

KREŠIMIR SAKAC

GEOLOŠKA GRAĐA I BOKSITNE POJAVE PODRUČJA NOVIGRAD-OBROVAC U SJEVEROZAPADNOJ DALMACIJI

S 1 slikom i 1 tabelom u tekstu, te 6 priložna (tabla, karte i profili)

UVOD

Boksitno područje Novigrad-Obrovac izgrađuju kredne breče, *Chondrodonta*-naslage i rudistni vapnenci gornje krede, zatim brakički i marinski vapnenci starijeg paleogena (pretežno foraminiferski vapnenci), Promina-naslage gornjeg eocena, te neogenski i kvartarni sedimenti.

Za pirinejske orogenetske faze naslage krede i starijeg paleogena dislocirane su u niz, uglavnom izoklinalnih bora. U gornjem su eocenu one prekrivene debelim transgresivnim pokrovom Promina-naslaga. Cijeli je ovaj kompleks krednih i paleogenskih slojeva u posteocenskom razdoblju pretrpio poremećaje u toku nekoliko orogenetskih faza. Istovremeno se odvijao i proces denudacije, koji je bio prekinut na kraće vrijeme samo za inudacije u neogenu. Tamo gdje je erozija razorila, uglavnom blago borani, transgresivni pokrov Promina-naslaga, izbile su starije tektonske strukture nastale u srednjem eocenu.

Dvije su vrste boksitnih pojava u novigradsko-obrovačkom području. Mala neeksploatabilna ležišta bemitičnog sastava leže na slabo okršnim rudistnim vapnencima. U krovu su im naslage starijeg paleogena. Eocenska ležišta boksita imaju u podu jako okršene rudistne vapnence, ili miliolidno-alveolinske vapneice, a prekrivena su Promina-naslagama. U hidrargilit, bemit, getit i hematit utvrđeni su u eocenskim boksitima još kaolinit, kvarc i drugi minerali. Ležišta nastala u eocenu sadrže od nekoliko tisuća do milion, pa i više tona boksita. Ona su u sastavu nekoliko tektonskih struktura. Najznačajnija je dijelom već erodirana sinklinala, koja se pruža od Podgorskog kanala preko sela Jasenica, Kruševa i Obrovca do Bilišana. Ukupne zalihe boksita cijelog područja iznose oko 12 miliona tona, a pretpostavljaju se potencijalne rezerve približno iste visine. Prosječni je sastav boksita Al_2O_3 - 48,27%, SiO_2 - 5,15% i gubitak kod žarenja 23,56%.

Do sada nije postojala cjelovita geološka studija o boksitnim pojavama područja Novigrad-Obrovac, premda su boksiti u Bukovici i okolini Vinjerca otkriveni još početkom ovog stoljeća. Stoga autor, koji je nekoliko godina sudjelovao u istraživanju boksitnih pojava ovog područja, ovdje iznosi podatke o geološkoj građi, mineraloško-kemijskom sastavu boksita, veličini i oblicima boksitnih tijela, kao i o njihovim zalihama i prosječnom sastavu.

Područje Novigrad-Obrovac blago je valovita krška zaravan. Nalazi se u sjeverozapadnoj Dalmaciji između planine Velebit i Novigradskog mora, odnosno brdovite Bukovice. Sjevernozapadni dio zaravni presječen je morskim tjesnacom Ždrilom, koji vezuje Podgorski kanal s Novigradskim morem. Kroz istočni dio područja protječe kanjonskom dolinom rijeka Zrmanja, a iz njegovog se središnjeg dijela uzdiže orografski slabo izražen lanac brda, s najvišim kotama do 300 m nad morem. Površina istraživanog područja iznosi oko 200 km².

PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Najstariji poznati podaci o geološkoj građi ovog područja nalaze se na preglednoj geološkoj karti Austrougarske monarhije F. H a u e r a, list X (1868) i u djelu G. S t a c h e a objavljenom 1889. Prema ovim autorima područje izgrađuju naslage krede, paleogena i kvartara. Najviše podataka o stratigrafskoj podjeli i rasprostranjenosti naslaga nalazi se u radovima R. S c h u b e r t a (1903, 1904, 1905a, 1908a i 1909a). Isti autor spominje ovo područje i u raspravama publiciranim 1905(b) 1909(b) i dr.

Posljednjih su godina u privredne svrhe vršena različita geološka istraživanja u sjevernoj Dalmaciji. Rezultati radova, koji se odnose na novigradsko-obrovačko područje, nalaze se u stručnim izvještajima Zavoda za geološka istraživanja u Zagrebu (J. P o l j a k, 1955; P. M a m u ž i ć i suradnici, 1955; D. A n i ć i suradnici, 1955; D. F r a n o t o v i ć, 1956; K. S a k a č, 1956; K. S a k a č i B. R a l j e v i ć, 1960).

Prvi publicirani podaci o boksitima područja Novigrad-Obrovac nalaze se u djelima R. S c h u b e r t a (1904, 1905a i 1908b).

Iako je ovom autoru bilo poznato, da postoje dva boksitna horizonta, on ih nije razlučio na svojoj geološkoj karti Novigrad-Benkovac (1909a). F. K e r n e r (1916) je precizirao stratigrafski položaj dalmatinskih boksita, pa razlikuje boksite u bazi naslaga starijeg paleogena (»Protozäne Periode«), od gornjeg dijela srednjoeocenskih boksita. Isti autor spominje veći broj boksitnih pojava ovog područja. Prve podatke o kemijskom sastavu boksita daje C. C r e m a (1920a). To su tek dvije tehničke analize s oznakom Jasenice. J. G. d e W e i s s e (1948) iznoseći glavne karakteristike srednjoevropskih boksita navodi, da u Dalmaciji postoje dvije vrste. To su bemitični boksiti senonske starosti i srednjoeocenski boksiti mješovitog hidrargilitno-bemitičnog sastava. H. W. Q u t z o w razmatrajući stratigrafsko-tektonsku poziciju boksita istočno-jadranske regije pridaje u Dalmaciji veću vrijednost mlađim (po njemu srednjo-lutetskim) boksitima. To navodi i A. C i s s a r z (1956).

