24	57,87
TiO <sub>2</sub>	2,12	2,05	1,79	0,97	0,86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,03	18,04	20,76	17,88	17,66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,59	0,13	0,09	3,16	4,96
FeO	8,39	7,72	5,50	5,95	4,16
MnO	0,20	0,20	0,17	0,13	0,07
MgO	4,88	6,44	5,96	7,51	2,37
CaO	9,48	7,38	8,50	10,99	1,32
Na <sub>2</sub> O	3,46	4,24	4,12	2,55	3,99
K <sub>2</sub> O	0,30	0,25	0,30	0,89	2,37
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25	0,30	0,27	0,28	0,21
CO <sub>2</sub>	1,67	0,53	0,35	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+110</sup>	2,85	3,99	2,82	1,45	3,67
H <sub>2</sub> O <sup>-110</sup>	0,14	0,22	0,41	—	0,18
	99,97	99,96	99,97	100,00	99,69

1. uzorak — sample No 2
2. uzorak — sample No 11
3. uzorak — samples No 19
4. sastav gabra prema A. N. Zavarickom (1956, str. 173)  
*chemical composition of gabbro after A. N. Zavaricki (1956)*
5. uzorak — sample No 2D (kornit — hornfels)

Uz glavne okside određeni su i mikro-elementi, čiji udio je prikazan na tabeli 6.

(Mikro-elemente je odredio mr. D. Šiftar, te mu i ovom prilikom zahvaljujemo)

Tabela — Table 6  
Sadržaj mikro-elemenata u ppm  
*Contents of micro-elements in ppm*

	1.	2.	3.	5.
Cr	230	320	470	200
Ni	400	500	900	400
Co	(20)	40	65	(20)
Cu	60	72	72	4
V	1100	1000	1200	430
Zr	370	370	500	520

Iz podataka kemijskih analiza izračunati su koeficijenti Zavarickog (tabela 7), Nigglijeve vrijednosti (tabela 8), normativni sastav po CIPW (tabela 9), CIPW-parametri (tabela 10), normativni feldspati (tabela 11), a za uzorak kornita Nigglijevi bazisi (tabela 12) i normativni sastav na osnovu Nigglijevih bazisa (tabela 13).

Tabela — Table 7  
Karakteristični i dopunski koeficijenti Zavarickog  
*Zavaricki's characteristic and supplement coefficients*

	1.	2.	3.	4.
s	60,0	60,5	61,8	57,2
a	8,6	10,3	10,2	7,1
c	8,0	7,7	10,0	8,7
b	23,4	21,5	18,0	27,0
Q	-5,2	-7,3	-7,0	—
a/c	1,1	1,3	1,0	—
c'	18,8	8,6	7,0	18,7
m'	37,5	53,7	60,0	48,8
f'	43,7	37,7	33,0	32,5
n	94,8	96,4	95,6	80,4
φ	14,3	1,8	1,3	—
t	3,1	3,1	2,7	—
klasa	4.—5.	5.	5.	—
gurpa	19	19	19	—
podgrupa	B	B	A	—

Tabela — *Tabla 8*  
Nigglijeve vrijednosti  
*Niggli's values*

	1.	2.	3.	5.
si	121	124	124	208
al	25,6	27,2	31,1	37,3
fm	39,8	41,8	35,0	38,3
c	25,8	20,1	23,3	5,0
alk	8,8	10,9	10,6	19,4
qz	-14	-20	-18	+31
k	0,05	0,04	0,04	0,28
mg	0,46	0,59	0,64	0,33
c : fm	0,65	0,48	0,66	0,13
ti	3,98	3,99	3,53	2,37
o	0,08	0,01	0,01	0,34
p	0,31	0,31	0,31	0,43
h	24	34	24	44

uzorak — *sample* No 2 (1.) . magma miharajska — *miharaitic*  
uzorak — *sample* No 11 (2.) . magma orbitiska — *orbitic*  
uzorak — *sample* No 19 (3.) . magma belugitska — *belugitic*

Tabela — *Table 9*  
Normativni sastav po CIPW  
*Normative compound after CIPW*

	1.	2.	3.	5.
Q	0,42	—	—	18,84
C	—	—	—	6,73
or	1,67	1,67	1,67	13,90
ab	28,82	35,63	35,48	34,06
an	29,76	28,94	36,58	4,73
wo	1,86	0,81	0,46	—
en	12,00	6,50	4,70	5,80
hy	11,09	4,59	1,19	2,24
fo	—	7,00	7,00	—
fa	—	4,28	4,69	—
mt	2,32	0,23	0,23	6,96
il	3,95	3,95	3,50	1,67
ap	0,40	0,40	0,40	0,40
cc	3,80	1,20	0,80	—
H <sub>2</sub> O	2,99	4,21	3,23	3,85
	99,08	99,41	99,03	99,18

