

Geol. vjesnik	30/1	199—218	6 tabela, 2 sl. u tekstu, 2 table	Zagreb, 1978
---------------	------	---------	--------------------------------------	--------------

551:553.492(161.16.44)

## Geologija i paleogeni boksiti Moseć planine (Dalmacija, južna Hrvatska)

Krešimir SAKAČ,<sup>1</sup> Boris ŠINKOVEC<sup>2</sup> i Antun GABRIĆ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Geološko-paleontološki muzej, Zagreb, Demetrova 1, 41000 Zagreb*

<sup>2</sup> *Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, Pierottijeva 6, 41000 Zagreb*

<sup>3</sup> *Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Sachsova 2, 41000 Zagreb*

Planinu Moseć izgrađuju karbonatne naslage gornje krede i naslage paleogena. U ovom području dva su boksitonosna horizonta; ležišta boksita nastala su u starijem i mlađem paleogenu. Opisan je način pojavljivanja, te kemijski i mineralni sastav boksita. Iznosi se mišljenje o genezi boksita.

### UVOD

Istraživano područje nalazi se u unutrašnjem dijelu sjeverozapadne Dalmacije, između naselja Drniš i Muć, sjeveroistočno od Šibenika.

Ovaj je rad rezultat novijih geoloških istraživanja u kojima je sudjelovalo više suradnika. Tako su osim autora geološki kartirali boksitonosno područje Moseća još i geolozi E. Krkalo, V. Pencinger i B. Lukšić. Paleontološku odredbu foraminifera eocena izvršila je paleontolog Slavica Muldini-Mamužić, a mikrofosila senona i liburnijskih naslaga paleontolog Maja Grimani. Dr Biserka Ščavničar izvršila je petrografsku analizu krednih i paleogenih naslaga. Zahvaljujemo im na suradnji i korisnim sugestijama prilikom izrade ovog rada.

### PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Najstariji znanstveni podatak o boksitu Moseća, ujedno i prvi podatak o boksitu Hrvatske, odnosno Jugoslavije, objavio je Breithaupt godine 1847. U drugom dijelu opsežnog djela »*Handbuch der Mineralogie*«, na str. 689, autor opisuje boksit s nalazišta Kljaka u Dalmaciji pod nazivom »*Picites cliachites*«, skraćeno cliachit. Navedena su mu fizička svojstva, kemijski sastav i nalazište.

Nešto kasnije Adam (1869) uvrstio je kljakit u boksit. Protivno tome, Cornu (1909a, b, c) je nazivom kljakit, odnosno kliachit, označio izotropne gele aluminijskih hidroksida u boksitima. Autor je s »kliachit

$\alpha$  Cornu« označio izotropnu supstanciju sastava  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , a sa »kliachit  $\beta$  Cornu« sastava  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . U sličnom značenju naziv cliachit pojavljuje se i u novijim mineraloškim djelima. Tako Goldman (1955) navodi da je cliachit aluminijski oksid koji je čest u boksitima, a pojavljuje se u amorfnom obliku. Takva se definicija kljakita nalazi i u »Glossary of Geology« (1966). Ramdohr (1961) koristi naziv kljakit (cliachit) kao sinonim za alumogel. Zatim Kerr (1959) navodi da je cliachit mikroamorfna supstancija kod koje se ne zapažaju kristalizirane strukture u polarizacijskom mikroskopu, ali koja pokazuje određene strukture na rendgenskoj analizi. Supstanciju takvih svojstava nalazi Rosas (1973) u boksitima Morales-Cajibio (Kolumbija). On ju imenuje cliachit i navodi mogućnost prijelaza kljakita u hidrargilit.

Međutim, još je Tučan (1912) primijetio da je Breithaupt nazivom cliachit označio mineralnu smjesu identičnu s boksitom. Naziv kljakit (cliachit) u svom izvornom značenju sinonim je s nazivom boksit (Barić, 1973). Bušinski (1975) stoga smatra da naziv kljakit ima prioritet pred nazivom boksit, jer je Berthier (1821), opisavši boksit s nalazišta Les Baux u Provansi, smatrao da se radi o mineralu hidrata aluminijskog oksida sastava  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , koji u sebi ima primjese oksida željeza.

Premda prvi podatak o prisutnosti boksita na Moseću datira još iz prve polovice prošlog stoljeća, ipak se dosad o tamošnjim boksitima objavilo malo podataka. Tako tek Kerner, opisujući nalazišta boksita Dalmacije, spominje i boksite Moseća (1909), određuje im paleogen-sku starost i rasprostranjenost (1901, 1916a, 1916b). Kišpatić (1912) je ispitao nekoliko uzoraka boksita s Moseća, odredio im mineralni i kernijski sastav i opisao fizička svojstva.

Nešto podataka o ovim boksitima objavili su još Quitzow (1944), de Weisse (1948), Franotović (1954), Sakač (1972) i drugi autori. Brojni podaci o intenzivnim istraživanjima i otkopavanju ležišta boksita na Moseću, koja su otpočela god. 1922, nalaze se u neobjavljenim radovima nekolicine autora (Franotović, Ivanović i dr.).

Geologiju Moseća prvi detaljnije istražuje Kerner (1894a, b). Rezultate svojih dugogodišnjih istraživanja sažeto prikazuje na geološkim kartama i u tumačima karata Kistanje—Drniš (1901) i Sinj—Split (1916). Za područje Moseća, Kerner je izvršio temeljnu litostratigrafsku podjelu mezozojskih i paleogenskih naslaga, te registrirao pojedina ležišta boksita. Razvoj paleogenskih naslaga Dalmacije, pa tako i područja Moseća, razmatra više autora: D. Šikić (1965), koji posebno tretira lokalitet Kljake, zatim D. Šikić & al. (1969), Ivanović & al. (1969) i drugi. Podatke o tektonskim odnosima u području Moseća nalazimo u nizu radova, kao i u fotogeološkoj studiji Sakača (1969).

Područje Moseća obuhvaćeno je Osnovnom geološkom kartom list Drniš, te tumačem ove karte čiji su autori Ivanović, Sikirica i Sakač (1972). Za detaljno poznavanje geološke građe boksitonosnih terena Moseća i tamošnjih ležišta od osobitog su značenja neobjavljeni radovi Ivanovića (1957), te Gabrića & al. (1972).



## STRATIGRAFSKI PREGLED

Planinu Moseć izgrađuju naslage krede i paleogena. Manje površine prekrivaju kvartarni sedimenti.

## K r e d a

Naslage kredne starosti sastoje se od dolomitno-vapnenačkih breča, dolomita i vapnenaca. One se mogu podijeliti u dvije stratigrafske jedinice.

1. Dolomitno-vapnenačke breče s lećama dolomita i vapnenaca, te dolomiti s ulošcima vapnenaca —  $K_2^{1,2}$

Dolomitno-vapnenačke breče sastoje se od nepravilnih poluzaobljenih fragmenata vapnenaca i dolomita, te dolomitnog ili kalcitnog, tada sparnog, rjeđe mikritnog veziva. Fragmenti promjera od nekoliko mm do 30 cm, pa i većeg, neujednačeno su pakirani. U brečama ima nepravilnih leća dolomita i žućkastih vapnenaca, s kojima su povezane postupnim prijelazima. Ove naslage su slabo uslojene. Fosilni ostaci, pomoću kojih bi im se mogla odrediti točnija starost, nisu pronađeni. Kako naviše prelaze u dolomite i vapnence s hondrodontama, pretpostavlja se da su tažene u donjem dijelu turona, a možda i u cenomanu. Pružaju se bilom Moseća do Vinova, gdje tonu pod mlađe kredne sedimente.

Dolomiti s ulošcima vapnenaca, u kojima su nađene hondrodonte, pružaju se kao isprekidane zone uz dolomitno-vapnenačke breče. Nalaze hondrodonti prvi spominje Ivanović (1957) za područje Sedramića na jugozapadnim padinama Moseća. Ove naslage naviše prelaze u rudistne vapnence.

2. Rudistni vapnenci —  $K_2^{2,3}$

Rudistni vapnenci slijede kontinuirano na cenomansko-turonskim karbonatnim naslagama. U donjem dijelu ovih naslaga pretežu dobro uslojeni biopelmikriti i biopelspariti s tankim lećama zrnatog dolomita. Za viši dio rudistnih vapnenaca tipični su slabije uslojeni sivkasti i bjeličasti biomikriti.

U višem, senonskom dijelu rudistnih vapnenaca česti su mikrofosili: *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri), *Aeolisaccus kotori* Radoičić, *Cuneolina pavonia parva* Henson, *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, *Nummuloculina robusta* Torre itd. Fauna rudista određena je potpunije sa lokaliteta koji se nalaze u široj okolini Moseća (Ivanović, Sikirica & Sakač, 1972). Prema tim podacima rudistni vapnenci Moseća pripadali bi gornjem turonu i senonu.

Rudistni vapnenci pružaju se dužinom čitavog Moseća. Od kanjona Čikole do Vinova u krilima su kredne antiklinale. Dalje prema jugoistoku rasprostranjenost im se povećava u sve složenijim tektonskim strukturama.

Ukupna debljina gornjokrednih naslaga Moseća iznosi oko 700 m.

