

GEOLOŠKI VJESNIK	44	89 - 119	10 Tab.	3 Sl.	ZAGREB 1991
------------------	----	----------	---------	-------	-------------

## AKCESORNI GLAUKOFAN U MIOCENSKIM NASLAGAMA HRVATSKOG ZAGORJA, SAMOBORSKE GORE, MEDVEDNICE I DILJ-GORE (HRVATSKA)

Rozalija MUTIĆ<sup>1</sup> i Radana DMITROVIĆ<sup>2</sup>

**Ključne riječi:** Akcesorni, detritalni, mineral, glaukofan, miocen, Hrvatsko zagorje, Samoborska gora, Medvednica, Dilj-gora, Hrvatska.

**Key words:** Accessory, detrital, mineral, Glaucofane, Miocene, Hrvatsko Zagorje, Samoborska Gora, Medvednica, Dilj-Gora, Croatia.

U terigenom detritusu miocenskih naslaga Hrvatskog zagorja, Samoborske gore, Medvednice (Zagrebačke gore) i Dilj-gore određen je akcesorni glaukofan. Determiniran je u sastavu teške frakcije prozirnih minerala. Utvrđena je učestalost glaukofana u uzorcima, interpretirani njegovi mikrostrukturni elementi i morfološka obilježja, izdvojene i pretpostavljene dvije generacije glaukofana i polifazni metamorfizam. Rezultati SEM analize pokazali su razlike u količinskim udjelima Fe i Mg u sastavu glaukofana iz područja Medvednice i Dilj-gore. Istraživanja glaukofana u području Medvednice pona jviše upućuju na blisko izvorište, tj. u sastavu metamorfnih stijena same Medvednice. Matična stijena glaukofana u području Hrvatskog zagorja vjerojatno je u sklopu tektonskih složenih struktura tog područja. Glaukofaniti u metamorfnom kompleksu Motajice kao i glaukofanski škriljci Fruške gore moguća su izvorišta detritalnog glaukofana u području Dilj-gore.

Accessory glaucofane was determined in the terrigenous detritus of the Miocene deposits in Hrvatsko Zagorje, Samoborska Gora, Medvednica (Zagrebačka Gora) and Dilj-Gora. It was determined in the composition of the heavy fraction of transparent minerals. The frequency of glaucofane in the samples was determined. Also its microstructural elements and morphological features were noted and interpreted and two generations of glaucofane were separated with the assumption of their existence as well as of a polyphase metamorphism. The results of the electron probe microanalysis showed differences in the quantities of Fe and Mg participating in the composition of the glaucofane from the areas of the Medvednica and Dilj-Gora mountains. The research in glaucofane from the area of Medvednica mostly indicate a near source that is located in the metamorphous rocks of mount Medvednica. The source area of the glaucofane in the area of Hrvatsko Zagorje presumably belongs to the complex tectonic structures of that area. Glaucofanites in the metamorphous complex of the mount Motajica, as well as the glaucofane shales of the mount Fruška Gora are the possible sources of detrital glaucofane in the area of Dilj-Gora.

### 1. UVOD

Tijekom više desetljeća u petrologiji metamorfnih stijena glaukofan zajedno s lavsonitom i pumpellitom smatra se kritičkim mineralom specifičnih uvjeta metamorfizma onih stijena u kojima se pojavljuju (ESKOLA, 1939, u: BROUWER & EGELER, 1952). To su visoki tlak i niska temperatura koji su karakteristični za događaje vezane za konvergenciju litosferičnih ploča u zonama subdukcije. Glaukofan se javlja samo u metamorfnim stijenama, kristalastim škriljcima i gnajsima. Glavni je mineral glaukofanskih škriljaca (blueschists).

Upravo zbog specifičnih uvjeta geneze glaukofana, a za razliku od većine karakterističnih detritalnih minerala u terigeno-klastičnim naslagama, glaukofan i nije posvudašnji mineral. Zbog toga su neobične, ali značajne pojave glaukofana u erozionom reziduumu sedimenata nekog područja ili regije.

Prvi podaci o akcesornom glaukofanu u miocenskim naslagama na jugoistočnim obroncima Medvednice objavljeni su u radu MUTIĆ (1969, tabela I). Kasnije je glaukofan utvrđen i u području Hrvatskog zagorja (MUTIĆ, 1970, 1981). Svi ti objavljeni kao i brojni

neobjavljeni podaci o akcesornom glaukofanu u području Medvednice, Samoborske gore, Hrvatskog zagorja i Dilj-gore obuhvaćeni su ovim zajedničkim prikazom istraživanja i interpretacijom rezultata (sl.1). Rasprostranjenost uzoraka s glaukofanom u istraživanim područjima, njegova učestalost u mineralnim asocijacijama i utvrđena njegova morfološka obilježja, sve to zajedno upućuje i usmjeruje na njegova izvorišta, odnosno matične stijene o kojima u geološkoj građi sjeverozapadne i središnje Hrvatske nema nikakvih podataka.

U istraživanim je područjima glaukofan determiniran u mineralnom sastavu terigeno-klastičnih naslaga miocena, i to u grauvakama, subgrauvakama, zatim u kalkarenitima, pjeskovitim laporima, glinovitom siltu i siltnim glinama, a također i u nevezanim pjeskovitim konglomeratima. Glaukofan je utvrđen i u tufnim naslagama Medvednice, gdje je u mineralnom sastavu marinske sredine taloženja dolazilo do miješanja terigenih s vulkanogenim mineralima.

Ujedno se u ovom uvodnom poglavlju želi naglasiti i to, da je iz serije alkalnih amfibola u težište ovih

<sup>1</sup> Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, p.p.268, Zagreb, Croatia

<sup>2</sup> Metalurški fakultet, Istraživačko-razvojni institut, Aleja nar. heroja 1, Sisak, Croatia

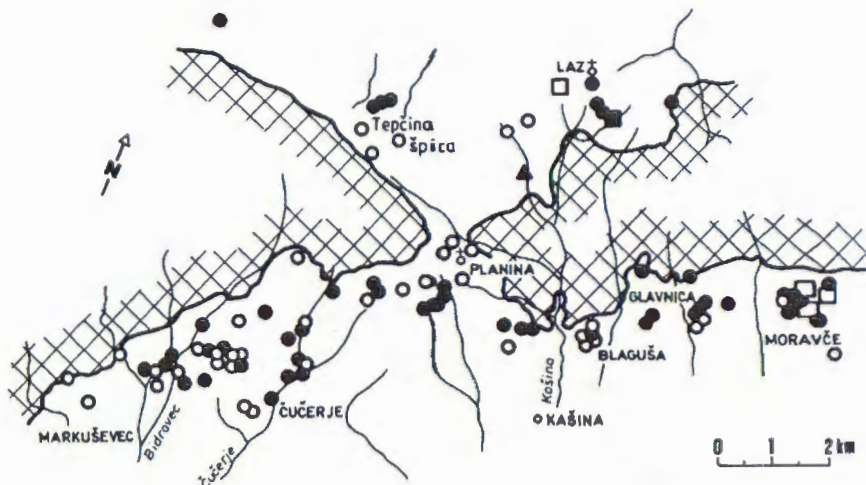
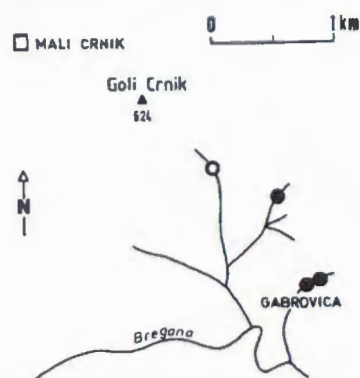
**RASPODJELA UZORAKA MIOCENA S GLAUKOFANOM U PODRUČJIMA :**  
**DISTRIBUTION OF THE MIOCENE SAMPLES WITH GLAUCOPHANE IN THE AREAS OF :**

**1. HRVATSKO ZAGORJE**

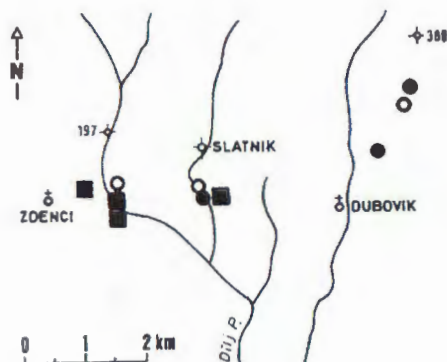


**3. MEDVEDNICA**

**2. SAMOBORSKA GORA**



**4. DILJ GORA**



**LEGENDA - LEGEND :**

SIMBOLI ZA BROJ ZRNA  
 GLAUKOFANA U %  
 SYMBOLS FOR THE NUMBER OF  
 GLAUCOPHANE GRAINS IN %

- 0 - 1%
- 1 - 5%
- ◻ 6 - 8%
- ◼ 10 - 18%
- ▲ 36%

- ▨ predmiocenske stijene  
rocks older than Miocene
- geološki profil „Vinagora“  
geologic cross-section „Vinagora“
- ⊕ bušotine „Pregrada“  
boreholes „Pregrada“



Slika 1. Raspodjela uzoraka miocena s glaukofanom u područjima: Hrvatsko zagorje, Samoborska gora, Medvednica (Zagrebačka gora) i Dilj - gora.

Fig. 1. Distribution of the miocene samples with glaucophane in the areas of: Hrvatsko Zagorje, Samoborska Gora, Medvednica (Zagrebačka Gora) and Dilj - Gora.

istraživanja uzet glaukofan zbog toga što je najčešći od njih; krosit je rjeđi, najčešće je u ulozi tamnomodne jezgre glaukofana, dok je ribekit u ovim istraživanjima ekstremno akcesoran modri amfibol.

Preliminarne rezultate tih istraživanja glaukofana autori su prikazali u referatu na XII. kongresu geologa Jugoslavije u Ohridu 1990. godine.

## 2. PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Hrvatsko zagorje. - U tom je području određen akcesorni glaukofan u naslagama donjeg miocena i tortona u bušotinama "Pregrada" (sl.2; u: MUTIĆ, 1970) zatim u naslagama gornjeg oligocena-donjeg miocena i tortona u profilu "Vinagora" i naslagama s površine (MUTIĆ, 1981).

U svemu je ovim prikazom iz područja Hrvatskog zagorja obuhvaćeno 60 uzoraka s glaukofanom u njihovom mineralnom sastavu.

Samoborska gora. - U tom je području glaukofan utvrđen u pet uzoraka nevezanih pjeskovitih konglomerata iz naslaga donjeg helveta.

Medvednica. - Ovo je područje najobilnije uzorcima s glaukofanom (sl.1). Naslage s glaukofanom odgovaraju donjem helvetu, tj. bazi tercijara u tom području, zatim gornjem helvetu (karpat) i tortonu. Obilnijim se glaukofan pokazao u uzorcima uz granicu sa starijim naslagama od tercijara, tj. uz sjeveroistočno krilo ili jezgru Medvednice, negoli uz jugozapadno krilo. Glaukofan je utvrđen i u nekoliko uzoraka naslaga tortona na krajnjem jugozapadnom rubu Medvednice. U svemu je u ovom području registrirano 95 uzoraka s glaukofanom u koje su uključeni i uzorci iz nekoliko izdanaka tufnih naslaga.

Dilj-gora. - Akcesorni je glaukofan determiniran u 10 uzoraka u području Dilj-gore, i to u uzorcima iz naslaga tortona i sarmata, a u pliocenskim naslagama utvrđen je samo u jednom uzorku.

Predma na slici 1. nisu označeni, ipak su vrijedni spomena i nalazi glaukofana u uzorcima kvartara, i to u pleistocenu na južnim obroncima Dilj-gore, u srednjem pleistocenu u bušotini B-1 nedaleko Gundinaca na dubinskom intervalu 70 m i u fluvijalnom nanosu holocena u profilu glinokopa Dilj-1 na periferiji Vinkovaca (MUTIĆ, 1990).

## 3. METODE ISTRAŽIVANJA

Glaukofan je u istraživanim područjima determiniran u mineralnom sastavu teške frakcije svakog pojedinog uzorka.

Kvalitativna i kvantitativna odredba elementa u sastavu glaukofana izvršena je analizom elektronskim mikroanalizatorom.