Tabela — Table 10  
CIPW — parametri  
CIPW — parameters

1.	II	5.	4.	5.
2.	II	5.	3.	5.
3.	II	5.	4.	5.
5.	II	4.	2.	4.

Tabela — Table 11  
Normativni feldspati — Normative feldspars

1.	or <sub>2,8</sub>	ab <sub>47,8</sub>	an <sub>49,4</sub>
2.	or <sub>2,8</sub>	ab <sub>53,8</sub>	an <sub>43,7</sub>
3.	or <sub>2,3</sub>	ab <sub>47,5</sub>	an <sub>50,2</sub>
5.	or <sub>20,4</sub>	ab <sub>64,8</sub>	an <sub>9,8</sub>

Tabela — Table 12  
Nigglijevi bazisi kornita (uzorak 2D)  
Niggli's basises of hornfels (sample No 2D)

Q	41,5	Hz	1,8
Ru	0,6	C	5,0
Kp	8,8	Fo	4,3
Ne	22,9	Fa	4,3
Cal	3,5	Fs	5,2
Sp	1,8	Cp	0,3

Tabela — Table 13  
Normativni sastav kornita (uzorak 2D)  
Normative compound of hornfels (sample No 2D)

kvarc — quartz	18,9%
albit — albite	38,2%
anortit — anortite	5,8%
muskovit — muscovite	19,6%
klorit — chlorite	12,1%
magnetit — magnetite	2,8%
rutil — rutile	0,6%
hematit — hematite	1,7%
apatit — apatite	0,3%

Kemijski sastav analiziranih uzoraka uzetih s različitih mjesta masiva, od rubne zone prema središnjem dijelu, varira u relativno uskim granicama. Od rubnog dijela prema središnjem dijelu masiva utvrđen je slabi porast  $\text{SiO}_2$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , te slabi pad udjela  $\text{TiO}_2$  i  $\text{FeO}$  i mala variranja ostalih oksida. Rubni dio posebno je obogaćen s  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Izračunate Nigglijeve vrijednosti ukazuju, da se radi o gabroidnoj magmi s tendencom ka dioritnoj. Na gabroidnu magmu koja tendira ka dioritnoj ukazuju i koeficijenti Zavarickog. Normativni sastav analiziranih uzoraka po CIPW-metodi razlikuje se od modalnog sastava, prvenstveno zbog toga, što analizirani uzorci sadrže amfibola i klorita. Normativni feldspati su sastava približnog kao i modalni, mjereni na univerzalnom stoliću. Njihova je količina međutim nešto veća u norm-sastavu, jer su u konstituciji feldspata norm-sastava ušli dijelovi oksida  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  i alkalija, koji se nalaze u femskim sastojcima.

Prema klasifikaciji eruptivnih stijena po A. Streckeisen u (1965) analizirane stijene klasificiramo kao gabro — grupa 10 sa  $M > 10$  i  $An \leq 50$  — koji s obzirom na sastav plagioklasa — kiseli labrador i bazični anezin — gravitira prema dioritu.

Pošto se normativni sastav kornita (uzorka 2D) izračunat po Metodi CIPW razlikuje od modalnog, zbog mineralnog sastava i komponenata koje ne ulaze u konstituciju norm-minerala, izračunali smo Nigglijeve baze i norm-sastav na osnovi bazisa, koji se približava vrijednostima modalne analize.

## 5. STAROST GABRA

Masiv gabra okružen je klastičnim pelitsko-siltitsko-psamitskim sedimentima gornje krede. Intruzija gabra je plitka, hipoabisalna, s brzo hladenom i očvrstnutom vanjskom rubnom zonom. Uslijed toga došlo je do tvorbe rubnog dijela koji makroskopski nalikuje na bazalt, s izrazitom porfirskom strukturom, da bi prema unutrašnjosti struktura bila ofitska i prema središnjem dijelu masiva zrnasta. Idući od rubne zone prema središnjem dijelu postepeno se povećavaju dimenzije sastojaka. Vanjska zona masiva ima mineralnu paragenezu koja je tipična za nisko-metamorfne stijene facijesa zelenih škriljavaca — klorit, aktinolit, epidot i kalcit.