## P a l e o g e n

Liburnijske naslage — PcE<sub>1</sub>

Ove naslage leže na rudistnim vapnencima senona sa slabom izraženom kutnom diskordancijom, dok erozionu diskordanciju jasno označavaju mnogobrojne pojave i ležišta boksita u bazi liburnijskih naslaga. Šareni bazalni bračokonglomerati na više mjesta obilježavaju transgresivni odnos s podlogom. Premda imaju malu debljinu, jer su samo mjestimično deblji od 1 m, oni upućuju na raznovrsnost naslaga koje su bile otkrivene u krednom paleoreljevu. Ulomci i valutice potječu od krednih vapnenaca i tamnosivih, vjerojatno jurskih, vapnenaca. Mjestimično liburnijske naslage na Moseću nisu taložene, tako da izravno na krednim vapnencima leže transgresivno foraminiferski vapnenci eocena.

Unatoč maloj debljini (5 do 30 m u prosjeku), liburnijske naslage Moseća su facijelno raznolike. U bazalnom dijelu često se nalaze žućkasti ili crvenkasti tanko uslojeni vapnenci sa fosilnim ostacima oogonija haraceja i sitnim kućicama puža *Hydrobia*. Lateralno, odnosno naviše, ovi vapnenci prelaze u sive ili smeđaste, dobro uslojene vapnence sa globorotalijama, globigerinama i drugim oblicima rotaloidnih planktonskih foraminifera. Deblje uslojeni vapnenci sa krupnim ljušturama školjkaša *Perna* nalaze se u donjem dijelu liburnijskih naslaga u području Vinova. Najviše su rasprostranjeni uslojeni vapnenci s bentoskim foraminiferama i drugim fosilnim ostacima. Oni samo mjestimično leže izravno na krednoj podlozi, a redovito su u višem dijelu liburnijskih naslaga, pa postupno prelaze u foraminiferske vapnence donjeg i srednjeg eocena. Tu su najbrojnije miliolide (rodovi *Quinqueloculina*, *Triloculina*) i drugi oblici foraminifera, kao *Spirolina* (*S. cf. cylindracea* L m k.), *Dorothia*, zatim ostaci algi (*Acicularia*), bodlje ježinaca, itd. U mlađem dijelu naslaga prisutne su i alveoline (*A. cf. distefanoi* Checchia-Rispoli), dok se nalazi vrsta *Coskinolina liburnica* Stache i *Lituonella liburnica* Sch ub e r t navode za područja južno od planine Moseć. Vapnenci donjeg dijela liburnijskih naslaga na Moseću imaju pretežno fino-zrnatu mikritnu osnovu, koja često sadrži feruginozno-glinovite primjese. Alokemi su u ovoj mikritnoj osnovi ponajviše fosilni ostaci. Vapnenci s miliolidama i drugim bentoskim fosilnim oblicima uglavnom su alokemijski vapnenci. Osnova im je mikrosparitna, ali su se u njoj sačuvali ostaci primarnog mikritnog matriksa. I ovdje su alokemi najčešće fosilni ostaci. Stijenke fosila djelomično su ili u cijelosti rekristalizirane.

Navedeni podaci upućuju na to da su liburnijske naslage Moseća taložene u sličnim uvjetima kao i u drugim područjima Dalmacije i široj regiji (Stache, 1889; Pavlovec, 1963). Dijelom se radi o brakičnoj, a možda i slatkovodnoj sedimentaciji (slojevi s haracejama i hidrobijama). Planktonski oblici foraminifera (globorotalije, globigerine) upućuju na utjecaj otvorenog mora (pelagijala), a mikritni matriks vapnenaca na mirniju plitkomorsku sedimentaciju bez utjecaja jačih strujanja, dok su miliolidni vapnenci s bentoskim oblicima foraminifera i drugom faunom, te sparitnim matriksom taloženi u plitkom moru s izrazitim energijom kretanja.



Još je Kerner (1901) smatrao da u području Drniša, pa tako i na planini Moseć, nije bilo taloženja u donjem paleocenu, stoga bi slojevi sa harama mogli odgovarati srednjem paleocenu. Ipak za točnije određivanje starosti ovih slojeva, kao i vapnenaca sa planktonskim oblicima foraminifera, nedostaje potpunija odredba fosilnog sadržaja. Određenje se može govoriti o višem dijelu naslaga, odnosno o slojevima s miliolidama i drugim foraminiferama, koje dolaze u gornjem dijelu paleocena, kao npr. *Coskinolina liburnica*, odnosno donjem eocenu, kao *Alveolina distefanoi*. U tom smislu možemo zaključiti da su liburnijske naslage na planini Moseć najvjerojatnije taložene u gornjem paleocenu, a dijelom i u donjem eocenu.

#### Foraminiferski vapnenci — E<sub>1,2</sub>

Ovi su vapnenci taloženi kontinuirano na liburnijskim naslagama, odnosno gdje ove nedostaju, leže izravno transgresivno s erozionom diskordancijom na rudistnim vapnencima senona.

Foraminiferski vapnenci sadrže brojne miliolide, osobito u donjem dijelu naslaga, zatim alveoline, te malobrojne makrofosile, primjerice školjkaše i drugu slabo očuvanu faunu u lećama laporovitih vapnenaca koje se sporadično pojavljuju duž sjevernih padina Moseća.

U nižem dijelu foraminiferskih vapnenaca najčešće su *Alveolina oblonga* d'Orbigny i *A. minutula* Reichel. Viši dio foraminiferskih vapnenaca karakteriziran je srednjoeocenskim vrstama alveolina — *A. frumentiformis* Schwager, *A. levantina* Hottinger i *A. munieri* Hottinger, kao i brojnim primjercima *Orbitolites complanatus minimus* Henson. Ovaj sastav mikrofaune upućuje na donjoeocensku i srednjoeocensku starost foraminiferskih vapnenaca.

Ovi vapnenci sastoje se od alokema i sparikalcitne, rjeđe mikritne osnove. Alokemi su fragmenti ili očuvane foraminifere, čije su stijenke često potpuno prekrizalizirane. Stiloliti i mikrotiloliti, markirani limonitnom supstancijom, nastali postsedimentacijskim procesima, česta su pojava u foraminiferskim vapnencima. Foraminiferski vapnenci nastali su u sublitoralno-neritskom prostoru sedimentacije, u kojem je bila nešto pojačana turbulencija i aeracija. Debljina foraminiferskih vapnenaca iznosi do 200 m. Debljina im je varijabilna stoga što su bili izloženi jakoj denudaciji u vrijeme kopnene faze u srednjem eocenu. Zbog toga na nekim mjestima duž jugozapadnih padina Moseća nedostaju foraminiferski vapnenci, pa su prominske naslage izravno transgredirale na liburnijske naslage ili na kredne vapnence.

#### Promina-naslage — E<sub>2,3</sub> i E<sub>3</sub>

Promina-naslage na Moseću leže diskordantno na karbonatnim naslagama gornje krede i starijeg paleogena. Kutna diskordancija vidljiva je na nizu lokaliteta, dok je eroziona diskordancija obilježena brojnim ležištima boksita. Ipak, diskordantni je odnos slabije izražen u području jugozapadno od Moseća, gdje kod Planjana i Pakova sela nedostaju u bazi prominskih naslaga ležišta boksita, a stratigrafski je hijatus prema podlozi manji. U tom smislu postoje razlike u starosti prominskih naslaga u istraživanom području, kako je to već ranije utvrđeno (Ivan o-

vić & al., 1969 i dr.), pa možemo izdvojiti dvije stratigrafske i strukturnotektonske cjeline s ovim naslagama. Tako se u sastavu sinformne strukture Sedramić—Vinovo—Planjane nalaze karbonatne i klastične prominske naslage gornjeg luteta i gornjeg eocena, dok se na sjeveroistočnim padinama Moseća nalazi samo njihov mlađi, tj. gornjoeocenski dio.

Najstariji slojevi prominskih naslaga istraživanog područja nalaze se kod Pakova Sela i dalje prema sjeverozapadu. To su laporoviti fosiliferni vapnenci sa makrofaunom i lutetskom zajednicom foraminifera u kojoj su najčešći *Nummulites perforatus* (de Monfort), *N. millicaput* Bouée i *N. aturicus* Leymerie, a od diskociklina, *D. discus* (Rütimeyer) i *D. sella* d'Archiac. Viši dio prominskih naslaga također ima numulitno-diskociklinsku zajednicu foraminifera. Sastoji se od oblika koji dolaze u gornjem dijelu srednjeg eocena i donjem dijelu gornjeg eocena. Najčešći je *Nummulites fabianii* Prever, a uz njega *N. incrassatus* de la Harpe i *N. striatus* (Bruguère), te *Discocyclina pratti* (Michelin) i *D. umbo* (Schafhäutl). Za gornjoeocenski dio prominskih naslaga vezane su pojave ugljena na sjeveroistočnim padinama Moseća (Kljake). One su u sastavu naslaga sa bračkiro-slatkovodnom faunom mekušaca u kojoj su najčešći oblici: *Cyrena sirena* Brongniart, *Cytherea hilarions* Oppenheim, *Phacoides dinarii* Kühn, te *Cerithium plicatum* Tournouer i *C. vivarii alpinum* Tournouer. Slične podatke navodi i D. Šikić (1969).