### 3.1. TEŠKA FRAKCIJA

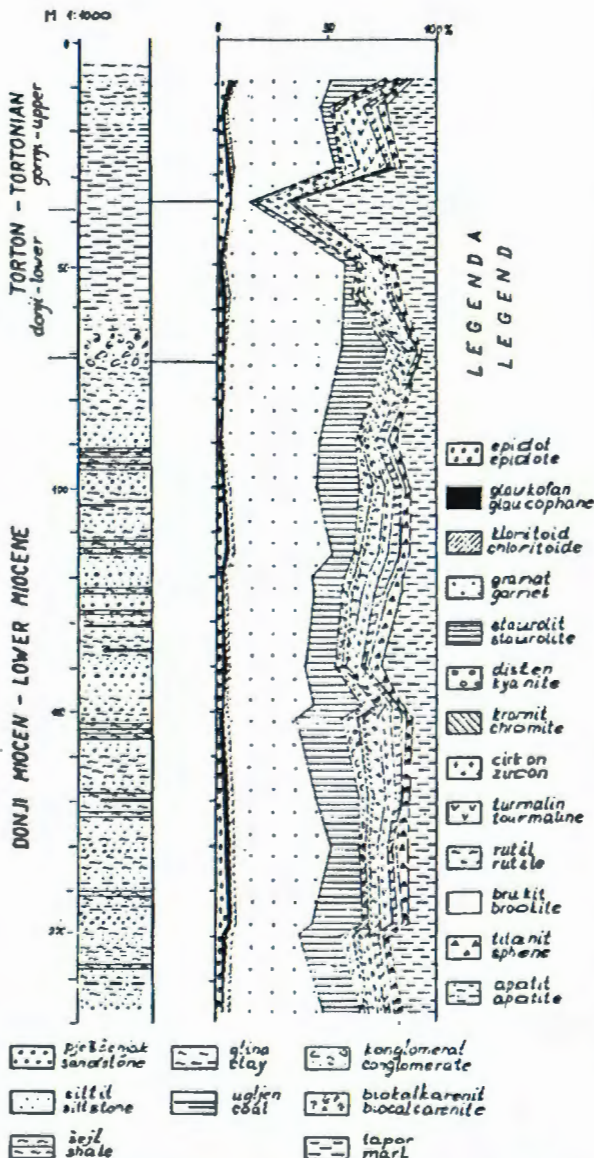
Mineralni je sastav uzoraka određen u frakciji veličina zrna 0,045 - 0,150 mm. Separacija teške i lake frakcije izvršena je pomoću bromoforma gustoće 2,89.

Sastav teške frakcije determiniran je u mikroskopskim preparatima pomoću polarizacijskog mikroskopa i binokularne lupe. Količinski udjeli mineralnih vrsta, a u odnosu na sveukupni sastav minerala, izraženi su u postocima broja zrna dotičnih minerala. Različitim simbolima označeni uzorci u istraživanim područjima ujedno su izraženi i odgovarajući iznosi glaukofana u sastavu prozirnih zrna teških minerala, što je prikazano shemom u legendi na slici 1.

### 3.2 SEM-EM

(scanning electron microscopy and electron probe microanalysis)

Pomoću binokularne lupe iz teške su frakcije izdvojena sićušna zrnca modrog glaukofana i stavljena



Slika 2 Glaukofan u mineralnom sastavu uzoraka bušotine "Pregrada" - 4 .,prema MUTIĆ (1970).

Fig. 2 Glaucophane in the mineral composition in the samples from the "Pregrada" - 4 borehole. After MUTIĆ (1970).

na stakalca s balzomom veličine 1 cm<sup>2</sup>. Analiza minerala obavljena je scanning elektronskim mikroskopom-elektronskim mikroanalizatorom JEOL-JXA -50A. Snimanje je obavljeno u slici sekundarnih elektrona (SEI) pri povećanjima 200 x i 1000 x (KRUTOV et al., 1976), te u karakterističnom rendgenskom zračenju za elemente: Al, Si, Na, Fe i Mg na povećanju 1000 x (KRUTOV et al., 1976). Zbog opaženih razlika u intenzitetima željeza i magnezija u zrnima glaukofana s oznakom Medvednica i zrnima glaukofana s oznakom Dilj-gora za ista su zrna minerala snimljene difrakcijske krivulje intenziteta K $\alpha$  linija pri istoj osjetljivosti (1 K x 0,5 za Fe i 100 x 1 za Mg). Od svakog je uzorka analizirano po 8 zrna glaukofana. Rezultati analiza prikazani su u obliku snimaka (table: I, II, III) i difrakcijskih krivulja intenziteta K $\alpha$  linija za Fe i Mg (sl.3).

#### 4. REZULTATI ANALIZA

##### 4.1. MINERALOŠKA ANALIZA

Količina teške frakcije u 170 analiziranih uzoraka varira od 0,08 - 4,60 %; iznimno je veća u tri uzorka gdje predstavlja: 5,90 %, 7,25 % i 10,00 %.

Odredbom mineralnih zrna teške frakcije izdvojena su prozirna zrna teških minerala koja predstavljaju zasebnu skupinu frakcije svakog uzorka. Sveukupni broj determiniranih prozirnih zrna teških minerala u pojedinim uzorcima je različit i varira u intervalu od 210 - 340 zrna. U nekoliko je uzoraka taj broj zrna niži i kreće se od 150 - 192 zrna. Učešće glaukofana u tom sastavu uzoraka zastupano je s dva, tri pa naviše sve do 18 zrna, a u četiri uzorka glaukofan je zastupan s 26, 27, 32 i 40 zrna. Maksimalno učešće glaukofana utvrđeno je samo u jednom uzorku u čijem su sastavu determinirana 274 prozirna zrna teških minerala od kojih 100 zrna odgovara glaukofanu.

Determinacija je glaukofana u analiziranim uzorcima izražena u prvom redu distribucijom uzoraka u istraživa-nim područjima. Učestalost glaukofana izražena postotkom broja njegovih zrna u sastavu svakog tog uzorka nalazi se u odgovarajućim intervalima koji su u legendi na slici 1. obilježeni posebnim simbolima.

S količinskim udjelima glaukofana 0-1 % u istraživanim je područjima označeno 78 uzoraka, a u intervalu 1-5 % kreće se učešće glaukofana u 81 uzorku, što u odnosu na sveukupni broj uzoraka s glaukofanom, njih 170, predstavlja 93 %. Tu su uključeni i uzorci koji nisu mogli biti iskazani na slici 1, tj. uzorci iz bušotina Predgrada i profila Vinagora kao i uzorci iz izdanaka tufnih naslaga. Učestalost 6 - 8 % glaukofana odnosi se na sastav 4 uzorka u području Medvednice i jedan uzorak iz Samoborske gore. S količinskim udjelima glaukofana 10 - 18 % obilježen je uzorak uz sjeveroistočno krilo starijih naslaga Medvednice i četiri uzorka u području Dilj-gore. Uzorak s najobilnijim glaukofanom (36%) u mineralnom sastavu također je blizu granice starijih naslaga sjeveroistočnog krila Medvednice (sl.1).

U mineralnom sastavu uzoraka zastupana su više-

manje kraća prizmatska zrna glaukofana koja su nastala poprečnim lučenjem kristala. Duljine zrna glaukofana variraju od 0,110 - 0,292 mm, dok im se širine kreću u rasponu 0,058 - 0,220 mm. Krajnje su rijetka zrna glaukofana na kojima su zbog lučenja (parting) ostale sačuvane terminalne plohe, što se vide na glaukofanu uzorka iz područja Medvednice (tabla VIII, sl. 4, 6). U tom istom uzorku, u kojem je najobilnije zastupan glaukofan i u čijem su sastavu utvrđena najsvježija zrna, primijećena su vrlo svježja polusferična zrna glaukofana s terminalnim plohama (sl.2). I u Samoborskoj gori našla su se takva zrna (tabla IX, sl. 3).

U ovim su istraživanjima detritalnog glaukofana utvrđeni različiti učinci trošenja njegovih zrna. Trošenje je glaukofana naročito izraženo na većini zrna iz područja Dilj-gore. Ono se na tim zrnima očituje u sve dubljem prodiranju korozijskih učinaka s krajeva zrna i dalje uzduž pukotina kalavosti. Trošenje je evidentno i po rubovima cijelih zrna, pa samo tu i tamo vidljivi dijelovi pukotina kalavosti upućuju na izduženje zrna. Rubovi su zrna kao raščihani, ponegdje nejednoliko stepeničasto nazubljeni. Sve je to pospješivalo odvajanje pojedinih djelića zrna koja se u preparatima katkada susreću u neposrednoj blizini matičnog zrna. Poprečna udubljenja što podsjećaju na "zaljeve" vjerojatno su zaostale praznine od negdašnjih susjeda minerala u matičnoj stijeni (table: IV, sl. 2, 3, 4; V, sl.2, 2a). Na tim se zrnima katkada primjećuje i fibrozna struktura. Zrna zatim sadrže inkluzije fino raspršene nečistoće, pojedinačna sićušna neodređiva zrna rastrožbe, a pojedini su dijelovi zrna više-manje prekriveni pigmentom i mrljama smeđastolimonitične supstancije (table: IV, sl. 1, 1a, 2, 3, 5; V, sl. 1, 1a).

Na prizmatskim zrnima glaukofana u području Medvednice, Samoborske gore i Hrvatskog zagorja, počecima korozijskih učinaka naročito su pogodovale najtanje poprečne pukotinice odakle se korozija širila i sve više pridonosila odvajanju izjedanih dijelova zrna (tabla VII, sl. 8).

Mehanički karakter trošenja je međutim više izražen na glaukofanu iz područja Medvednice, Samoborske gore i Hrvatskog zagorja. Tu se susreću, i to češće krupnija negoli sitnija, subzaobljena i zaobljena zrna glaukofana (table: VI, sl. 1-5; IX, sl. 2. 2a; X, sl. 1, 5, 5a). Neka su od tih zrna znatno korodirana ali uglavnom po površini zrna na što upućuju limonitične, smeđaste i crne izjedine, zatim neodređive izmijenjene mineralne inkluzije kao i poput prašine raspršena crna nečistoća. Fibroznu strukturu pokazuje glaukofan iz Samoborske gore (tabla IX, sl.1). Nepravilne pukotinice, često preko cijelog zrna česte su i dobro izražene na krupnijim zrnima glaukofana iz područja Medvednice i Hrvatskog zagorja (table: VI, sl. 1, 2, 4, 4a, 5; VII, sl. 1, 1a; X, sl. 1, 2).

Glaukofan često sadrži inkluzije izduženih sićušnih kristala cirkona koji su gotovo redovito orijentirani paralelno osi [001] (table: VII, sl. 6, 7; X, sl. 8, 9). Subparalelno ali i divergentno raspoređene obilne inkluzije cirkona poput najfinijih iglica vide se u glaukofanu iz područja Medvednice (tabla VII, sl. 9).

U pukotinama kalavosti glaukofana iz Dilj-gore također su duljinom nanizani sićušni kristali cirkona (tabla IV, sl.1, 1a). Cirkonu vjerojatno odgovaraju i inkluzije u glaukofanu Medvednice što se vide na snimci SEI, 1000 x (tabla III).

Česte su također inkluzije rutila u glaukofanu. Paralelno orijentirane smeđaste izdužene sub-sferične forme u glaukofanu Dilj-gore (tabla IV, sl. 2) vjerojatno odgovaraju izmijenjenom rutilu. I druga zrna glaukofana na istoj tabli (sl. 4, 5) sadrže inkluzije rutila. Može se reći da je rutil primijećen u glaukofanu iz svih područja ovih istraživanja (table: VII, sl. 4, 7; VIII, sl. 4, 8; IX, sl. 1; X, sl. 2, 6).

Naročito su izražajne forme inkluzija istaknutog reljefa u glaukofanu iz naslaga gornjeg oligocena - donjeg miocena profila Vinagora u Hrvatskom zagorju (tabla X, sl. 7). Zbog boje domaćina odredba je inkluzija nesigurna, a pretpostavlja se da odgovaraju granatu.