Gabro je u omotaču izvršio nisko temperaturnu kontaktno-memorfnu promjenu klastičnih sedimenata gornjo-kredne starosti. Uz kontakt gabra došlo je do tvorbe kornita s paragenezom: albit-kvarc-muskovit-klorit. Jako su izmijenjeni prvenstveno peliti. U grauvakama i subgrauvakama omotača došlo je do metamorfoze jedino matriksa, dok su klastične čestice kvarca i feldspata ostale praktički nepromijenjene. Intenzitet spomenutih promjena, idući od kontakta dalje u omotač gabra, postepeno slabi, da se nakon zone od 1,5 m pojave metamorfoze potpune izgube.



Time smo upotpunili dosadašnju sliku o eruptivnim stijenama gornjo-kredne starosti, pa se dijabazu (i serpentinu) Kalnika (J. Poljak, 1942) dijabazu Samoborskog gorja (M. Herak, 1956), dijabazu Ivanščice (M. Herak, 1960), te dijabazu i gabru Medvednice (B. Crnković, 1963), priključio i gabro Kalnika.

Primljeno 20. 02. 1974.

Zavod za mineralogiju, petrologiju  
i ekonomsku geologiju  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu  
41000 Zagreb, Pierottijeva 6

### LITERATURA

- Crnković, B. (1963): Petrografija i petrogeneza magmatita sjeverne strane Medvednice. Geol. vjesn. 16, 63—160. Zagreb.
- Dimroth, E. (1963): Untersuchungen zum Mechanismus von Blastesis und Syntexis in Phylliten und Hornfelsen des südwestlichen Fichtelgebirges. Teil 2a. Tschermarks mineral. petrogr. Mitt., (3), 8 3, 361—402. Wien.
- Foetterle, F. (1861—2): Bericht über Aufnahmen im nordwestlichen Croatien. Verhandl. geol. Reichsanst. 12/1, 124, Wien.
- Fyfe, W. S., Turner, F. J. & Verhoogen, J. (1958): Metamorphic reactions and metamorphic facies. Geol. Soc. Amer. Mem. 73.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1907): Die geotektonischen Verhältnisse des Agramer Gebirges und die mit denselben im Zusammenhang stehenden Erscheinungen. Anhang zu Abhandl. preuss. Akad. Wiss, 1—30, Berlin.
- Herak, M. (1956): Geologija Samoborskog gorja. Acta geologica JAZU, 1, 49—74. Zagreb.
- Herak, M. (1960): Kreda s ofiolitima u Ivanščici. Acta geologica JAZU, 2, 111—117. Zagreb.
- Kišpatić, M. (1913): Kristalinsko kamenje Kalnika. Rad Jugosl. akad., 200, 161—174. Zagreb.
- Koch, F. (1918): Die oberen Kreideschichten des Kalnik Gebirges in Kroatien. Glasnik Hrv. prir. dr., 30, 49—58. Zagreb.
- Poljak, J. (1942): Prilog poznavanju geologije Kalničke gore. Vjesnik Hrv. drž. geol. zav. i Hrv. drž. geol. muz., 1, 53—92. Zagreb.
- Streckeisen, A. (1965): Die Kalissifikation der Eruptivgesteine. Geol. Rdsch., 55, 478—491. Stuttgart.
- Vukasović, Ž. (1879): Pabirci za zemljoslavlje Dalmacije, Hrvatske, i Slavonije. Rad Jugosl. Akad 46, 166.—278. Zagreb.
- Vukotinović, L. J. (1853): Einige Mittheilungen über das Kalniker Gebirge in Croatien. geol. Reichsanst., 4/3, 550—552. Wien.
- Wolf, H. (1861—2): Geologische Verhältnisse des Kalnik Gebirges und der Umgebung von Warasdiner Töplitz in Croatien. Verhandl. geol. Reichsanst. 12, 229. Wien.
- Zavarickij, A. N. (1956): Izverženie gornie porodi. Izd. Ak. nauk, 478 str. Moskva.

B. CRNKOVIĆ, V. BABIĆ and I. TOMAŠIĆ

THE GABBRO OF HRUSKOVEC NEAR LJUBEŠČICA  
ON MOUNT KALNIK (NORTHERN CROATIA)

In the northwestern part of Mount Kalnik, in the area of Hruškovec near Ljubešćica, not far from Novi Marof (text-fig. 1), an autochthonous gabbro body has been discovered, surrounded by Cretaceous clastic sediments (text-fig. 2). The crystalline rocks of Kalnik, including the gabbro, have been described in detail by M. Kišpatić (1913), but he had found solely the boulders and pebbles of these rocks on the secondary deposit. The discovered gabbro body has a diameter of 80 m approximately.