Prominske naslage složenog su litološkog sastava, sastoje se od konglomerata, breča, litokalkarenita, laporovitih vapnenaca, podređeno lapora, glina, ugljena. Česte lateralne izmjene i obilje klastičnih sedimentata odraz su nemirne sedimentacije, koja se odvijala uz stalnu tektonsku aktivnost.

#### TEKTONSKE KARAKTERISTIKE PODRUČJA

Kredne i paleogenske naslage Moseća dislocirane su u više izduženih linearnih bora pružanja SZ—JI. Prisutni su i reversni rasjedi i reversne strukture. Gravitacioni rasjedi su brojni, pretežu oni okomiti na pružanje osi tektonskih struktura, ali ima i dijagonalnih, kao i drugih tipova, zbog čega je došlo do složenijih tektonskih odnosa. Kredne karbonatne naslage tvore osnovne tektonske strukture, čiji su antiklinalni dijelovi otkriveni erozijom. Prominske naslage, nekad suvisli transgresivni pokrov, ponajviše su ostale očuvane u sinklinalnim strukturama.

Antiklinala Moseć najznačajnija je tektonska struktura istraživanog područja. U jezgri su joj dolomitno-vapnenačke breče i dolomiti gornje krede, a na krilima rudistni vapnenci i naslage paleogena. Liburnijske su naslage potpunije razvijene duž jugozapadnog krila antiklinale, gdje u Vinovu imaju najveću debljinu. Foraminiferski vapnenci potpunije su razvijeni, i imaju veću rasprostranjenost na sjeveroistočnom krilu antiklinale.

Antiklinala je asimetrična sa jače ustrmljenim sjeveroistočnim krilom. Ona lagano tone prema jugoistoku, tako da u Vinovu prestaju karbonatne breče i dolomiti gornje krede.



Brojni gravitacioni rasjedi presijecaju antiklinalu Moseć. Dužina ovih rasjeda iznosi od nekoliko stotina metara do više km. Uzrokuju prekidanje trasa slojeva i anormalne kontakte krednih i paleogenskih naslaga. Ovi su rasjedi okomiti ili dijagonalni na pružanje antiklinale. Glavnina dijagonalnih rasjeda pruža se od sjevera prema jugu, jednako kao i regionalni unsko-kninski rasjed.

Za način pojavljivanja ležišta paleocenskih boksita od osobitog su značenja male ljuskave strukture na krilima antiklinale Moseć. One se pružaju usporedno sa transgresivnom granicom jednostavnije dislociranih prominskih naslaga. Najizraziti je ljuskave strukture su u Sedramiću, nedaleko zaseoka Šuljak (sl. 2/A), te jugoistočno odatle kod Serdarovog Umca (sl. 2/B). Širina ovih strmih struktura iznosi samo nekoliko desetaka metara, a pružaju se u dužini od više stotina metara. Tu su liburnijske naslage, zajedno s ostacima foraminiferskih vapnenaca i tektonski reduciranim ležištima boksita, izoklinalno borane i rasjedane.

Antiklinala Moseć s dužinom od 18 km, s četiri usporedne transgresivne boksitonosne granice i pratećim manjim strukturama duž svojih krila, najznačajnija je tektonska boksitonosna struktura istraživanog područja.

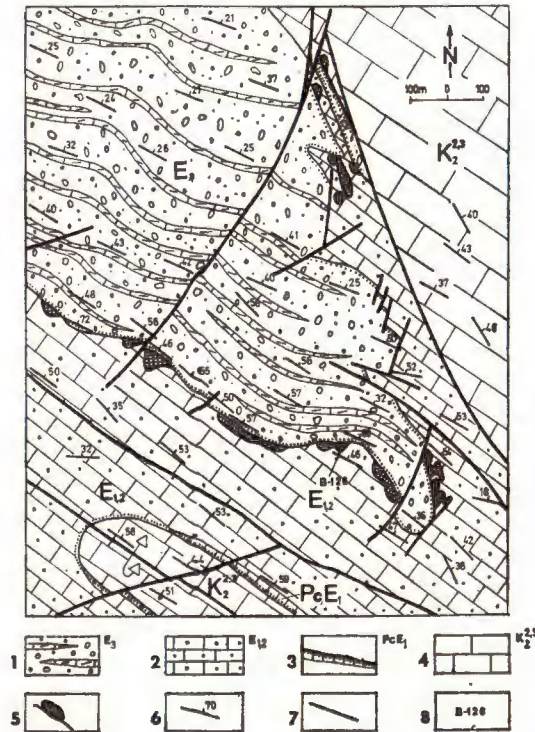
Sinklinala prominskih naslaga Kričke—Kljake dobro pokazuje odnose naslaga mlađeg paleogena s podlogom. Sinklinala se pruža usporedno s antiklinalom Moseć. Potpuno je sačuvano jugozapadno krilo sinklinale, gdje su slojevi konglomerata s ulošcima tankouslojenih vapnenaca i slojevi kalkarenita jako ustrmljeni, okomiti, pa i prevrnuti. Sjeveroistočno krilo strukture rasjedom je reducirano duž rubova Petrova polja. Prema jugoistoku, kod Umljanovića i Kljaka, sinklinala se proširuje i prekida na markantnom dijagonalnom rasjedu duž kojeg su izdignuti rudistni vapnenci (sl. 1). U ovom prostoru erozijom su otkriveni transgresivni kontakti prominskih bazalnih slojeva sa krednim i starijepaleogenkim vapnencima podloge. Paleogenske naslage intenzivno su dislocirane, odnosno borane, dijelom i rasjednute, a slojevi su pretežno ustrmljeni, dijelom i inverzni. Uz neporemećenu granicu prominskih naslaga i foraminiferskih vapnenaca pojavljuju se brojna ležišta boksita u široj okolini Kljaka (sl. 1).

Inverznih bora s vergencijom osnih ploha prema jugozapadu, te manjih ljuskavih struktura ima i u području južno od Kljaka. Ove su tektonske strukture razbijene u manje blokove nizom dijagonalnih rasjeda pružanja sjever—jug.

U jugozapadnom dijelu Moseća najznačajnija je struktura sinklinala prominskih naslaga Sedramić—Vinovo. U Vinovu sinklinala je sužena i ispresijecana nizom dijagonalnih i poprečnih rasjeda.

#### SLIJED GEOLOŠKIH ZBIVANJA

U gornjoj kredi u istraživanom području karbonatne naslage sedimentirane su u plitkomorskoj sredini. Čitavo područje Moseća emergirano je krajem krede blagim laramijskim pokretima, koji su inicirali stvaranje blagih plikativnih struktura. Na karbonatnoj podlozi nastao je paleokrš s povoljnim uvjetima za boksitizaciju produkata površinskog



Sl. 1. Geološka karta okolice Kljaka

1 = Promina naslage, konglomerati i uslojeni vapnenci, gornji eocen ( $E_3$ ). 2 = Foraminiferski vapnenci, donji i srednji eocen ( $E_{1,2}$ ). 3 = Liburnijske naslage, vapnenci, paleocen i donji eocen ( $PcE_1$ ). 4 = Rudistini vapnenci, turon i senon ( $K_2^{2,3}$ ). 5 = Izdanci ležišta boksita mlađeg paleogena. 6 = Nagib slojeva. 7 = Rasjed. 8 = Mjesto uzetog uzorka.

Text-fig. 1. Geological map of the Kljake area

1 = Promina beds, conglomerates and bedded limestones, Upper Eocene ( $E_3$ ). 2 = Foraminiferal limestone, Lower and Middle Eocene ( $E_{1,2}$ ). 3 = Liburnian beds, limestone, Paleocene and Lower Eocene ( $PcE_1$ ). 4 = Rudistid limestone, Turonian and Senonian ( $K_2^{2,3}$ ). 5 = Outcrops of Late Paleogene bauxites. 6 = Dip of beds. 7 = Fault. 8 = Sample location.

trošenja. Liburnijske naslage, taložene u brakičnim i slatkovodnim uvjetima, označavaju početak sedimentacije u starijem paleogenu. Postupnim spuštanjem sedimentacijskog prostora dolazi do transgresije krajem paleocena i taloženja foraminiferskih vapnenaca u donjem i srednjem eocenu. Taloženje se vrši u neritsko-sublitoralnoj sredini toplog mora, bez terigenih utjecaja.

Ilirski pokreti u lutetu uzrokuju novi prekid u sedimentaciji. Pokreti su snažni, nastaju složenije tektonske strukture (sl. 2), a potom razveden karbonatni paleoreljef. Ova zbivanja praćena su boksitogenim procesima,



pa se u gornjem lutetu akumuliraju u području Moseća mnogobrojna ležišta boksita. Krajem luteta dolazi do nove transgresije i obnavljanja marinske sedimentacije. Transgresija postepeno napreduje od jugozapada prema sjeveroistoku. Spuštanje dna sedimentacijskog prostora kompenzirano je taloženjem znatne količine klastita, karbonatnih i drugih stijena prominskih naslaga. Talozenje se odvija kao i u susjednom području Drniša i Promine (Zupanič, 1969). Nakon marinske sedimentacije slijedi brakična, mjestimično lagunarna do deltaična uz jake terigene utjecaje, kada se s kopna u sedimentacijski prostor unosi velika količina terigenog materijala, npr. polimiktni konglomerati. Prekid sedimentacije prominskih naslaga uslijedio je krajem eocena, kada se čitavo istraživano područje izdiže u toku pirinejskih pokreta. U toku mlađih orogenetskih pokreta u neogenu došlo je do stvaranja još složenijih tektonskih odnosa. Bore i inverzne tektonske strukture razlamaju se duž sistema rasjeda, a potom snažna denudacija otkriva kredne i starije paleogenske naslage ispod nekad suvislog transgresivnog pokrova prominskih sedimenata.