Na dubinskom horizontu 169/2 u bušotini Predgrada - 4 utvrđen je u mineralnom sastavu reliktno zajedništvo dvaju minerala u matičnoj stijeni, a čine ga dva svježija zrna slabo ružičasto-svijetlodrog glaukofana s utisnutim svježim kloritom između njih (tabla X, sl. 5, 5a).

Glaukofan se odlikuje lijepom bojom, i to u nijansama od svjetlodre (tabla IX, sl. 6) - poznat kao gastaldit - pa sve do tamnomodre boje. Postepeni prijelazi od tamnomodre jezgre glaukofana prema sve svjetlijim modrim nijansama i konačno do bezbojnog glaukofana u rubnoj zoni naročito su izraženi na glaukofanu Dilj-gore (table; IV, sl. 1, 1a, 4; V, sl. 2, 2a), a susreću se također na zrnima glaukofana Medvednice (tabla VII, sl. 3). Katkada su izraženi nagli prijelazi od tamnije jezgre u svjetliju modru zonu. U sastavu su također zastupana i svježija razlučena kratkoprizmatska svijetlodra zrna, a također i zrna svijetloružičaste nijanse boje poput breskvina cvijeta (NIGGLI, 1926). Svježom modrom bojom naročito se odlikuju zrna glaukofana u sastavu s najobilnijim njegovim učešćem u području Medvednice (tabla VIII, sl. 1, 1a, 2, 3, 5). U istom su uzorku utvrđena i razlučena kratkoprizmatska - u odnosu na ostala zrna u području Medvednice i Hrvatskog zagorja - i najšira zrna (0,220 mm) tamnodrog, gotovo crnog glaukofana. Nazubljeno također gotovo crno zrno glaukofana u Dilj-gori samo u jednom malom rubnom dijelu pokazuje vlastitu modru boju i odgovarajuću ljubičastu nijansu pleohroizma. U izduženom svijetlodrom glaukofanu iz Samoborske gore nešto je tamnijom nijansom boje obilježeno zaobljeno zrno detritalnog glaukofana starije generacije (tabla IX, sl. 7, 7a).

Na jednom od dva zrna glaukofana iz profila Vinagora u Hrvatskom zagorju određeno je teodolitno-konoskopski mjerenjem obiju optičkih osi  $2V = -52^\circ$  s disperzijom  $r > v$  uz pleohroizam  $Z = \text{modar}$ ,  $Y = \text{ljubičast}$ ,  $X = \text{slabožučkast}$ . Uz isti pleohroizam na drugome je zrnu određen kut maksimalnog potamnjenja  $[001] \wedge Z = 5\frac{1}{2}^\circ$  (odredio Lj. BARIĆ, u: MUTIĆ, 1981).

Na svim je zrnima glaukofana u sastavu svih 170

uzoraka s područja istraživanja utvrđen pozitivni karakter zone izduženja. Negativni karakter izduženja utvrđen je u svemu tek na nekoliko zrna u svakom istraživanom području, što ukazuje da su ta zrna ribekit, a ne glaukofan.

#### 4.2 SEM-EM

(scanning electron microscopy and electron probe microanalysis)

Na 8 zrna glaukofana s područja Medvednice i na 8 zrna glaukofana s područja Dilj-gore dobiveni su identični rezultati za svaku skupinu zrna glaukofana.

Analizom snimaka karakterističnog rendgenskog zračenja uočava se znatno veći intenzitet svijetlih točkica za željezo i magnezij u glaukofanu Dilj-gore negoli u glaukofanu Medvednice što upućuje na njihov veći sadržaj u glaukofanu Dilj-gore (table: I, II, III). To su isto potvrdile difrakcijske krivulje intenziteta  $K\alpha$  linije za Fe i Mg snimljene kod odgovarajuće iste osjetljivosti (sl.3).

### 5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Odredba akcesornog glaukofana u terigeno-klastičnom detritusu uzoraka miocenskih naslaga obilježena je u istraživanim područjima distribucijom simbola kojima je prema shemi u legendi na slici 1. iskazana i učestalost glaukofana u svakom uzorku.

Detaljnim promatranjem zrna glaukofana u mineralnom sastavu uzoraka utvrđena su brojna njegova morfološka obilježja uvjetovana transportom i uvjetima taložnog okoliša, a također i baštinjena obilježja ponesena iz njihovih matičnih izvorišta.

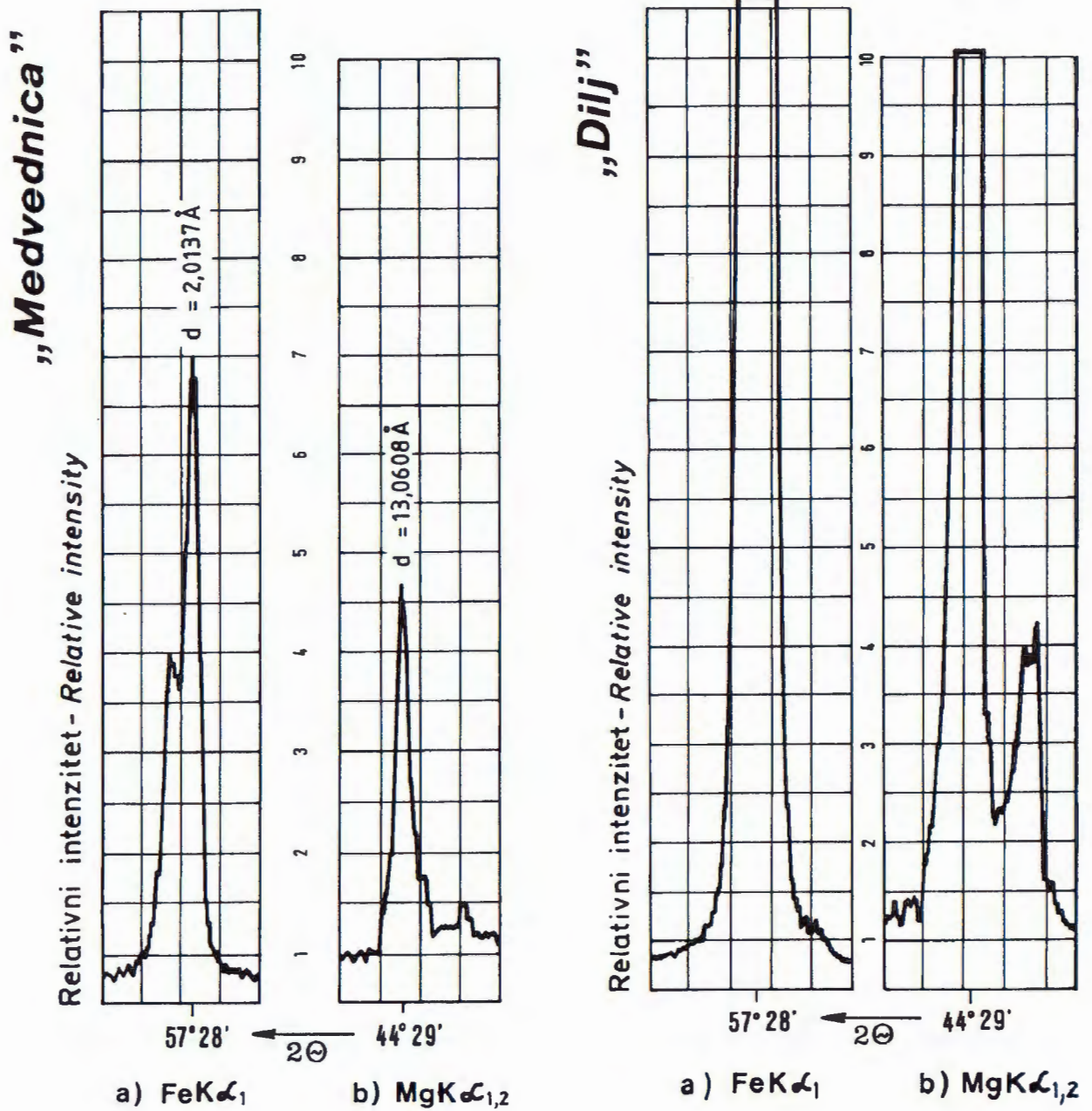
U mineralnim se asocijacijama uzoraka pokazao velik raspon veličina zrna glaukofana, gdje sitniju frakciju čine pretežno svježija i angularna zrna, odnosno razlučeni dijelovi kristalnih individua. Krupnija su zrna međutim obilježena znatnim učincima trošenja mehaničkog i korozivnog karaktera.

Glaukofan se odlikuje karakterističnom modrom bojom, izrazitim pleohroizmom: modar, bezbojan, ljubičast, zatim umjereno visokim reljefom i malim dvolomom. Nijansama modre boje izražena je zonalna struktura glaukofana, autigeni priraštaji na zrnima i glaukofan s jezgrom detritalnog glaukofana.

Skupinu alkalnih (modrih) amfibola čine glaukofan, magnezijско-natrijski amfibol kao jedan krajnji član te skupine i ribekit, željezno-natrijski amfibol kao drugi krajnji član, a krosit je po sastavu u sredini između njih. Za prirodne se glaukofane u literaturi susreću podaci o glaukofanu koji je siromašan na željezu, glaukofanu s više-manje željeza ili glaukofanu koji je bogat na željezu i slično.

BROUWER & EGELER (1952) u svojim istraživanjima metamorfni stijena glaukofanskog facijesa ističu da je natrijski amfibol u većini slučajeva predstavljen zajedno glaukofanom i krositom, gdje glaukofan predstavlja slabo obojene rubove oko tamnije jezgre krosita.

Reversna sukcesija, tj. gdje se vanjski rub glaukofana sastoji od tamnije obojenog krosita nije rijetka pojava



Sika.3. Rendgenski difraktogrami: a)  $\text{FeK}\alpha_1$  i b)  $\text{MgK}\alpha_{1,2}$  linija glaukofana iz područja Medvednice i Dilj - gore.

Fig. 3. X-ray diffraction pattern of a)  $\text{FeK}\alpha_1$  and b)  $\text{MgK}\alpha_{1,2}$  lines of glaucophane from the areas of the Medvednica and of the Dilj - gora.

u odgovarajućim metamorfnim stijenama, no ona nije primijećena niti na jednom zrnju glaukofana u područjima ovih istraživanja.

Neujednačeno pojavljivanje modrih amfibola u stijenama u kojima dolaze najvjerojatnije je posljedica ukupnog kemijskog sastava stijena iz kojih nastaju (protolita), mobilnosti natrija i vode za vrijeme metamorfizma (COMPAGNONI, 1977). U tom je kontekstu onda prihvatljiva u tolikoj mjeri izražena razlika, odnosno veći intenziteti Fe i Mg u sastavu glaukofana Dilj-gore negoli u sastavu glaukofana Medvednice (sl. 3, table I, II, III). COMPAGNONI (1977) ističe i to da se više generacija glaukofana može prepoznati u mikrostrukturama osnove stijena i mineralnih asocijacija s kojima se glaukofan pojavljuje.

Istraživanjem ovog glaukofana kao detritalnog minerala koji je izdvojen i udaljen iz svoje matične stijene i minerala s kojima je bio udružen, također su utvrđena mikrostrukturalna obilježja koja bi odgovarala glaukofanu starije, odnosno mlađe generacije.

Pretpostavljenoj starijoj generaciji glaukofana odgovarala bi krupnija zrna sa znatno izraženim korozivnim učincima na glaukofanu Dilj-gore (table: IV, V) i kompaktna krupnija zrna s više-manje izbljedjelom modrom bojom i s učincima mehaničkog trošenja (angularna, subangularna, subzaobljena, zaobljena zrna, raspucana zrna zbog tektonskih poremećaja) u području Medvednice (table: VI, VII), Samoborske gore (tabla IX) i Hrvatskog zagorja (tabla X). U skladu s podacima iz literature (BROUWER & EGELER, 1952, p. 17) pretpostavlja se da su i krupnija zrna glaukofana Medvednice i Hrvatskog zagorja također formirana konverzijom ili piroksena ili amfibola magmatskog porijekla. Osim rutila taj glaukofan sadrži također inkluzije cirkona, zatim obilne inkluzije izmijenjenih i neodredivih sićušnih minerala, limonitičnu i crnu nečistoću, pigment i korozivne učinke na površini zrna. Toj bi generaciji glaukofana odgovarala i ranije spomenuta kratkoprizmatska gotovo crna zrna glaukofana iz područja Medvednice i Dilj-gore.