The intrusive gabbro body, together with the enveloping rocks, has been incised by geological research works, so that a larger profile (text-fig. 3) was opened, along which a series of samples for microscopic and chemical examinations were taken.

The chilled contact of gabbro is of afanite appearance and it has the typical porphyritic texture, with the phenocrysts of plagioclases and pyroxenes in the groundmass of microlites of plagioclases and granular pyroxenes and amphiboles (Plate I, figs. 1 and 2). Plagioclases range from labradorite with 55 percent An to andesine with 40 percent An. The pyroxenes belong to the augite-diopsidic series. They are uralitized along their boundaries. The accessory minerals are ilmenite surrounded by leucoxene, quartz, magnetite, apatite and zircon. The secondary components are chlorite, zoisite, actinolite, epidote, calcite, and seldom pyrite. The mode of composition of No. 2 sample is given in Table 1.

After this zone there follows a part of clearly ophitic texture (Plate I fig. 3). The main components in this part of gabbro body are plagioclases, pyroxenes and amphiboles. The mode of composition of No. 11 sample from this zone is given in Table 2.

The central part of the body is of a typical granular texture, hypidiomorphic to xenomorphic (Plate I, fig. 4). The main components are plagioclases, labradorite with 59 percent An to andesine with 44 percent An, and pyroxenes of the augite-diopsidic series. The accessory minerals are ilmenite, magnetite, apatite, zircon, and quartz. The mode of composition of No. 19 sample is given in Table 3.

The existence of low temperature contact metamorphosis phenomena was ascertained in the sediments surrounding the gabbro body. Beside the contact with gabbro there is the albite-quartz-muscovite-chlorite hornfels (Plate II, figs. 5 and 6), originated through the metamorphosis of the quartz-illitic pelitic sediments. The approximate mode of composition of hornfels of the No. 2D sample is given in Table 4. The accessory components in the hornfels are epidote, magnetite, rutile, hematite, apatite, and in places pyrite.

Somewhat further from the gabbro contact, the metagraywacke, metasubgraywacke, and metasandstone, in which the metamorphosis of the matrix occurred, have been ascertained. The thickness of the metamorphosis zone is 1.5 m.

The chemical analysis of gabbro and hornfels, as well as of the contents of micro-elements in ppm, Zavaricki's characteristic and supplement coefficients, Niggli's values, normative compound after CIPW, CIPW-parameters, composition of normative feldspars, Niggli's bases of hornfels and normative compound of hornfels are given in Tables 5 to 13.

With respect to the textural characteristics, mineral and chemical composition, the examined body consists of gabbro which tends to diorite.

The basic characteristics of the examined gabbro of Kalnik are the following:

- change of texture, starting from the boundary zone towards the central part of the body, from the porphyritic through the ophitic to the granular one (Plate I, figs. 1 to 4), with gradual increase of the size of grains (Text-fig. 4);
- plagioclases in the body are labradorites and andesines;
- as to the femic minerals, the contents and ratio of pyroxene and amphibole are of significance. Pyroxenes belong to the augite-diopsidic series. Along their boundaries they are uralitized. The quantity of hornblende and intensity of uralitization decrease from the boundary zone towards the central part of the body;
- accessory minerals are ilmenite with leucoxene, quartz-xenomorphous and always under 2 percent, magnetite, apatite and zircon. The coating of leucoxene around ilmenite is far more pronounced in samples with greater uralite and hornblende contents;
- secondary minerals are chlorite, actinolite, zoisite, epidote, calcite, hematite and limonite. The quantity of chlorite decreases also gradually from the boundary zone towards the central part of the body;
- the contact metamorphosis aureole around the gabbro body is 1,5 m thick and consists of two parts. The albite-quartz-muscovite-chlorite hornfels, originating through the contact metamorphosis of the quartz-illitic pelite, is adjacent directly to the contact area. The hornfels is surrounded by a zone of metagraywacke and metasubgraywacke in which the metamorphosed matrix has the same paragenesis as in hornfels;
- the contact metamorphosed clastic pelitic-siltitic-psammitic sediments are of the Upper Cretaceous age. In this way the gabbro body in Kalnik, with its contact metamorphosis rocks, increases the number of eruptive rocks of the Upper Cretaceous age known and described so far and joins the diabase (and serpentine) of Kalnik (J. Poljak, 1942), the diabase of Samoborsko Gorje (M. Herak, 1956), the diabase of Ivanščica (M. Herak, 1963), and the diabase and gabbro of Medvednica (B. Crnković, 1963).