### BOKSITI

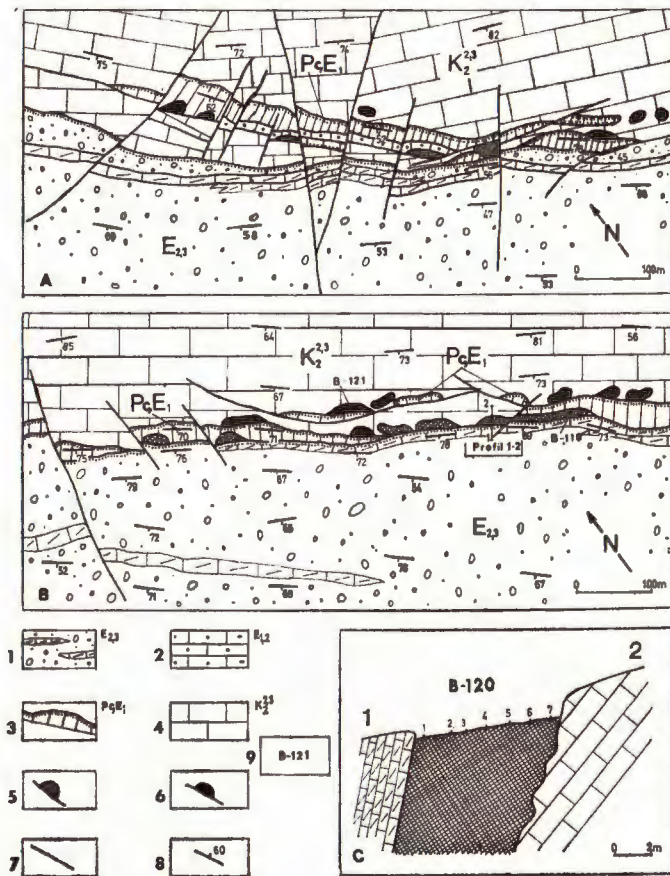
Boksiti Moseća su dvovrсни. Oni se razlikuju po starosti, odnosno stratigrafskom položaju, mineralno-kemijskom sastavu, te načinu pojavljivanja odnosno veličini i obliku rudnih tijela.

Stariji su boksiti na Moseću nastali u vrijeme kopnene faze koja je uslijedila nakon laramijskih pokreta krajem senona i trajala do početka taloženja liburnijskih naslaga. Mlađi boksiti Moseća nastali su za kopnene faze koja je uslijedila nakon snažnih ilirskih pokreta u lutetu.

#### Boksiti starijeg paleogena

Na Moseću boksiti ove starosti leže na okršenoj paleopovršini rudistnih vapnenaca gornje krede. Krovina su im liburnijske naslage paleocena i donjeg eocena. Ležišta se pojavljuju duž granice krednih i starijih paleogenskih naslaga, većinom kao manja ležišta ili pojave. Prema znatnoj učestalosti izdanaka može se zaključiti da su dijelovi paleoreljefa bili bogatije i dosta ujednačeno orudnjeni, ali su drugi dijelovi dijelovi ostali gotovo bez ikakvih tragova boksita. Ležišta se stoga pojavljuju zonarno, tvoreći mjestimično značajnije akumulacije (sl. 2 A, B), dok su dijelovi istraživanog terena bez boksita starijeg paleogena (sl. 1). Ovo bi donekle mogli dovesti u vezu s morfologijom paleoreljefa i tektonskom građom kredno-paleocenskog kopna. Viši dijelovi paleoreljefa, koji ujedno odgovaraju tjemenu krednih antiklinala, nemaju ležišta boksita starijeg paleogena, ili se radi samo o manjim pojavama. Boksiti su učestaliji u sinformnim dijelovima struktura, gdje se nakon prekida kopnene faze započela sedimentacija brakično-slatkovodnih liburnijskih naslaga.

Najznačajnija ležišta starijeg paleogena na Moseću nalaze se u Sedramiću i dijelu Vinova, na jugozapadnom krilu kredno-paleogenske antiklinala, te u sektoru složenih tektonskih struktura središnjeg dijela



Sl. 2. Geološka karta okolice Šuljak (Sedramić) — A; okolice Trive (Sedramić) — B i geološki profil kroz ležište boksita — C.

1 = Promina naslage, konglomerati i uslojeni vapnenci, srednji i gornji eocen ( $E_{2,3}$ ). 2 = Foraminiferski vapnenci, donji i srednji eocen ( $E_{1,2}$ ). 3 = Liburnijske naslage, vapnenci, paleocen i donji eocen ( $PcE_1$ ). 4 = Rudistni vapnenci, turon i senon ( $K_2^{2,3}$ ). 5 = Izdanci ležišta boksita mlađeg paleogena. 6 = Izdanci ležišta boksita starijeg paleogena. 7 = Rasjed. 8 = Nagib sloja. 9 = Mjesto uzetog uzorka.

Text-fig. 2. Geological map of the Šuljak area (Sedramić) — A, Trive area (Sedramić) — B, and Cross-section of bauxite deposit — C.

1 = Promina beds, conglomerates and bedded limestones, Middle and Upper Eocene ( $E_{2,3}$ ), 2 = Foraminiferal limestone, Lower and Middle Eocene ( $E_{1,2}$ ), 3 = Liburnian beds, limestone, Paleocene and Lower Eocene ( $PcE_1$ ), 4 = Rudistid limestone, Turonian and Senonian ( $K_2^{2,3}$ ). 5 = Outcrops of Late Paleogene bauxites. 6 = Outcrops of Early Paleogene bauxites. 7 = Fault. 8 = Dip of beds. 9 = Sample location.



Moseća. Ležišta boksita starijeg paleogena na ovim lokalitetima pojavljuju se u formi leća i nepravilnih ispunjenja u podinskim vapnencima s krovinom tankouslojenih vapnenaca paleocena. Većina je ležišta usmrnjena, izdanci su dužine do nekoliko desetaka metara, najbrojnija su s dužinom do 10 m. Debljina rudnih tijela ne prelazi u prosjeku 3 m.

Kemijski i mineralni sastav boksita starijeg paleogena ispitan je na uzorcima uzetih s ležišta kod Sedramića (Trive). Kemijski sastav utvrđen je na uzorku B-121 (tabela I).

Tabela I — Table I  
Kemijski sastav boksita starijeg paleogena  
Chemical Composition of Early Paleogene Bauxite

SiO <sub>2</sub>	0,90%	H <sub>2</sub> O <sup>100°</sup>	1,02%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	52,58	Gub. žar.	15,02
TiO <sub>2</sub>	4,47	Cu	25 ppm
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,15	Ni	290
MnO	tr.	Co	36
CaO	0,15	Cr	1650
MgO	0,05	V	1180
H <sub>2</sub> O <sup>105°</sup>	1,10	Zr	720

Analičar: D. Šiftar

Rezultati analize uzorka boksita iz Čajine s područja Kljaci:

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 55,40%, SiO<sub>2</sub> = 1,00%, TiO<sub>2</sub> = 3,55%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 25,49%,  
Gub. žar. = 13,50%.

Rendgenskom i mikroskopskom analizom u boksitima ustanovljeni su slijedeći minerali: bemit, hidrargilit, hematit, kaolinit, getit, anatas, rutil, turmalin. Glavni minerali boksita su bemit, hematit i getit, a mjestično i hidrargilit.

Tipični mineralni sastav boksita pokazuje rendgenska analiza uzorka B-121, gdje su utvrđeni slijedeći minerali: bemit>getit>hidrargilit>anatas>rutil (?). Na osnovi pomaka refleksa plohe (111) utvrđeno je da getit sadrži 4% AlOOH komponente. Vjerojatno je getit sekundaran mineral, nastao izmjenom hematita.

Bemit, hematit, getit, kaolinit i anatas redovno su kriptokristalasti, te ih nije moguće mikroskopom odrediti. Intimno su međusobno vezani, a boja im ovisi o količini hematita, odnosno getita.

Hidrargilit se pojavljuje na više načina. Najčešće je kriptokristalast i nalazi se zajedno s drugim kriptokristalastim mineralima. Hidrargilit se još nađe kao sitni kristali nastali prekrizacijom kriptokristalastog hidrargilita, pri čemu se zapaža postepeni prijelaz kriptokristalastog u mikrokristalasti hidrargilit. U potpuno prekrizaliziranom hidrargilitu nalazimo mozaično srasla zrna i lističe hidrargilita duge 5 do 20 μ (Tab. I, sl. 2, 3). Česti su sraslaci, a nalazimo i zrna lepezaste građe. Nadalje, u nekim uzorcima opaža se hidrargilit koji je nastao kristalizacijom iz

otopina, pri čemu on ispunjuje pukotine i šupljine. Ovaj hidrargilit je krupnokristalast. I najzad, rijetko se opažaju sitna detritična zrna, krhotine kristala hidrargilita.