Glaukofanu mlađe generacije odgovarala bi sitnija kratkoprizmatska zrna koja su uglavnom nastala poprečnim lučenjem kristala još u matičnoj stijeni (BROUWER & EGELER, 1952, Plate III, fig. 1), a također i transportom. Iznimno su neka dulja ali i vrlo svježa prizmatska zrna ostala nerazlučena u sastavu uzorka s najobilnijim učešćem glaukofana u području Medvednice (sl. 1; tabla VIII, sl. 1, 1a).

Najkarakterističnije obilježje glaukofana ove mlađe generacije u svim područjima ovih istraživanja jest čistoća zrna i nadasve svježa modra boja s odgovarajućom pleohroitičnom ljubičastom nijansom. Upravo se modra boja glaukofana može uzeti i kao kriterij u obilježavanju faza kristalizacije unutar ove mlađe generacije, a što može biti - kako je to ranije rečeno - uvjetovano ukupnim kemijskim sastavom protolita. Vjerojatno je dno od tih faza kristalizacije predstavlja i glaukofan s ružičastom nijansom u području Medvednice (tabla VII, sl. 7),

Samoborske gore (tabla IX, sl. 3, 4), Hrvatskog zagorja (tabla X, sl. 8) i Dilj-gore (tabla V, sl. 4).

Paralelno ili divergentno orijentirane, katkada i obilno zastupane inkluzije igličastog cirkona u glaukofanu ove mlađe generacije, čini se, mogle bi također biti indikativne u izdvajanju pojedinih faza kristalizacije glaukofana. Inkluzije igličastog cirkona su češće i obilnije zastupane u glaukofanu Medvednice, Hrvatskog zagorja i Samo-borske gore negoli u glaukofanu Dilj-gore.

Autigeni priraštaji, zonalna struktura i glaukofan s jezgrom detritalnog glaukofana susreću se također u sastavu obadviju pretpostavljenih generacija glaukofana. I ta obilježja, po svemu sudeći, upućuju na pojedine razvojne faze kristalizacije glaukofana.

Eksperimentalnim studijem uvjeta razvoja glaukofana koji je siromašan na željezu iz Il de Groix (Francuska), MARESCH (1977) je pokazao da je glaukofan nestabilan ispod 4 kb tlaka, odnosno da je stabilan u području 4 kb - 10 kb tlaka i temperature 350° - 550°C. Prisutnost glaukofana sama po sebi pokazuje, ističe autor, relativno visoki tlak formiranja stijena u kojima se pojavljuje.

Sva ova istraživanja detritalnog glaukofana bila su usmjerena u iznalaženje i otkrivanje bliskih njegovih izvorišta, odnosno glaukofanskih škriljaca kao indikatora geoloških zbivanja u zonama subdukcije. O tim stijenama s glaukofanom u geološkoj građi sjeverozapadne i središnje Hrvatske zasad nema nikakvih podataka.

Na velikom broju zrna glaukofana u spomenutim područjima, a naročito u području Medvednice, evidentirani su dobro sačuvani autohtoni mikrostrukturni i morfološki elementi baštinjeni i poneseni vjerojatno iz bliskih izvorišta. Na blizinu svojih izvorišta upućuju i drugi karakteristični detritalni minerali s kojima je glaukofan asociiran u teškim frakcijama uzoraka tog područja. To su u prvom redu: kloritoid (VRAGOVIĆ & MAJER, 1980), kromit, dvije generacije klorita i bijeli tinjci s orijentiranim i neorijentiranim inkluzijama igličastog cirkona (iste inkluzije i u glaukofanu!). Katkada su obilne iglice cirkona u listićima tinjaca polegale poput naslaganih snopića. Svježi i čisti razlučeni odlomci kristala kao i nerazlučena prizmatska zrna glaukofana u sastavu uzoraka također upućuju na prvi erozijski ciklus njegovih matičnih stijena, kratak transport, odnosno blizinu taložnog okoliša.

Gustoća distribuiranih uzoraka u području Medvednice među kojima je i uzorak s najobilnije zastupanim glaukofanom u sastavu prozirnih zrna teških minerala (36 %) daljnji je argument u kontekstu pretpostavljene blizine izvorišta glaukofana. U mineralnom sastavu većine uzoraka u području Medvednice, kao i u području Samoborske gore i Hrvatskog zagorja, zastupana su zrna pretpostavljene i starije i mlađe generacije glaukofana. S tim je podacima ujedno indiciran polifazni metamorfizam u geološkoj građi Medvednice i razvoj matičnih stijena s glaukofanom kao kritičnim mineralom koji nastaje u uvjetima višeg tlaka. COMPAGNONI et al. (1977) nalaze kao jedino prihvatljivu vjerojatnost

takvih uvjeta metamorfizma u modelu subdukcije.

Matična stijena glaukofana u Hrvatskom zagorju vjerojatno je u sklopu tektonskih složenih struktura tog područja. Glaukofaniti u metamorfnom kompleksu Motajice (VARIČAK, 1966), kao i glaukofanski škriljci Fruške gore (KIŠPATIĆ, 1886), moguća su izvorišta detritalnog glaukofana u području Dilj-gore.

Dotadašnja istraživanja sedimenata, kako ističe MILNER (1952), pokazala su, kako je glaukofan raširen mineral, ali i neobičan, jer nije posvudašnji. Isti autor napominje još i to, da se glaukofan počinje većinom opažati u naslagama srednjeg tercijara, i to naročito u laporima i siltovima miocena, u zemljama koje su daleko jedna od druge kao Trinidad, Kalifornija, Italija i Irak.

U sukcesiji raspodjele akcesornih minerala krede i tercijara u južnom Trinidadu, horizont s prvim pojavljivanjem glaukofana u pješčenjaku gornjeg oligocena, obilježen je kao "marker" horizont (ILLING, 1916; u: GRIFFITHS, 1967, fig. 10.4).

Upravo s tim prvim pojavljivanjem glaukofana u Trinidadu i ostalim spomenutim područjima u svijetu, koincidira i pojavljivanje glaukofana u istom stratigrafskom horizontu tercijara, odnosno gornjem oligocenu-donjem miocenu i miocenu, u području Hrvatske na što upućuju rezultati ovih istraživanja.

Da bi se eventualno otkrile i utvrdile pojave akcesornog detritalnog glaukofana i u drugim metamornim kompleksima unutar regionalnog prostora ovih istraživanja (sl.1) revidiran je mineralni sastav teške frakcije u više od stotinu uzoraka miocenskih naslaga s površine i u bušotinama na jugozapadnim i južnim obroncima Moslavačke gore (MUTIĆ, 1976, 1978, neobjavljeno). Glaukofan, međutim, nije utvrđen u mineralnom sastavu uzoraka tog područja.

## 6. LITERATURA

- BARIĆ, Lj. & TAJDER, M. (1967): Mikrofiziografija petrogenih minerala. - "Školska knjiga", 1 - 235, Zagreb.
- BROUWER, H. A. & EGELER, C. G. (1952): The glaucophane facies metamorphism in the schistes lustrés nappes of Corsica. - Proc. Kon. Ned. Acad. v. Wetensch. XLVIII, 3, 1-71, Amsterdam.
- COMPAGNONI, R. (1977): The Sesia-lanzo zone: High pressure-low temperature metamorphism in the Austroalpine continental margin. - Rend. Soc. It. Miner. Petrol., 33, 335-374, Bologna.
- COMPAGNONI, R., DAL PIAZ, G. V., HUNZIKER, J. C., GOSSO, G., LOMBARDO, B. & WILLIAMS, P. F. (1977): The Sesia-lanzo zone, a slice of continental crust with alpine high pressure-low temperature assemblages in the western Italian Alps. - Rend. Soc. It. Miner. Petrol., 33, 281-334, Bologna.
- GOLDSTEIN, J. I., YAKOWITZ, H., NEWBURY, J. I., LIFSHIN, E., COLBY, J. W. & COLEMAN, J. R. (1975): Practical Scanning Electron Microscopy. - Plenum Press, 234, New York.
- GRIFFITHS, J. C. (1967): Scientific method in analysis of sediments. - McGraw-Hill Book Company, p. 508, New York, St. Louis, S. Francisco, Toronto, London, Sidney.
- KIŠPATIĆ, M. (1886): Kristalinično kamenje u Fruškoj gori. - Rad Jugosl. akad. znan. umjetn., LXXVIII, 1-77, Zagreb.
- KRUTOV, G. A., GARANIN, V. K., KUDRYAVTSEVA, G. P. & SOSHKINA, L. T. (1976): The Feasibility of Studying Ore Minerals Under Microanalyzer JXA - 50 A with Computer. - Jeol News, 13 e, 24-28.
- KRUTOV, A., BOCHAROVA, G. I. & KUDRYAVTSEVA, G. P. (1976): On New Possibilities of Investigation Pyrrhotine composition and structure by X-Ray analyzer JXA - 50 A and JPX - 3. - JEOL News, 13 e, 29-30.
- MARESCH, W. V. (1977): Experimental studies on glaucophane: an analysis of present knowledge. Tectonophysics, 43, 109-125, Amsterdam.
- MILNER, H. B. (1952): Sedimentary Petrography. - Woodbridge Press, LTD., p. 1-666, Guildford.
- MUTIĆ, R. (1969): Neogenska magmatska aktivnost na jugoistočnim obroncima Medvednice (Zagrebačke gore) - Geol. vjesnik, 22, 423-438, Zagreb.
- MUTIĆ, R. (1970): Petrografska i sedimentološka ispitivanja ugljenonosnog područja Predgrade (Hrvatsko zagorje). - Geol. vjesnik, 23, 219-240, Zagreb.
- MUTIĆ, R. (1981): Teški minerali u miocenskim naslagama sjevero - zapadnog područja Hrvatskog zagorja. - Geol. vjesnik, 33, 145-167, Zagreb.
- MUTIĆ, R. (1990): Korelacija kvartara istočne Slavonije na osnovi podataka mineraloško-petrografskih analiza (Istočna Hrvatska, Jugoslavija). Dio II: Lesni ravnjak. - Acta geol., 20, Jugoslav. akad. znan. umjetn., 1-52, Zagreb.
- NIGGLI, P. (1926): Lehrbuch der Mineralogie. II. Spezielle Mineralogie. Zweite Auflage. I+XVII, 1-697, Berlin.
- VARIČAK, D. (1966): Petrološka studija Motajičkog granitskog masiva. - Pos. izd. Geol. glasnika, 99, 1-170, Sarajevo.
- VRAGOVIĆ, M. & MAJER, V. (1980): Kloritoidni škriljci u metamornim kompleksima u sjevernoj Hrvatskoj (Jugoslavija). - Geol. vjesnik, 31, 287-294, Zagreb.



## ACCESSORY GLAUCOPHANE IN MIOCENE DEPOSITS OF HRVATSKO ZAGORJE, SAMOBORSKA GORA, MEDVEDNICA AND DILJ-GORA (CROATIA)

R. Mutić and R. Dmitrović

Accessory glaucophane was determined in the terrigenous detritus of the Miocene deposits of Hrvatsko Zagorje, Samoborska Gora, Medvednica (Zagrebačka Gora) and Dilj-Gora (Text-fig.1).

In the area of mount Medvednica where the samples were most densely distributed, glaucophane was determined in the mineral composition of the deposits of the Lower and Upper Helvetian and Tortonian. In the area of Hrvatsko Zagorje there was a continuity in the participation of glaucophane in the deposits of the Upper Oligocene-Lower Miocene and Tortonian of the profile "Vinagora" and in the Lower Miocene and Tortonian of the boreholes "Pregrada" ("Pregrada" - 4, Text - fig. 2), but also in the surface deposits. In the area Samoborska Gora glaucophane was determined in the deposits of the Lower Helvetian, and in the area of Dilj-Gora in the Tortonian and Sarmatian deposits.