Received 20 February 1974

*Institute for Mineralogy, Petrology  
and Economic Geology,  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum  
Engineering, University of Zagreb  
41000 Zagreb, Pierottijeva ul. 6*

TABLA — PLATE I

1. Porfirna struktura rubne zone gabra. Uzorak br. 1 + nikoli.
1. The porphyritic texture of the chilled contact of gabbro. Sample No. 1, + Nicols.
2. Porfirna struktura rubne zone gabra. Uzorak br. 2, + nikoli.
2. The porphyritic texture of the chilled contact of gabbro. Sample No. 2, + Nicols.
3. Ofitska struktura ruba gabra. Uzorak br. 11, + nikoli.
3. The ophitic texture of the border of gabbro. Sample No. 11, + Nicols.
4. Zrnata struktura središnjeg dijela gabra. Uzorak br. 20, + nikoli.
4. The granular texture of the central part of gabbro. Sample No. 20, + Nicols.



1



2



3



4

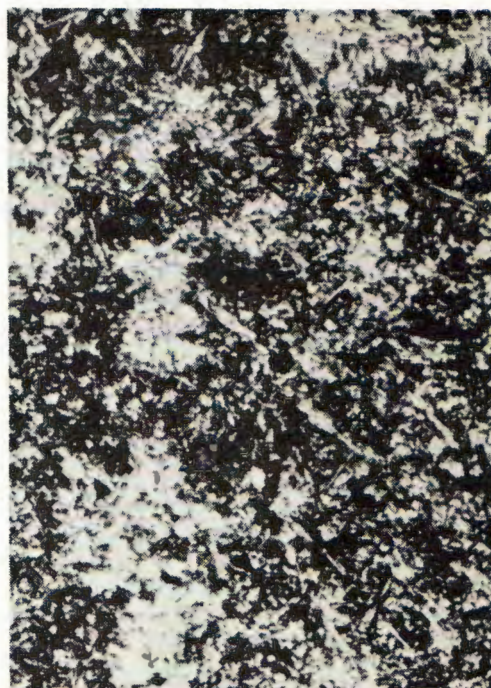
TABLA — PLATE II

5. Albit-kvarc-muskovit-kloritski kornit iz kontaktne zone s gabrom. Uzorak br. 2D, jedan nikol.
5. Albite-quartz-muscovite-chlorite hornfels on the contact with the gabbro. Sample No. 2D, One Nicol.
6. Isto što i na slici 5, samo + nikoli
6. Same as fig. 5, but + Nicols.
7. Metagrauvaka, nešto udaljenija od kontakta s gabrom. Uzorak br. 5D, jedan nikol.
7. Metagraywacke, somewhat further from the gabbro contact. Sample No. 5D, One Nicol.
8. Isto što i na slici 7, samo + nikoli.
8. Same as fig. 7, but + Nicols.



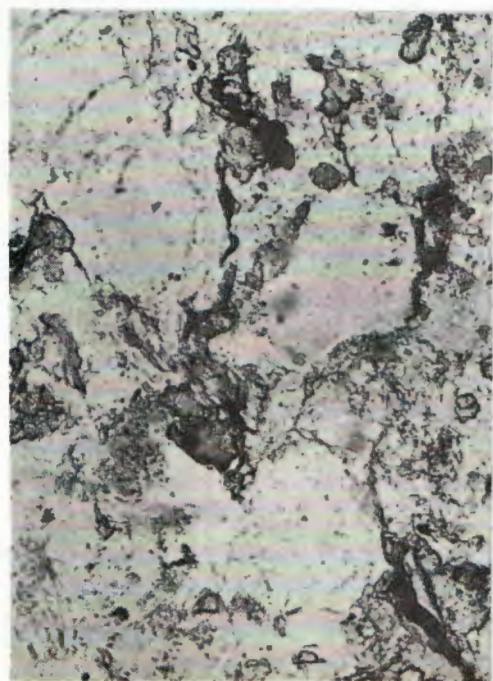
0,2mm

5



0,2mm

6



0,2mm

7



0,2mm

8