Od akcesornih minerala opažen je samo turmalin. Kalcit je sekundarni mineral, popunjuje šupljine u boksitu.

Na temelju kemijske i rendgenske analize utvrđen je slijedeći mineralni sastav uzorka B-121:

Tabela II — Table II  
Mineralni sastav boksita  
Mineral Composition of Bauxite

Bemit	53,1%
Hidrargilit	11,0
Kaolinit	2,0
Getit	26,0
Anatas, rutil	4,6
Kalcit	0,3

Boksiti su oolitne strukture (Tab. I, sl. 1, 2). Promjer oolita je 0,02 do 2 mm, a najčešće između 0,2 i 0,7 mm. Ooliti su izgrađeni od tamnijih i svjetlijih kriptokristalastih ovojnica (s različitim sadržajem minerala željeza). Kod nekih oolita pojedine ovojnice su od mikrokristalastog hidrargilita. Broj ovojnica je različit, a nalaze se i zaobljena zrna s jednom ili dvije svjetlije ovojnice. Dio oolita je nastao »in situ«, a veći dio je pretaložen. Mjestimično se zapaža da je zadnja ovojnica pretaloženog oolita nastala »in situ«, tj. nakon pretaložavanja. Česti su fragmenti oolita. Ooliti se nalaze u kriptokristalastoj, rijetko mikrokristalastoj (hydrargilitnoj ili kalcitnoj) osnovi. Kalcitna osnova nastala je u postgenetskoj fazi uslijed »ispiranja« boksitne osnove s istovremenim ispunjavanjem nastalih šupljina kalcitom. Opaža se i »potiskivanje« pojedinih perifernih ovojnica oolita kalcitom. Količina oolita u boksitu je različita; u nekim uzorcima oni su gusto pakovani, tako da čine više od 80% od boksita, dok u drugim prevladava pelitna osnova.

#### Osvrt na genezu boksita

Detalnije je geneza boksita starijeg paleogena Istre razmotrena u radu Šinkoveca (1973). Autor iznosi mišljenje da su boksiti nastali na zaravnjenoj, jako karstificiranoj površini. Ishodišni materijal boksita vjerojatno potječe od netopivog ostatka podinskih krednih vapnenaca. Analizom odnosa količina makro i mikroelemenata u boksitima i podinskim vapnencima utvrđeno je da je ova pretpostavka moguća.

Sudeći prema oblicima rudnih tijela, mineralnom i kemijskom sastavu, te strukturi boksita starijeg paleogena Dalmacije i jadranskih otoka, a time i boksita područja Moseća, kao i geološkom položaju krovinskih i podinskih naslaga ovih boksita, izgleda da su njihovi genetski uvjeti bili identični ili slični genetskim uvjetima istarskih boksita.



U Dalmaciji, kao i u Istri, izdizanje kopna krajem gornje krede izvršeno je uslijed epirogenetskih pokreta, ali za cijelo vrijeme kopnene faze nije bilo jačih orogenetskih pokreta. Stoga je kredno-donjopaleogensko paleokopno imalo izgled zaravni. Na tom paleoreljefu prevladavali su kemijski procesi trošenja karbonatnih stijena, što je uzrokovalo formiranje izrazitog krškog reljefa s mnogobrojnim ponikvama. Ovi uvjeti, uz toplu i humidnu klimu koja je vladala u to doba, bili su pogodni za boksitizaciju površinskog sloja tipa terra rossa, koji je prekrivao vapnence. Tokom dugotrajnog procesa erozije karbonatnih stijena ovaj površinski sloj višekratno je pretaložavan povremenim površinskim vodama i prenašan u niže dijelove paleoreljefa. Istovremeno vršena je njegova boksitizacija.

Boksitogenu fazu prekinula je transgresija krajem paleocena, odnosno početkom eocena. U početku su u nižim dijelovima područja, t.j. upravo tamo gdje su se nalazila ležišta boksita, taložene slatkovodne i brakične liburnijske naslage. Navise, ove naslage prelaze u marinske foraminiferske vapnence, koji imaju znatno veće prostranstvo.

### Boksiti mlađeg paleogena

Ovi boksiti leže na vapnencima različite starosti. To su rudistni vapnenci gornje krede, kao npr. u Umljanoviću (Rape), liburnijske naslage (Sedramić i Vinovo), te foraminiferski vapnenci, kao što je duž sjevernog krila antiklinale Moseć, na lokalitetima Kunci, Kljake itd. Krovina ovih ležišta su različiti litološki članovi Promina-naslaga, konglomerati, kalkareniti, pločasti vapnenci. U podinskim je vapnencima paleoreljef dobro izražen, a različita starost ovih vapnenaca upućuje na snažnu denudaciju u toku kopnene faze u lutetu. Nije opažena neka određena pravilnost u koncentraciji ležišta boksita u odnosu na tektonske strukture ili paleoreljef. Ipak postoje zone više i niže orudnjenosti, dijelovi paleoreljefa sa bogatijim akumulacijama boksita, kao i gotovo potpuno nerudnjene površine. U tom smislu opaža se smanjena orudnjenost u dijelovima kredne antiklinale, gdje je denudacija bila u lutetu izrazitija, gdje su erodirane naslage starijeg paleogena, pa Promina-naslage leže izravno transgresivno na krednim vapnencima.

Ležišta se pojavljuju u različitim tektonskim strukturama, pa tako i u različitom položaju podine i krovine. Većinom se radi o ustrmljenim ležištima, kao u Sedramiću, Vinovu, dijelu Kljaka, ali ima ih i sa krovinom blagog nagiba, što je rjeđe npr. Umljanović (Rape).

Ležišta mlađeg paleogena su nepravilnog oblika. To su lečasta, džepolika ili crijevasta ispunjenja podinskog paleoreljefa sa znatnim proširenjima u korodiranim podinskim vapnencima. Ležišta su veličinom neujednačena, ali pretežu ona dužine od nekoliko desetaka metara, najviše do 200 m, sa debljinom koja je promjenjiva zbog neravnina u podini, a iznosi u prosjeku od nekoliko metara do desetak, rijetko i više metara. Mjestimično su sekundarno stvorene veće akumulacije boksita uslijed tektonskih deformacija orudnjene površine. Tako u Vinovu (Vlake i Bunari) reversnim je kretanjima došlo do povećanja debljine nekih rudnih tijela.

Kemijski sastav boksita nije ujednačen. Prema podacima dugogodišnjih istraživanja utvrđeno je da boksiti Sedramića imaju povišen sadržaj kaolinita i nešto niži gubitak žarenjem. Sličan gubitak žarenjem, ali niži sadržaj kaolinita imaju ležišta Kunci i drugih lokaliteta na sjeveroistočnom krilu antiklinale Moseća. U boksitima područja Kljaka prevladava hidrargilit, dok su boksiti Vinova mješovitog bemitsko-hidrargilitskog sastava.

Na tabeli III dano je nekoliko tipičnih analiza boksita mlađeg paleogena.

Tabela III — Table III  
Kemijski sastav boksita mlađeg paleogena  
Chemical Composition of Late Paleogene Bauxite

	1.	2.	3.	4.	5.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	52,09%	46,11%	48,07%	46,15%	54,45%
SiO <sub>2</sub>	3,49	3,10	7,50	3,40	2,19
TiO <sub>2</sub>	3,02	2,80	2,50	2,35	2,80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,45	20,79	25,63	29,40	23,74
Gub. žar.	18,77	26,10	15,18	17,80	15,82

1. Kunci, 2. Kruno (Kljaci), 3. Šuljak (Sedramić), 4. Kruna (Vinovo), 5. Široki umac (Vinovo).

Detaljno ispitivanje kemijskog i mineralnog sastava boksita izvršeno je na uzorcima s područja Kljaka, lokalitet Gradina na sjevernoj padini Moseća i s područja Sedramić (Trive) na južnoj padini Moseća. Kod Kljaka uzorak B-126 uzet je s manjeg ležišta kvalitetnog boksita čiji je izdanak izometričnog oblika, a kod Sedramića uzorci su od slojnog ležišta boksita slabije kvalitete. Boksit je debeo 1—2 m, s mjestimičnim za debljanjima do 8 m (sl. 1 i 2).

Tabela IV — Table IV  
Kemijski sastav boksita  
Chemical Composition of Bauxite

	B-126	B-119
SiO <sub>2</sub>	2,42%	10,50%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	46,80	46,59
TiO <sub>2</sub>	2,59	2,86
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,80	22,10
MnO	0,25	0,17
CaO	0,21	0,22
MgO	0,08	0,08
H <sub>2</sub> O <sup>105°</sup>	0,94	1,04
H <sub>2</sub> O <sup>180°</sup>	0,90	0,86
Gub. žar.	22,80	14,20

Analitičar: D. Siftar



Sadržaj nekih mikroelemenata u boksitu prikazan je u tabeli V. Na ležištu kod Sedramića uzeto je 7 uzoraka po profilnoj liniji okomitoj na sloj (uzorci B-120/1 do B-120/7) od krovine prema podini (sl. 2 C).