In the areas under research the distribution of samples containing glaucophane was marked with particular symbols which also define its frequency in each particular sample. Particularly important and distinctive was the frequency of glaucophane (36%) in the sample from the border-line with older deposits in the Medvednica, north-east of Planina (Text - fig. 1).

The determination of glaucophane was carried out by means of a polarization microscope in the heavy fraction (0.045 - 0.150 mm) separated from greywackes, subgreywackes, calcarenites, sandy marls, silt, silty clay and conglomerates. Glaucophane was also determined in tuff deposits of the Medvednica, where the terrigenous and volcanic minerals mixed in the mineral composition of the marine environment during the Upper Helvetian and Tortonian.

Some conclusions on chemical composition and distribution of Al, Si, Na, Fe and Mg elements were derived from SEM.

The shorter and transversal prismatic crystal fragments of glaucophane were represented in the mineral composition of the deposits more often than the longer, longitudinal ones. Apart from such grains there were found, though less frequently, irregularly shaped angular and subangular as well as subrounded grains. The lengths of the glaucophane grains vary from 0.110 - 0.292 mm, and their widths from 0.058 - 0.220 mm. The range of the glaucophane grain lengths are to a great extent conditioned by the transversal parting of prismatic grains, this being one of the characteristic features of glaucophane. Parting in the glaucophane appears in the source rock itself and the removed from the rock. BROUWER & EGELER (1952) point out that sodium amphiboles come in various grain sizes and they also present a microscopic slide with a record of a glaucophane

crystal parting in source rock (Plate X, fig. 3).

The elongated prismatic glaucophane crystals, in source rocks, are almost always without terminal forms. However, that exceptional rarity i.e. the terminal forms, was noticed on the sample from the Medvednica, where that mineral is most abundant (Plate VIII, fig. 2, 4, 6) and also in a sample from the Samoborska Gora (Plate IX, fig. 3).

Glaucophane is characterized by a typical blue colour, appearing in some grains in light or pale blue shades (known as gastaldite) and continuing over a range that ends in dark blue. In the area of the Medvednica in particular the grains of a bluish to light pink, resembling to the colour of peach blossom were noticed (NIGGLI, 1926). A zonal structure in the glaucophane grains is very frequent, and is manifested by gradual, less frequently abrupt, change from dark-blue core over ever lighter shades, to almost pale blue, sometimes even colourless, at their rims.

The characteristic glaucophane pleochroism was determined in several hundred grains, as blue, colourless and violet. The positive character of the elongation zone was established in all grains, which means that all grains corresponded to the isomorphic series of glaucophane-crossite. The negative elongation sign was determined only in a few grains in each area under research, which corresponded to riebeckite (Plate X, fig. 4).

A group of alcaic (blue) amphiboles was composed of glaucophane, a magnesium-sodium amphibole, as one of the extreme member of the group, and riebeckite, an iron-sodium amphibole, as the other extreme member. Because of its composition the crossite is the intermediary between the two. However, there are no data in literature ironless glaucophane composition, but there are references to glaucophane with little iron, with greater or lesser quantities of iron, and glaucophane rich in iron etc. Changes of Fe in the composition of amphiboles lead to changes in their optical orientations. Dark coloured cores of glaucophanes with a zonal structure are of a crossite composition. Due to the gradual reduction of iron, the blue colour becomes increasingly lighter towards the peripheral parts of the grain, and in the end, practically colourless, thus acquiring the optical orientation of glaucophane.

BROUWER & EGELER (1952) in their research of metamorphous rocks with a glaucophane facies emphasize that the sodium amphibole is in most cases represented together with glaucophane and crossite, where glaucophane represents the pale coloured zone around a darker crossite core.

The reverse succession, i.e. when the outer rim of the glaucophane is composed of the darker crossite, is

not infrequent in corresponding metamorphous rocks, but it has not been noticed in any glaucophane grain in the areas under the present research.

The irregular appearances of blue amphiboles in the rocks, in which they were found, are most likely due to the entire chemical composition of the rocks (protolith) from which they originate, and the mobility of sodium and water during metamorphism (COMPAGNONI, 1977). From this context it is possible to understand a big difference between a greater intensity of Fe and Mg in the glaucophane composition of Dilj-Gora and of the glaucophane composition of Medvednica (Text - fig.3; Plate I, II, III). The SEM analysis of 8 glaucophane grains from the area of Medvednica and 8 grains from the area of Dilj-Gora have given identical results for each group of glaucophane grains.

COMPAGNONI (1977) also points out that several generations of glaucophane can be recognized in the microstructure of groundmass of the rocks and mineral associations where glaucophane was found. Research in this glaucophane as a detrital mineral, separated and removed from its source rock and minerals with which it was associated, also showed the microstructural features corresponding to the older and younger generations of glaucophane respectively.

Larger grains with a manifest effect of corrosion on the glaucophane of Dilj-Gora (Plate IV, V), as well as the compact larger grains of more or less faded blue and with effects of mechanical wear (angular, subangular, subrounded and rounded grains, grains cracked due to tectonic disturbance) of Medvednica (Plate VI, VII) and Hrvatsko Zagorje (Plate X) relate to the presumable older generation of glaucophane. In agreement with the data found in literature (BROUWER & EGELER, 1952, p. 17) it is presumed that the larger grains from Medvednica and Hrvatsko Zagorje were also formed by conversion of either pyroxenes or amphiboles of magmatic origin. Beside rutile, this glaucophane contains also zircon inclusions, abundant inclusions of changed and indeterminate tiny minerals, limonitic and black dirt, pigment and corrosive effects on the grain surface.

Smaller prismatic grains are related to the glaucophane of a younger generations, originating through transversal partition of crystals, most likely in the source already. In exceptional cases some longer, but also some very fresh unparted prismatic grains were determined in the composition of the samples with the greatest abundance of glaucophane in the area of the Medvednica (Text-fig.1; Plate VIII, fig. 1, 1a).

The most characteristic feature of the younger generation glaucophane in all areas under research, is the purity of the grains and, in particular, a clear blue colour can be regarded as a criterion in marking the stages of crystallization within in younger glaucophane generation. This was, as stated above, conditioned by the general chemical composition of the protolith. One of the phases of crystallization is probably represented

by the glaucophane of a pink shade from the area of Medvednica (Plate VII, fig. 7), Samoborska Gora (Plate IX, fig. 3, 4), Hrvatsko Zagorje (Plate X, fig. 8) and Dilj-Gora (Plate V, fig.4).

Parallely or divergently orientated and sometimes abundant inclusions of needle-like zircon in the glaucophane of the younger generation could also be indicative in the isolation of particular stages of glaucophane crystallization; inclusions of the needle-like zircon are more frequent and abundant in the glaucophane of the Medvednica, Hrvatsko Zagorje and Samoborska Gora than in the glaucophane of the area of Dilj-Gora.

Authigenic outgrowth, zonal structure and glaucophanes with a detrital glaucophane core were found also in the composition of both presumed generations of glaucophane. These features most likely indicate the particular phases of development of glaucophane crystallization.

Studying the developmental conditions of glaucophane with a small content of iron from Ile de Groix (France) by experiment MARESCH (1977) showed that glaucophane is unstable below the pressure of 4 kb, and that it is stable at a range of pressure 4 kb - 10 kb, and a temperature of 350° C - 550° C. The presence of glaucophane itself proves, the author claims, relatively high pressure during the formation of rocks in which it has been found.

All these investigations in detrital glaucophane were aimed at finding and discovering its near sources, i.e. glaucophane shales as indicators of geological processes in zones of subduction. So far there are no data on the rocks of north-eastern and central Croatia containing glaucophane in their geological structure.

Well preserved autochthonous microstructural and morphological elements inherited and brought from nearby sources were recorded in a large number of glaucophane grains in the above mentioned areas, particularly in the area of the Medvednica. Other characteristic detrital minerals with which glaucophane is associated in heavy fractions of samples from this area, also point to a near source. Such minerals are: chloritoid, chromite, two generations of chlorite and white-micas with oriented and unoriented inclusions of needle-like zircon (the same inclusion as in the glaucophane !). Sometimes the zircon needles are abundant in the mica leafs laid flat, looking like piled up bundles. Fresh and clean parted and unparted fragments of the prismatic glaucophane in the samples also point to the first erosion cycle of its sources, short transportation and a near deposition environment. The density of the samples distributed in the area of the Medvednica, also containing a sample with the largest amount of glaucophane in its composition (36%), is an additional proof for the presumed closeness of the glaucophane source. Grains of the presumably older and younger generations of glaucophane are represented in the mineral composition of most samples from the Medvednica, Samoborska

Gora and Hrvatsko Zagorje. These data also indicate a polyphasal metamorphism connected with the specific conditions of pressure and temperature in the geological structure of the Medvednica. COMPAGNONI et al. (1977) consider the only plausible explanation of such conditions of metamorphism to be the subductional model.

The glaucophane source in the area of Hrvatsko Zagorje probably belongs to the complex of tectonically elaborate structures in that area. Glaucophanites in the metamorphic complex of the mount Motajica (VARIČAK, 1966), and glaucophane shales of Fruška Gora (KIŠPATIĆ, 1886) are the possible sources of detrital glaucophane in the area of Dilj-Gora.

Previous research of sediments, pointed out by MILNER (1952), indicated that glaucophane is a

widespread mineral. Since it is not omnipresent, it is very unusual. In addition, the glaucophane is mostly found in the layers of the Middle Tertiary especially in marls and silts of the Miocene in the countries that are being quite distant from each other (Trinidad, California, Italy and Iraq).

In the succession of the distribution of accessory minerals of the Cretaceous and Tertiary in the southern Trinidad, the horizon with the first occurrence of glaucophane in sandstone of the Upper Oligocene presents the horizon "marker" (ILLING, 1916; in GRIFFITHS, 1967 fig. 10.4).

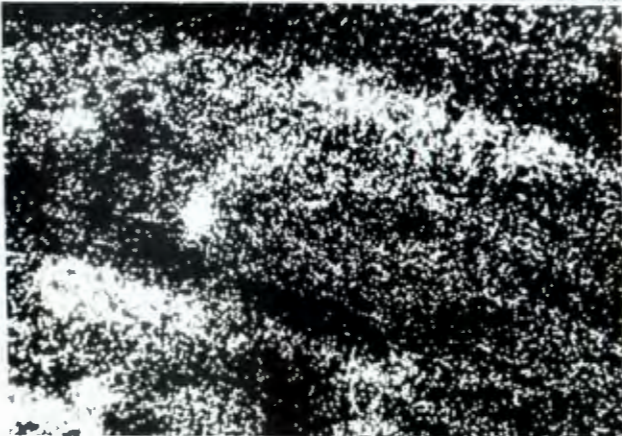
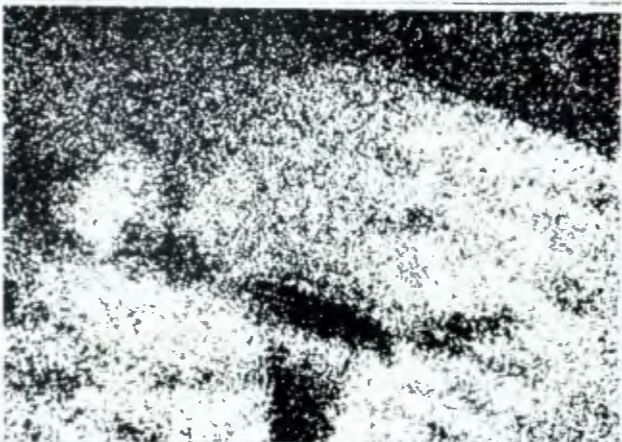
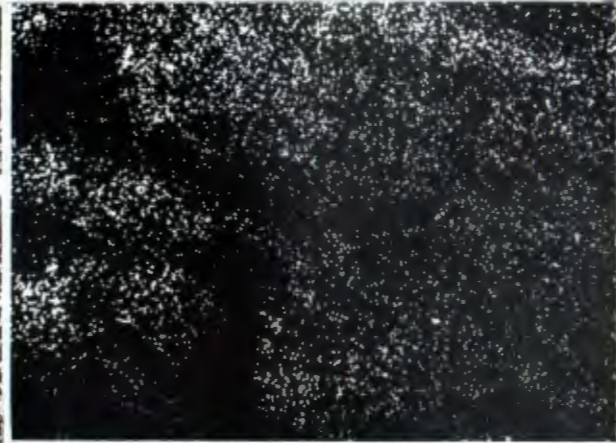
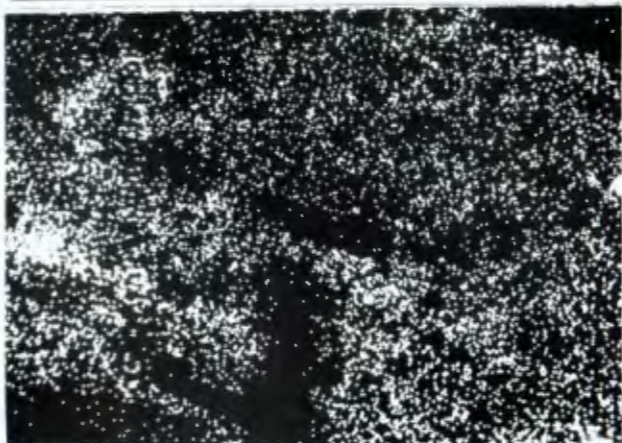
The appearance of glaucophane in the Upper Oligocene - Lower Miocene and the Miocene in Croatia, stratigraphically coincides with the first appearance of glaucophane in Trinidad.