Tabela V — Table V  
Sadržaj mikroelemenata u boksitu (u ppm)  
Content of Trace Elements in Bauxite (in ppm)

Uzorak Sample	Cu	Ni	Co	Cr	V	Zr
B-119	75	490	52	1670	810	430
B-120/1	70	410	55	1540	1080	570
B-120/2	130	420	49	1190	890	310
B-120/3	80	580	51	1900	1180	660
B-120/4	70	330	33	1300	710	300
B-120/5	80	410	34	1720	650	530
B-120/6	80	435	33	1610	850	560
B-120/7	100	395	41	850	550	630
B-126	70	585	54	2280	1540	550

Analitičar: D. Šiftar

Rendgenskom analizom u boksitu iz Kljaka utvrđen je mineralni sastav: hidrargilit > hematit > bemit, Al getit, kaolinit > anatas. Getit sadrži 30% AlOOH komponente, te pripada alumogetitu. Termička analiza istog uzorka pokazala je da u boksitu znatno prevladava hidrargilit, dok su bemit i getit podređeni.

Minerali boksita najčešće su submikroskopskih dimenzija i intimno izmiješani, dajući kriptokristalastu masu ujednačenog izgleda. Jedino se po različitom stupnju obojenosti vidi da su minerali željeza nejednako raspoređeni.

Pored kriptokristalastog hidrargilita mjestimično se nalazi autigeni mikrokristalasti hidrargilit koji je kristalizirao iz cirkulirajućih otopina u šuplinama i pukotinama. Nadalje se u boksitu gotovo redovno nalaze detritična zrna mikrokristalastog hidrargilita, koja predstavljaju pojedinačne kristale ili krhotine kristala hidrargilita. U boksitima Sedramića detritičnog hidrargilita ima malo i zrna su vrlo sitna, dok je ovaj hidrargilit u boksitu Kljaka obilniji, a zrna su duga 40 do 300 mikrona (Tab. I, sl. 4).

Na temelju kemijske, rendgenske i termičke analize utvrđen je slijedeći mineralni sastav boksita iz Kljaka (B-126):

Tabela VI — Table VI  
 Mineralni sastav boksita  
 Mineral Composition of Bauxite

Hidrargilit	62,0%
Bemit	5,3
Kaolinit	5,3
Hematit	19,3
Al getit	4,4
Anatas	2,7
Kalcit	0,3

Gornjoeocenski boksiti Moseća pretežno su pelitne, a rjeđe pseudooolitne strukture. Boksit se sastoji od kriptokristalaste mase, ili ona znatno prevladava. U boksitu se često nalaze detritična zaobljena zrna boksita (pseudooliti), pa ako je njihovo učešće značajnije, pelitna struktura prelazi u pseudoolitnu strukturu.

#### *Osvrt na genezu boksita*

Uvjeti za postanak boksita za vrijeme kopnene faze mlađeg paleogena bili su povoljni. Za razliku od konfiguracije paleokopna za vrijeme stvaranja boksita starijih horizonata, koje je pretežno bilo blagog reljefa, paleoreljef mlađepaleogenskog kopna bio je dobro razvijen, s izraženim hipsometrijskim razlikama i formiranim udubljenjima koritastog i kanjonskog oblika. Takav reljef uvjetovao je formiranje većih rudnih tijela koja su nastala prenosom boksitičnog materijala povremenim površinskim vodama u niže dijelove paleoreljefa.

Prijenos boksitičnog materijala bio je postepen i vršen gotovo za cijelo vrijeme boksitogene faze, tj. istovremeno s boksitizacijom.

Prisutnost detritičnog hidrargilita u boksitu dokazuje da je boksitični materijal uglavnom već bio boksitiziran prije dolaska u sadašnje ležište. Naime, detritični hidrargilit potječe od autigenih žilica hidrargilita koje su se nalazile u ležištima boksita. Erozijom tih ležišta i pretaložavanjem boksita žični hidrargilit dospio je u novoformirana ležišta kao detritična zrna.

Na malen stupanj boksitizacije boksita u sadašnjem ležištu ukazuje i sadržaj mikroelemenata u uzorcima uzetih po profilu u ležištu kod Sedramića (tabela V, sl. 2 C). Ne opaža se povećanje sadržaja mikroelemenata u podinskom dijelu ležišta, što bi bio slučaj pri značajnijoj boksitizaciji ležišta.

Mineralni sastav i strukture boksita jasno ukazuju da boksit nije pretaložen s tipičnih lateritnih kora raspadanja, nego da je boksit nastao na karbonatnoj podlozi za vrijeme višekratnog pretaložavanja ishodišnog boksitičnog materijala.

Dok je za vrijeme boksitogene faze većine boksita starijih horizonata paleokopno bilo izgrađeno gotovo isključivo od karbonatnih stijena malog vertikalnog stratigrafskog raspona, za vrijeme nastanka boksita mlađeg paleogena u širem području paleokopna nalazile su se stijene različite



starosti i različitog mineralnog sastava. U podini prominskih naslaga nalaze se sedimenti malma, donje i gornje krede, te starijeg paleogena. U bazalnom dijelu prominskih konglomerata kod Drniša nađene su valutice trijaskih stijena (Zupanić, 1969), a u Moseću valutice jurskih stijena. Ovi podaci pokazuju da su se na površini mlađepaleogenog kopna nalazile stijene mezozojske i starijepaleogene starosti, a ishodišni materijal boksita mogao je potjecati od svih tih stijena.

Za razliku od starijih boksita, boksiti mlađeg paleogena bogati su akcesornim mineralima različitog genetskog porijekla (Šušnjara i B. Šćavničar, 1976). Ovakav sastav akcesornih minerala ukazuje da ishodišni materijal boksita mlađeg paleogena ne treba tražiti isključivo u netopivom ostatku podinskih karbonatnih stijena, nego da je on mogao doći i iz drugih izvora.

O utjecaju drugih, nekarbonatnih stijena, na genezu boksita za sada se ne može ništa reći, jer istraživanja geneze boksita mlađeg paleogena u Dalmaciji još nisu dovršena.

Primljeno 28. 03. 1977.

#### LITERATURA

- Adam, M. (1869): *Tableau minéralogique*. Paris.
- Barić, Lj. (1973): Novi i navodno novi minerali sa područja Jugoslavije. — *Glasn. Zemalj. muzeja*, N. S., 11—12, (1972/73), 7—31, Sarajevo.
- Berthier, P. (1821): Analyse de l'alumine hydratée des Beaux, Département des Bouches-du-Rhône. *Ann. Mines*, 6, 531—534.
- Breithaupt, A. (1847): *Handbuch der Mineralogie*. 3 Bde. Dresden und Leipzig.
- Bušinski, G. I. (1975): *Geologija boksitov*. Vtoroe izd. »Nedra«, 1—416, Moskva.
- Cornu, F. (1909a): Über die Verbreitung gelartiger Körper in Mineralreich, ihre chemisch-geologische Bedeutung und ihre systematische Stellung. — *Centralbl. Min. Geol. Paläont.*, 324—336, Stuttgart.
- Cornu, F. (1909b): Die Bedeutung gelartiger Körper in der Oxydationszone der Erzlagerstätten. — *Zeitschr. prakt. Geol.*, 17, 81—87, Wien.
- Cornu, F. (1909c): Die Bedeutung der Hydrogele im Mineralreich. — *Zeitschr. Chemie Ind. Kolloide*, 4/1, 15—18, Dresden.
- Franotović, D. (1954): Boksiti Dalmacije — njihova problematika i perspektive. — *Tehnika (Rud. i metal.)*, 9/5, 148—155, Beograd.
- Goldman, M. (1955): Petrography of bauxite surrounding a core of kaolinized nepheline syenite in Arkansas. — *Econ. Geol.*, 50, 589—609, Lancaster.
- Ivanović, A., Sikirica, V. & Sakač, K. (U štampi — In print): Tumač OG karte list Drniš.
- Ivanović, A., Muldini-Mamužić, S., Sakač, K., Vrsalović-Carević, I. & Zupanić, J. (1969): Razvoj paleogenih naslaga na širem području Benkovca i Drniša u sjeverozapadnoj Dalmaciji. — *III simp. Dinarske asoc.*, 1, 51—71, Zagreb.
- Kerner, F. (1894a): Reisebericht aus dem nördlichen Dalmatien. — *Verhandl. Geol. Reichsanst.*, 9, 231—235, Wien.
- Kerner, F. (1894b): Ueber die geologischen Verhältnisse der Gegend von Dernis in Dalmatien. — *Verhandl. Geol. Reichsanst.*, 9, 75—81, Wien.
- Kerner, F. (1901): *Geologische Karte Kistanje—Dernis. Erläuterungen zur geologischen Karte Kistanje—Dernis*, 1—40, Izd. Geol. Reichsanst., Wien.
- Kerner, F. (1909): Bericht über den Abschluss der Aufnahme des Blattes Sinj—Spalato. — *Verhandl. Geol. Reichsanst.*, 1, 237, Wien.