**TABLA - PLATE I**

Glaukofan iz područja Dilj-gore.  
Glaucophane from the Dilj-gora area.

Scanning elektronski snimci (SEI) kod povećanja 200 x i 1000 x.  
A secondary elektron (SEI) images by magnification 200 x and 1000 x.

Snimke karakterističnog rendgenskog zračenja: Al, Si, Mg, Na i Fe kod povećanja 1000 x.  
Characteristic X-ray images of Al, Si, Mg, Na and Fe by magnification 1000 x.



„Dilj”

SEI 200x	SEI 1000x
-------------	--------------

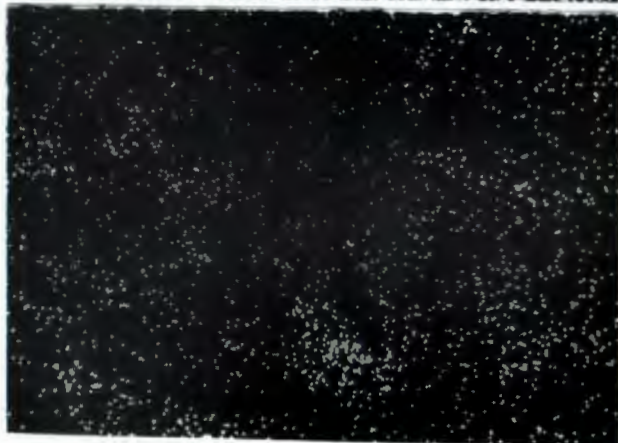
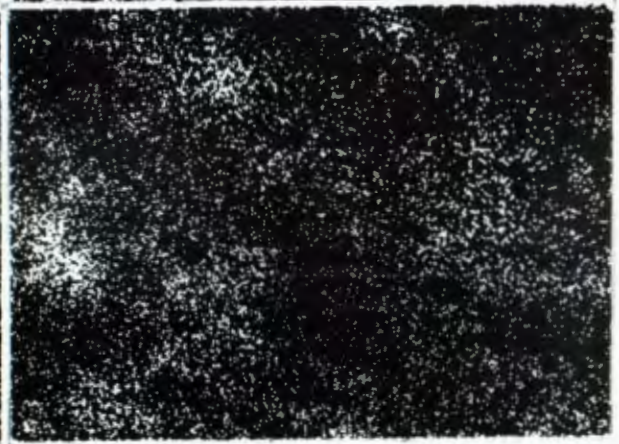
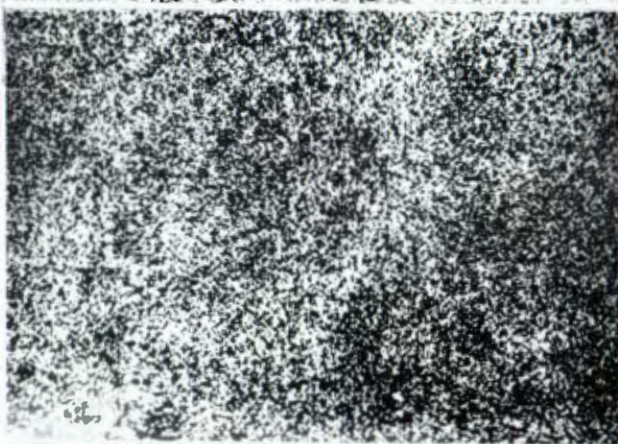
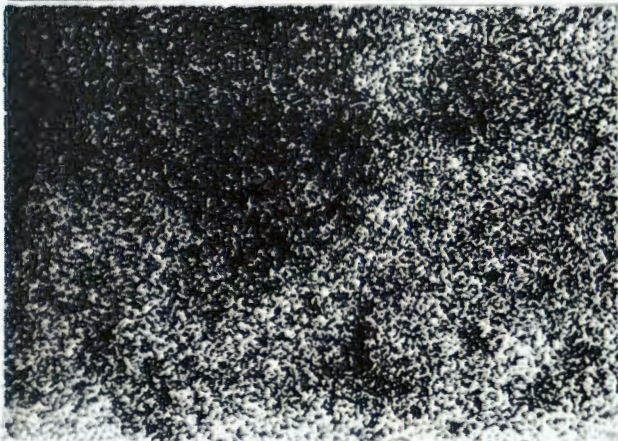
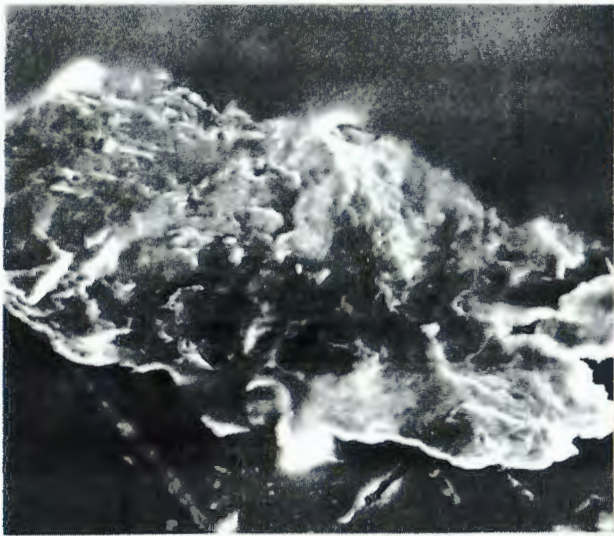
1000x	
Al	Na
Si	Fe
Mg	

**TABLA - PLATE II**

Glaukofan iz područja Medvednice.  
Glaucophane from the Medvednica area.

Scanning elektronski snimci (SEI) kod povećanja 200 x i 1000 x.  
A secondary elektron (SEI) images by magnification 200 x and 1000 x.

Snimke karakterističnog rendgenskog zračenja: Al, Si, Mg, Na i Fe kod povećanja 1000 x.  
Characteristic X-ray images of Al, Si, Mg, Na and Fe by magnification 1000 x.



*„Medvednica“*

SEI 200x	SEI 1000x
-------------	--------------

1000x	
Al	Na
Si	Fe
Mg	

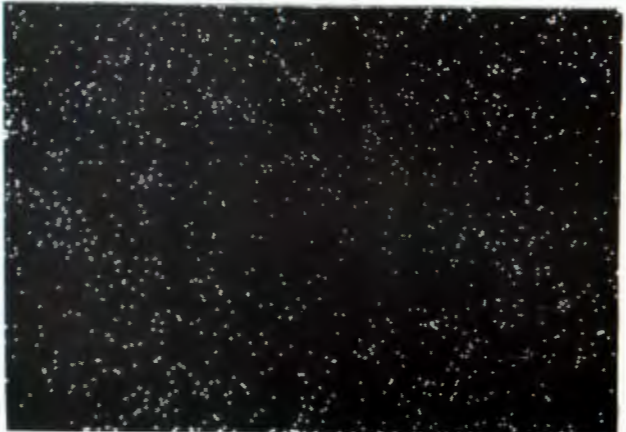
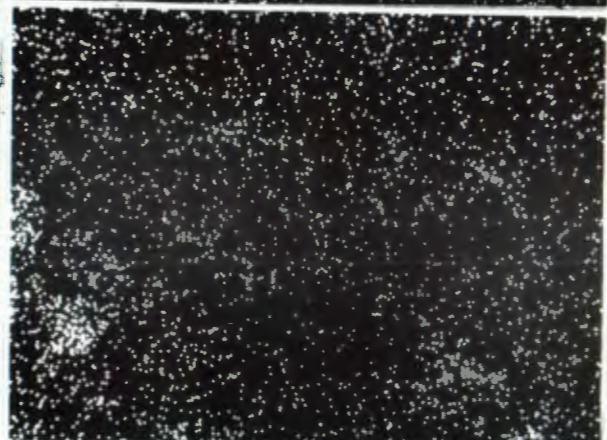
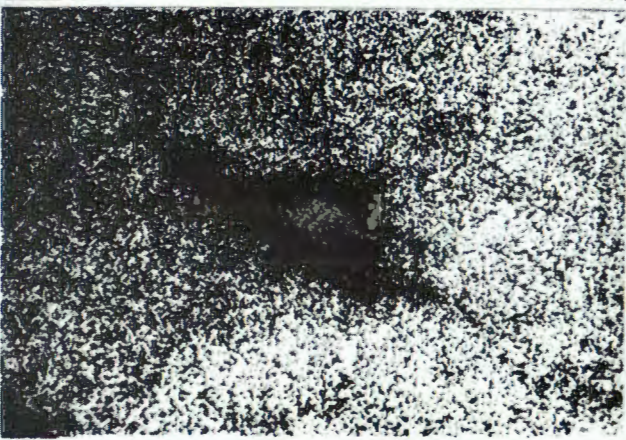
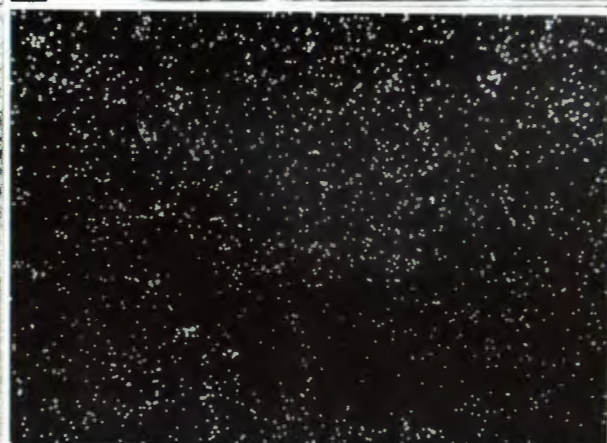
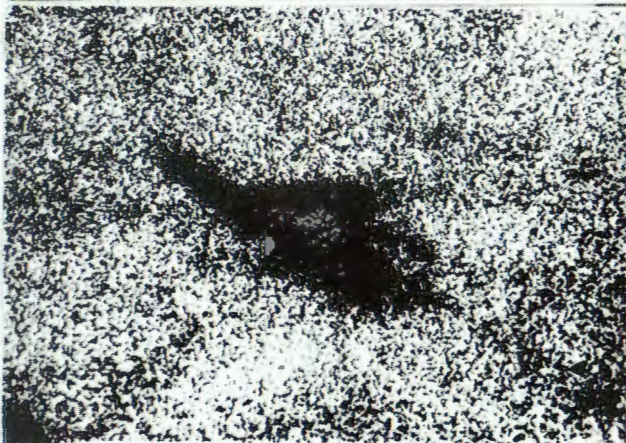
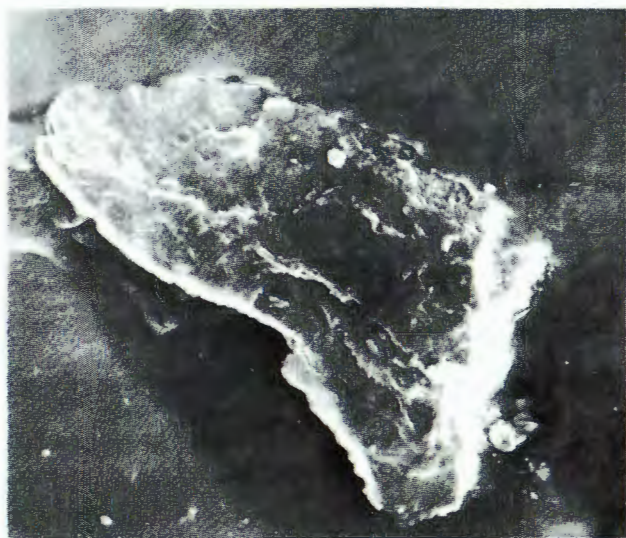
**TABLA - PLATE III**

Glaukofan iz područja Medvednice.  
Glaucophane from the Medvednica area.