- Kerner, F. (1916a): *Geologische Karte Sinj und Spalato. Erläuterungen zur geologischen Karte Sinj und Spalato*, 1—116, Izd. Geol. Reichsanst., Wien.
- Kerner, F. (1916b): Geologie der Bauxitlagerstätten des südlichen Teils der Osterreichisch-Ungarischen Monarchie. — *Berg. u. Hüttenm. Jb.*, 64, 139—170, Wien—Leoben.
- Kerr, P. (1959): *Optical Mineralogy*. 3rd ed. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
- Kišpatić, M. (1912): Bauxite des kroatischen Karstes und ihre Entstehung. — *N. Jb. Min. Geol. Pal.*, 34, 513—552, Stuttgart.
- Pavlovac, R. (1963): Stratigrafski razvoj starejšega paleogena v jugozahodni Sloveniji. — *Razprave Slov. akad. znan. umet. (Razr. prir.-med. vede)*, 7, 421—556, Ljubljana.
- Quitsov, H. W. (1944): Die geologische Stellung der ostadriatischen Bauxitvorkommen. — *Zeitsch. prakt. Geol.*, 52, 11—22, Berlin.
- Ramhdor, P. (1954): *Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie*. Ferdinand Enke Verlag, 1—669, Stuttgart.
- Rosas, H. (1973): Bauxite in the Morales-Cajibío area, Cauca, Colombia. — *ICSOBA, 3-e Congrès international*, 237—244, Nice.
- Sakač, K. (1969): Fotogeološka studija krškog područja Drniš. — *Acta geol.*, 6, (Prir. istr. Jugosl. akad. znan. umj., 36), 235—249, Zagreb.
- Sakač, K. (1972): A new survey of stratigraphic bauxite-bearing horizons in Croatia (Yugoslavia). — *Bull. sci. Cons. Acad. Yugosl.*, (A), 17/7—8, 221—223, Zagreb.
- Stache, G. (1889): Die Liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. — *Abhandl. Geol. Reichsanst.*, 13, 1—170, Wien.
- Šikić, D. (1969): O razvoju paleogena i lutetskim pokretima u sjevernoj Dalmaciji. — *Geol. vjesnik*, 22, (1968), 309—331, Zagreb.
- Šikić, D., Muldini-Mamužić, S., Mamužić, P. & Magaš, N. (1969): Litološki i biostratigrafski tipovi razvoja paleogena u Istri i Dalmaciji. — *III simp. Dinarske asocij.*, 1, 241—265, Zagreb.
- Sinkovec, B. (1973): The origin of Early Paleogene bauxites of Istria, Yugoslavia. — *ICSOBA, 3-e Congrès international*, 1, 151—164, Nice.
- Šušnjara, A. & Šćavničar, B. (1976): Akcesorni teški minerali u boksitima i karbonatnim stijenama podine boksita u SR Hrvatskoj. — *IV Jugoslav. simp. istr. ekspl. boksita*, 53—66, Herceg Novi.
- Tučan, F. (1912): Terra rossa, deren Natur und Entstehung. — *N. Jb. Min. Geol. Paläont.*, 34, 401—430, Stuttgart.
- Weisse, J. G. de (1948): Les bauxites de l'Europe centrale. (Province dinarique et Hongrie). — *Mém. Soc. Vaudoise Sci. Nat.*, 58, Vol. 9/1, 1—162, Lausanne.
- Zupanić, J. (1970): Promina naslage planine Promine. — *Geol. vjesnik*, 22, 477—498, Zagreb.

Neobjavljeni radovi — Unpublished reports:

- Gabrić, A., Sakač, K., Krkalo, E. & Pencinger, V. (1972): Geološka istraživanje boksitonosong područja planine Moseć, Fond IGI, br. 5183, Zagreb.
- Ivanović, A. (1957): Geološko kartiranje boksitnog područja Moseć—Umljanić—Kljaci. Fond IGI, br. 2862, Zagreb.



## Geological setting and bauxites of Mt. Moseć, Dalmatia (south Croatia)

K. Sakač, B. Šinkovec and A. Gabrić.

The oldest records of the bauxite occurrences on mt. Moseć, which are also the earliest information about bauxite mineralization in Yugoslavia, were published in 1847 by Breithaupt. In his famous manual »*Handbuch der Mineralogie*«, on p. 689 the author describes the deposit Kljake in Dalmatia, under the title »Picites cliachites« or abbreviated »cliachit«, and includes data on its physical properties, chemical composition and the locality.

Later, Adam (1869) placed chliachite among bauxites. However, Cornu (1909a, b, c) defines the term kljakit or kliachite as the isotropic aluminium hydroxide gel in bauxite. Cornu's definition is accepted in the new mineralogical literature, as e.g. Goldman (1955) considers cliachite as amorphous, brown aluminium oxide, frequent in bauxites. This definition of cliachite is found also in the *Glossary of Geology* of the American Geological Institute (1966). Ramdohr (1954) uses the name cliachite as a synonym for alumogel. Kerr (1959) says that cliachite is an amorphous mineral mass whose crystal structure is not visible under the microscope but only by X-ray analysis. A material of such properties was discovered by Rosas (1973) in bauxites of Morales-Cajibío, Columbia and was called by him cliachite and also the possibility of transition of cliachite into hydrargillite was emphasized. However, already Tučan (1912) noted that Breithaupt's definition of cliachite referred to a mineral mixture identical to bauxite. The term cliachite in its original meaning is synonymous with bauxite (Barić, 1975). Therefore, Bushinskiy (1975) considers that the term cliachite as compared to bauxite has a historical priority because Bertier's description (1821) of bauxite at Les Baux in Provence, France refers to an aluminium hydroxide mineral ( $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) containing admixtures of iron oxides.

The Moseć mountain is situated in NW Dalmatia and belongs to the Outer Dinarides. It consists of carbonate Upper Cretaceous rocks, Paleocene and Lower Eocene Liburnian limestones, and foraminiferal limestones of the Lower, Middle and Upper Eocene. All rocks are affected by strong tectonic deformations, resulting in a rather complicated tectonical structure.

The dominant structure is the Moseć anticline composed of Cretaceous calcareous sediments in the core and of Paleogene sediments in the limbs. The deposits of Upper Paleogene constitute several synclinal structures. There are locally more complex structures produced by reverse movements or gravitational faulting.

Two types of bauxite can be identified according to the age, mineralochemical composition and the size and shape of the ore deposits. The older bauxite has been formed during the Early Paleocene continental phase subsequent to the weakly expressed Laramic tectonic deformations. The younger bauxite was formed during the late Lutetian continental phase, subsequent to the strong tectonic deformations of the Illyrian phase and the peneplanation of the paleorelief.

The bauxite deposits of the Early Paleocene overlay the karstified Upper Cretaceous rudist limestone and are overlain by the Paleocene—Lower Eocene Liburnian sediments. The bauxite deposits form some 3 m thick lenses cropping out along a maximum of 10 m.

The chemical and mineral composition of the Early Paleocene bauxite is shown in Tables I and II. Its mineral constituents are: boehmite, hydrargillite, hematite, kaolinite, goethite, anatase, rutile, tourmaline; boehmite prevails over hydrargillite. The bauxite minerals are mainly cryptocrystalline. Fine hydrargillite crystals formed by recrystallization of cryptocrystalline hydrargillite, as well as veinlets of microcrystalline hydrargillite, tiny detrital grains and fragments of hydrargillite crystals are rare. The structure of bauxite is oolitic.

The Early Paleogene bauxite was formed by bauxitization of surface beds of »terra rossa« overlying limestones. The source material probably derived — in its major part — from the insoluble remnants of Cretaceous limestones.

The bauxite deposits of the Late Paleogene are larger in size and more numerous, than those of the Early Paleogene. They are up to 200 m long (mostly a few tens of meters) and several meters thick. The deposits lay over limestones of

different ages (Upper Cretaceous, Liburnian and foraminiferal limestones), and are overlain by various lithologic members of the Upper Eocene Promina formation. Their chemical and mineral composition is shown in Tables III to VI.

The bauxites are generally of boehmite-hydrargillite type, except in the area of Kljake where hydrargillite prevails. Detrital grains of microcrystalline hydrargillite (crystals and fragments of crystals of hydrargillite) are common in the bauxite; veinlets of microcrystalline hydrargillite are also frequent. The structure of bauxite is usually pelitic.

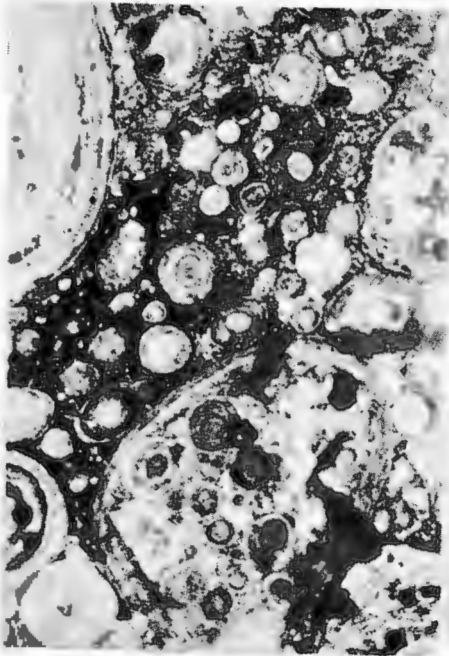
The bauxite is formed by multifold redeposition of original bauxitic material on the calcareous rocks, thus the previously formed bauxites are found in the present deposits. This conclusion is based on the presence of detrital hydrargillite which derives from the vein-type hydrargillite of eroded and redeposited bauxite deposits. The limited bauxitization process in the actual deposits is proved also by the content of microelements in the samples taken in a cross-section of the Sedramić deposit (Table V, Fig. 2 C). There is no increase of microelements toward the bottom of the bauxite body (which should occur in case of a strong bauxitization process). The origin of the source material of bauxite is not known, but it might have derived from various rocks.

*Received 28 March 1977.*

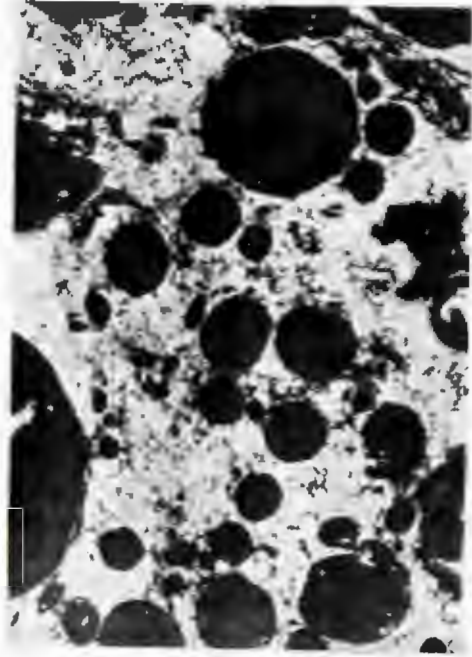
#### TABLA — PLATE I

- 1 Oolitna struktura donjopaleogenskog boksita, 20x.  
The oolitic texture of the Early Paleogene bauxite, 20x.
- 2 Mikrokristalasti (prekristalizirani) hidrargilit kao matriks oolitnog boksita. Donjopaleogeniski boksit, 20x.  
Microcrystalline (recrystallized) gibbsite as the matrix of oolitic bauxite. Early Paleogene bauxite, 20x.
- 3 Detalj slike 2, 130x.  
Detail of Fig. 2, 130x.
- 4 Detritično zrno krupnokristalastog hidrargilita u gornjopaleogenskom boksitu, 200x.  
Detrital grain of coarse-crystalline gibbsite in the Late Paleogene bauxite, 200x.

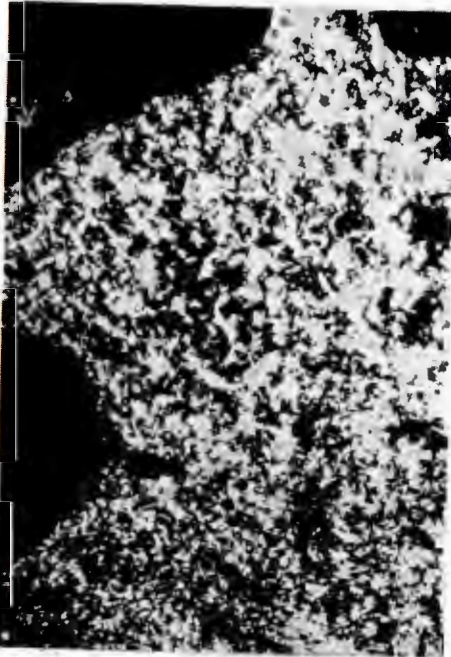




1



2



3



4

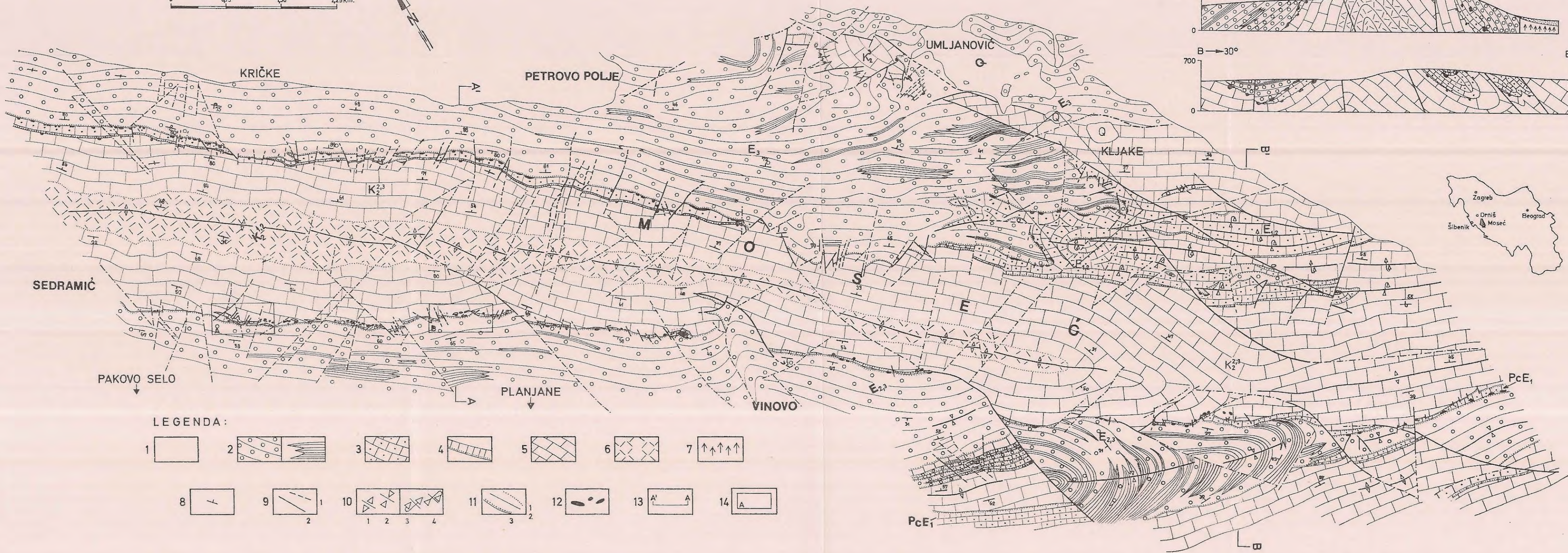
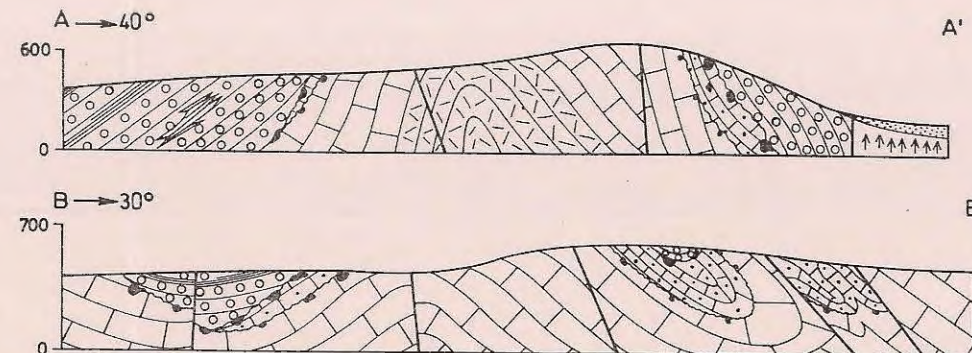
TABLA II  
GEOLOŠKA KARTA MOSEĆA

Legenda: 1 = Kvartar, 2 = Promina naslage, gornji dio srednjeg eocena i gornji eocen ( $E_{2,3}$ ), te gornji eocen ( $E_3$ ): 1 = konglomerati, 2 = uslojeni vapnenci, 3 = Foraminiferski vapnenci, donji i srednji eocen ( $E_{1,2}$ ). 4 = Liburnijske naslage, vapnenci, paleocen i donji eocen ( $PcE_1$ ). 5 = Rudistni vapnenci, turon i senon ( $K_2^{2,3}$ ). 6 = Dolomitno-vapnenačke breče, dolomiti i vapnenci, cenoman i turon ( $K_2^{1,2}$ ). 7 = Evaporiti, gornji perm i donji trijas (PT). 8 = Elementi nagiba sloja. 9 = Rasjed : 1 = pretpostavljen, 2 = utvrđen. 10 = Uspravna : 1 = antiklinala, 2 = sinklinala; prevrnuta : 3 = antiklinala, 4 = sinklinala. 11 = Geološka granica : 1 = postupni prijelaz, 2 = normalna, 3 = transgresivna, 12 = Izdanci boksita, 13 = Geološki profil. 14 = Položaj detaljnih geoloških karata.

PLATE II  
GEOLOGICAL MAP OF THE MOSEĆ AREA

Legend: 1 = Quaternary. 2 = Promina beds, upper part of the Middle Eocene and Upper Eocene ( $E_{2,3}$ ), and Upper Eocene ( $E_3$ ): 1 = conglomerates, 2 = bedded limestones. 3 = Foraminiferal limestones, Lower and Middle Eocene ( $E_{1,2}$ ). 4 = Liburnian beds, limestones, Paleocene and Lower Eocene ( $PcE_1$ ). 5 = Rudistid limestones, Turonian and Senonian ( $K_2^{2,3}$ ). 6 = Dolomite-limestone breccia, dolomites and limestones, Cenomanian and Turonian ( $K_2^{1,2}$ ). 7 = Evaporites, Upper Permian-Lower Triassic. 8 = Dip of bed. 9 = Fault : 1 = Supposed, 2 = Determined. 10 = Folds: 1 = Normal anticline, 2 = Normal syncline, 3 = Overturned anticline, 4 = Overturned syncline. 11 = Geological boundary : 1 = Gradual transition, 2 = Normal, 3 = Transgressive. 12 = Outcrop of bauxites. 13 = Geological cross-section. 14 = Position of the detailed geological maps.





LEGENDA:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14