Scanning elektronski snimci (SEI) kod povećanja 200 x i 1000 x.  
A secondary elektron (SEI) images by magnification 200 x and 1000 x.

Snimke karakterističnog rendgenskog zračenja: Al, Si, Mg, Na i Fe kod povećanja 1000 x.  
Characteristic X-ray images of Al, Si, Mg, Na and Fe by magnification 1000 x.





*„Medvednica“*

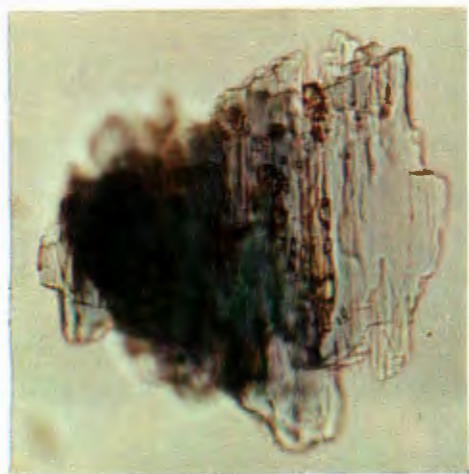
SEI 200x	SEI 1000x
-------------	--------------

1000x	
Al	Na
Si	Fe
Mg	

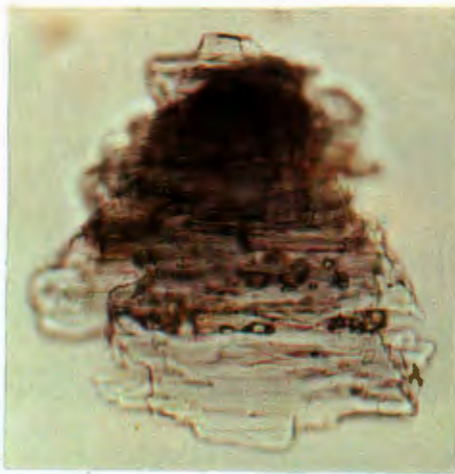
## TABLA · PLATE IV

Glaukofan Dilj-gore - Glaucophane from Dilj-gora area  
(388 - 411 x)

- 1, 1a. Isto zrno, pleohroizam: modar - ljubičast, s inkluzijama cirkona.  
The same grain, pleochroism: blue - violet, with zircon inclusions.
  2. Zonal, s inkluzijama rutila.  
Zonal, with rutile inclusions.
  3. Znatno korodiran.  
Considerably corroded.
  4. S udubljenjima poput "zaljeva", relikti bivših susjeda minerala.  
With indentations resembling "bays", relics of former neighbouring minerals.
- 1, 2, 3, 4. Starija generacija glaukofana.  
Older generation of glaucophane.
5. Mlađa generacija glaukofana.  
Younger generation of glaucophane.



1



1a



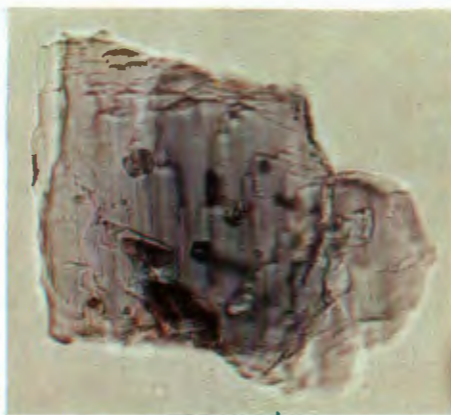
2



3



4



5

**TABLA - PLATE V**

Glaukofan Dilj-gore - Glaucothane from Dilj-gora area  
(388 - 411 x)

1, 1a. Starija generacija glaukofana, zonalan, znatno korodiran.  
Older glaucophane generation, zonal, considerably corroded.

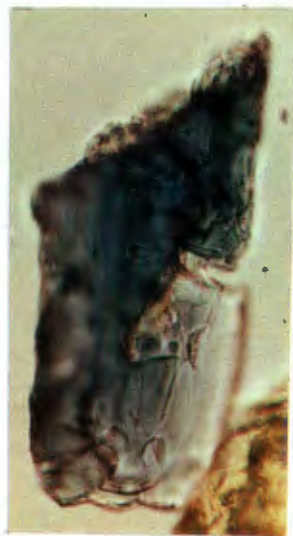
2, 3, 4, 5, 6. Razne faze mlađe generacije glaukofana.  
Various stages of the younger glaucophane generation.



1



1a



2



2a



3



4



5



5a



6

**TABLA - PLATE VI**

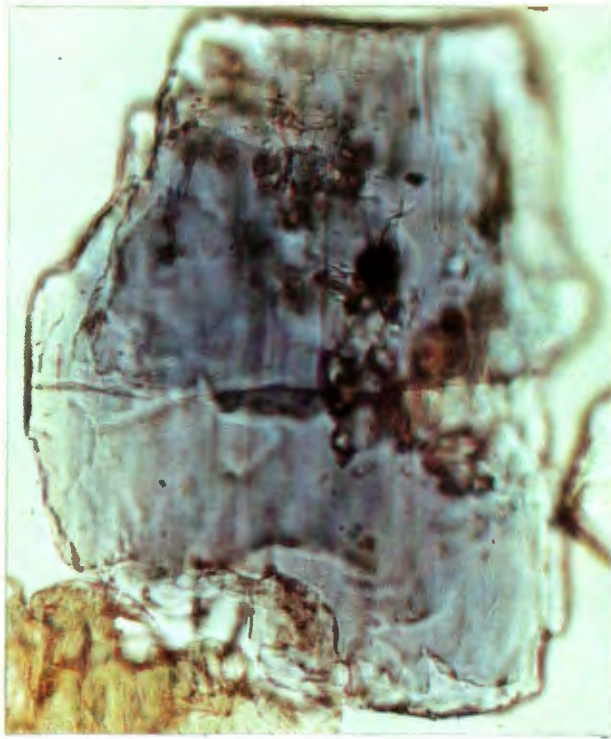
Glaukofan Medvednice - Glaucophane from the Medvednica area  
(403 - 427 x)

- 1, 2, 3, 5. Kompaktna zrna, izbledjela, s raznovrsnim inkluzijama, korodirana po površini, s nepravilnim pukotinama (tektonski poremećaji), pretpostavlja se da su nastala konverzijom piroksena ili amfibola magmatskog porijekla.

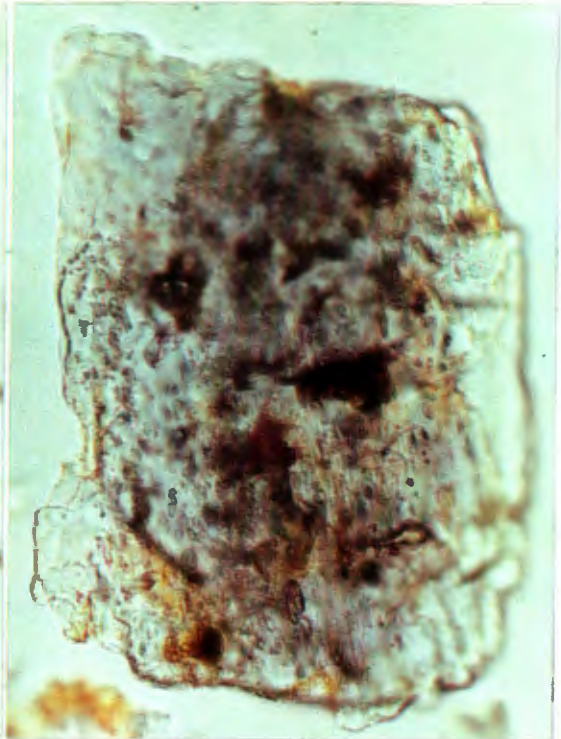
Compact grains, bleached (faded), with various inclusions, corroded on the surface, with irregular cracks (tectonic disturbances), presumed to have originated through the conversion of pyroxene or Amphibole of magmatic origin.

- 4, 4a. Krositična jezgra s autigenim priraštajem svijetlo-modrog glaukofana.  
Crossite core with authigenous outgrowth of light blue glaucophane.

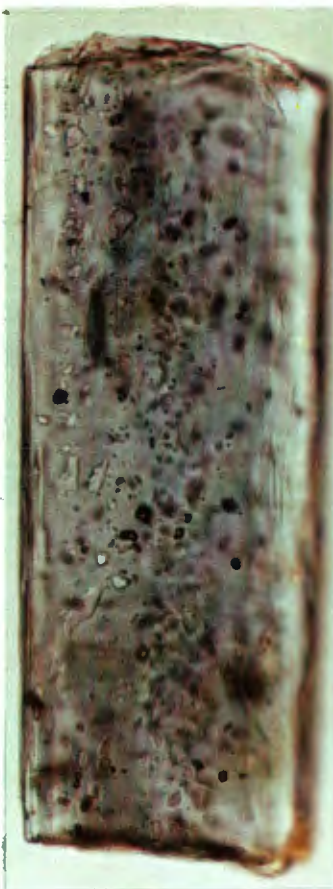
Pretpostavlja se da zrna glaukofana odgovaraju starijoj generaciji.  
It is presumed that the glaucophane grains correspond to the older generation.



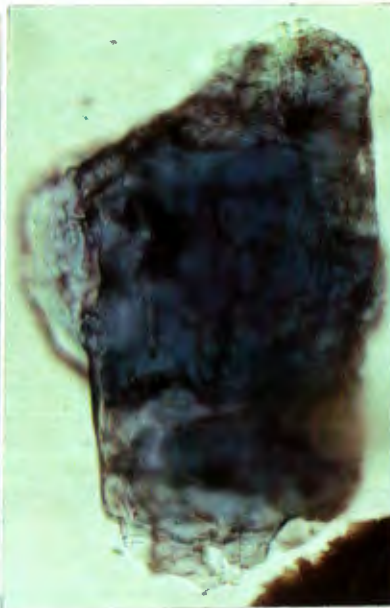
1



2



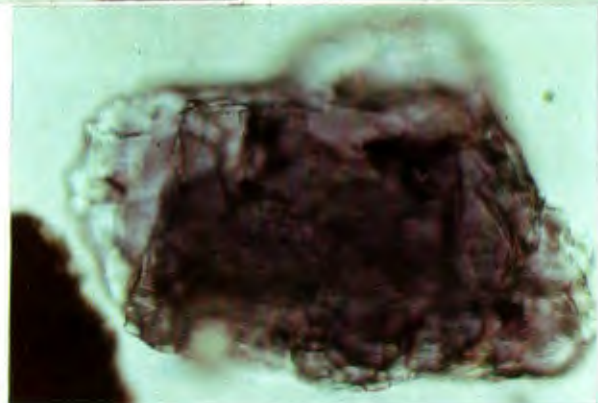
3



4



5



4a

**TABLA - PLATE VII**

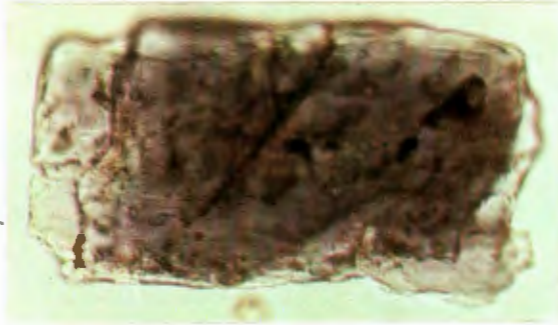
Glaukofan Medvednice - Glaucophane from the Medvednica area  
(386 - 422 x)

- 1, 1a. S autigenim priraštajem oko jezgre krosita i s nepravilnim pukotinama (tektonski poremećaji).  
With authigenous outgrowth around the crossite core and with irregular cracks (tectonic disturbance).
- 2, 3, 4, 5. Svježa zrna s više-manje većim udjelima željeza u sastavu.  
Fresh grains with more or less abundant participation iron in the composition.
- 6, 7. Glaukofan s ružičastom nijansom.  
Glaucophane with a pink shade.
8. Lučenje glaukofana.  
Glaucophane partition.
9. Modrikastoružičast glaukofan s divergentno orijentiranim obilnim inkluzijama igličastog cirkona.  
Bluish-pink glaucophane with divergently orientated abundant inclusions of needle-like zircon.





1



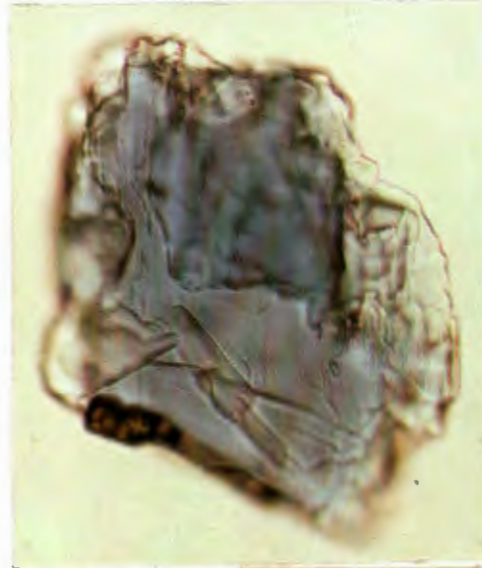
1a



2



3



4



5



6



7



8



9

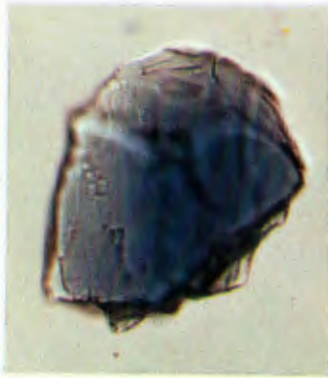
**TABLA - PLATE VIII**

Glaukofan Medvednice · Glaucophane from the Medvednica area  
(387 - 403 x)

- 1, 1a, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Zrna iz uzorka s najobilnijim glaukofanom u sastavu.  
Grains from the sample with the largest amount of glaucophane.
- 2, 4, 6. Zrna s terminalnim plohamama.  
Grains with terminal forms.



1



2



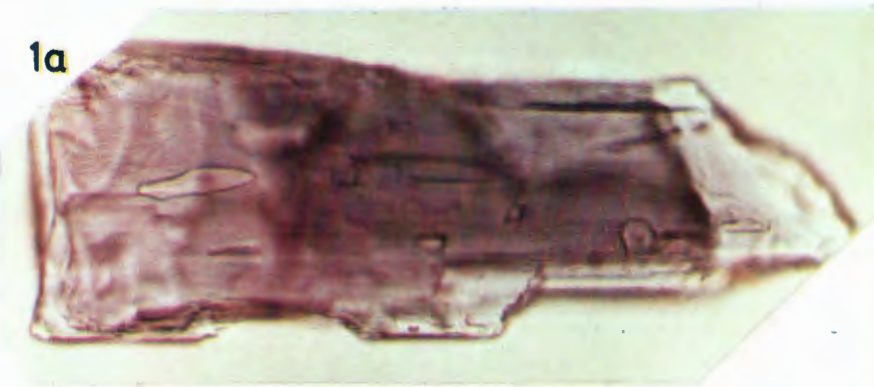
4



3



5



1a



8



6

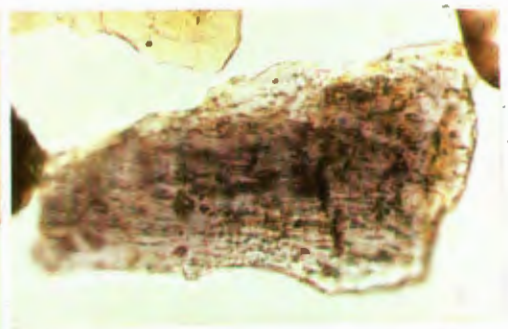


7

**TABLA - PLATE IX**

Glaukofan Samoborske gore - Glaucophane from the Samoborska gora area  
(374 - 411 x)

- 1, 2, 2a, 5 Starija generacija glaukofana.  
The older generation of glaucophane.
3. Mlađa generacija glaukofana s terminalnim plohamama.  
The younger generation of glaucophane with terminal forms.
- 4, 6, 6a Mlađa generacija glaukofana.  
The younger generation of glaucophane.
- 7, 7a S detritalnom jezgrom.  
With detrital core.



2a

2

1



4



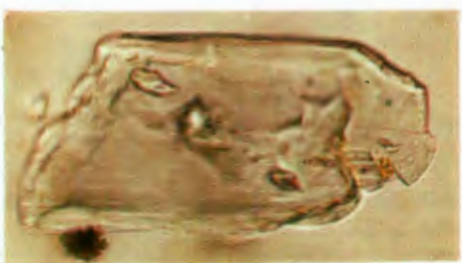
5



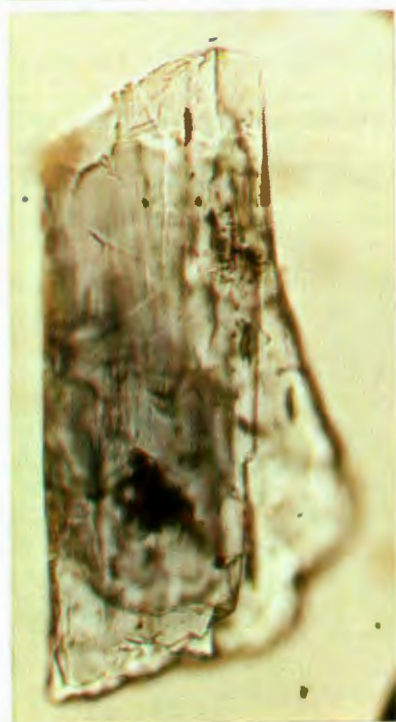
3



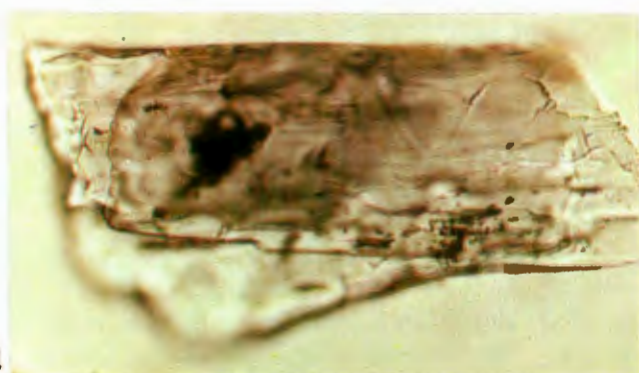
6



6a



7



7a

## TABLA - PLATE X

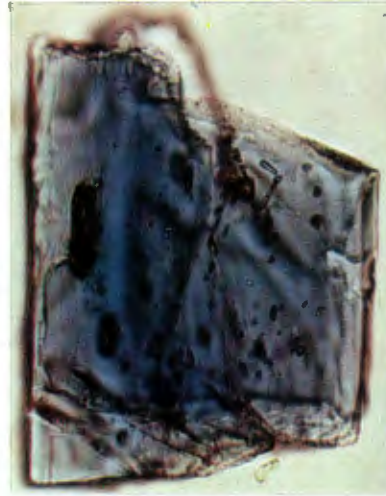
Glaukofan Hrvatskoga zagorja - Glaucophane from the Hrvatsko zagorje area  
(402 - 425 x)

## I. Bušotina "Pregrada" - "Pregrada" borehole

1. Glaukofan nastao vjerojatno konverzijom piroksena magmatskog porijekla, raspucan (tektonski poremećaj), starija generacija glaukofana.  
The glaucophane probably due to conversion of pyroxene of magmatic origin, cracked (tectonic disturbance), the older generation of glaucophane.
2. Raspucan (tektonski poremećaj) glaukofan s inkluzijama rutila nastao konverzijom piroksena magmatskog porijekla, starija generacija glaukofana.  
Cracked (tectonic disturbance) glaucophane with inclusion of rutile formed through conversion of pyroxene of magmatic origin, the older generation of glaucophane.
4. Ribekit (negativni znak zone izduženja).  
Riebeckite (negative sign of the elongation zone).
- 5, 5a. Vrlo svježa zrna glaukofana s kloritom između njih.  
Very fresh grains of glaucophane with chlorite located between.

## II. Profil "Vinagora" - "Vinagora" profile.

- 3, 6, 7, 8, 9. Razne faze kristalizacije mlađe generacije glaukofana.  
Various stages of crystallization of younger generation of glaucophane.



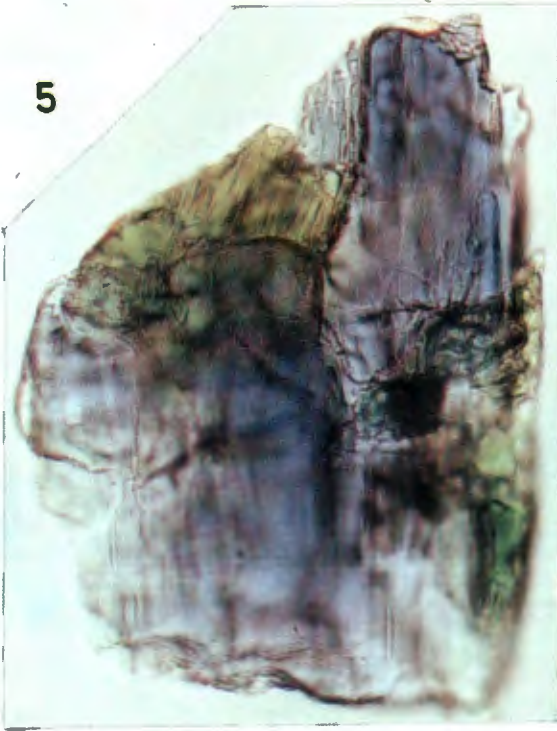
2

3

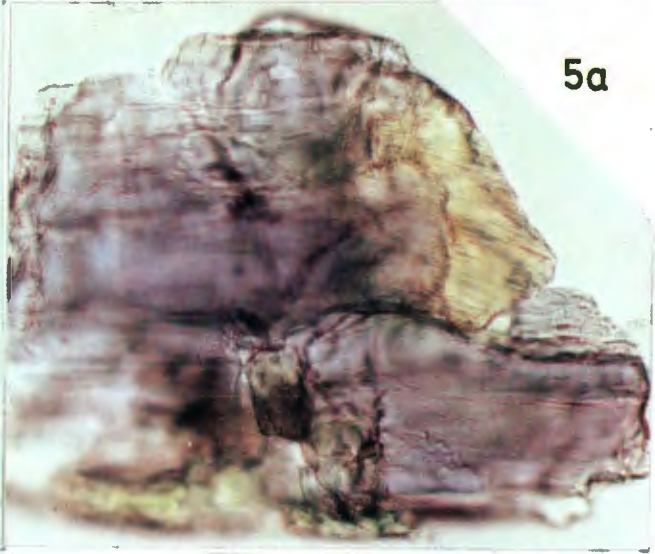
1



4



5



5a



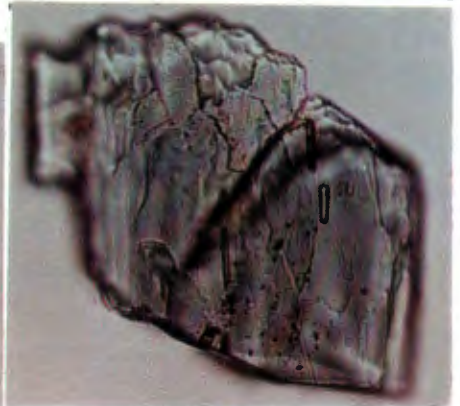
6



7



8



9