S istraživanjem boksitnih pojava počelo se još 1906. godine. Istražni su radovi vođeni s kraćim prekidima do 1930. godine, da bi se obnovili 1955. godine. Otkopavanje boksita vršeno je u Prvom svjetskom ratu i u razdoblju od 1922. do 1930. godine. Eksploatacija je obnovljena 1958. godine. Podaci o radovima vršenim prije Drugog svjetskog rata samo

su djelomično poznati (D. Franotović, 1956 i B. Projić, 1960). Do sada je ukupno otkopano oko 250.0000 t boksita, od čega veći dio otpada na kruševske pojave, a manji na ležište Dračevac.

U geološkom snimanju područja izvršenom 1956. godine sudjelovala je A. Sakač-Žagar, tada aps. geologije Sveučilišta u Zagrebu. Kemijske analize i debyeografe, koji se u tekstu navode, izradila je inž. T. Friš-Gačešau Institutu za lake metale u Zagrebu. Diferencijalno-termička ispitivanja boksita izvršila je inž. E. Tkalčec u Institutu za kemiju silikata u Zagrebu. Ovom im prilikom zahvaljujem na suradnji i sugestijama pri interpretaciji dobivenih podataka.

Koristim ponovno priliku, da zahvalim D. Neděla-Devidé i dr. I. Jurkoviću na poticaju za ovaj rad, kao i savjetima prilikom obrade iznesenih podataka.

STRATIGRAFSKI PREGLED

Područje Novigrad-Obrovac izgrađuju naslage krede, paleogena, neogena i kvartara.

KREDA

Kredne su naslage podijeljene na kredne breče, *Chondrodonta* naslage i rudistne vapnence.

1. *Kredne breče.* U sjevernom dijelu područja, od Podgorskog kanala preko Bobarice, Zatona i dolinom Zrmanje pružaju se masivne, slabo uslojene breče. One se sastoje od različito velikih ulomaka starije mezozojskih stijena, vezanih vapnenim vezivom. R. Schubert (1909a) je ove breče izdvojio na geološkoj karti Novigrad-Benkovac zajedno s rudistnim vapnencima uvrstivši ih tako u gornju kredu. Pri tome on smatra, da su breče ekvivalent dolomita, koji se u drugim područjima Dalmacije nalaze u bazi rudistnih vapnenaca. Međutim je isti autor još 1905(a) naveo nalaz vrste *Chondrodonta joannae* Choffat, ali ga kasnije zanemaruje pretpostavljajući, da se radi o slabo razvijenom razvijenom hondrodonta nivou, ograničenom samo na jedan manji dio područja oko sela Rovanjska. Geološkim snimanjem (K. Sakač, 1956) dokazano je kontinuirano rasprostiranje naslaga s hondrodontama u cijelom području, tako da je bila lako provediva gore navedena podjela krednih naslaga. Iz ovoga se može zaključiti, da kredne breče, u koliko sežu u gornju kredu, mogu biti samo cenomanske starosti, a nikako mlade. Kod toga ne treba isključiti mogućnost, da ove breče djelomično ili u cijelosti pripadaju Promina-naslagama. Nato upućuje litološka sličnost, a mjestimično i istovetnost breča označenih na preglednoj geološkoj karti kao kredne s Promina-brečama u sjevernom dijelu istraživanog područja, kao i rezultati novijih istraživanja u područjima s analognom geološkom građom u Lici i Hrvatskom Primorju (A. Poljšak 1956, I. Grnolatac i A. Milan 1958).

2. *Chondrodonta-naslage*. Te se naslage sastoje od vapnenaca, dolomita i podređeno vapnenih breča. Donji njihov dio čine dobro uslojeni, gusti, sivi vapnenci i uslojeni svijetlosivi krupnozrni ili sitnozrni, pjeskuljavi dolomiti. Vapnenci sadrže obilatu faunu radiolita, a na mnogo mjesta, osobito u zapadnom dijelu područja i brojne hondrodonte (*Chondrodonta joannae* Ch off a t). Na ovim slojevima konkordantno slijede tankopločasti i tankouslojeni vapnenci s ulošcima dolomita. Najviši odsjek *Chondrodonta*-naslaga tvore bijeli kristalinični vapnenci i kompaktne vapnene breče. Hondrodonte su u gornjem dijelu ovih naslaga malobrojne.

Debljina se *Chondrodonta-naslaga* u pružanju dosta mijenja, uglavnom zbog razlike u debljini gornjeg dijela ovih naslaga, te iznosi od 400 do 800 m. Prema već ustaljenom tumačenju naslage s hondrodontama u Dalmaciji pripadaju gornjem cenomanu i donjem dijelu turona.

3. *Rudistni vapnenci*. Na *Chondrodonta*-naslagama konkordantno slijede više stotina metara debele naslage rudistnih vapnenaca. U horizontalnom i u vertikalnom smjeru ovi najmlađi kredni sedimenti pokazuju znatne razlike u petrografskom sastavu. Tako uz različito obojene, masivne ili dobro uslojene vapnence postoje i vapnenačke breče, kao i manji ulošci dolomita. O starosti rudistnih vapnenaca u novigradskogbrovačkom području zasad još ne postoje pouzdani podaci. S obzirom na položaj *Chondrodonta*-naslaga za donji dio rudistnih vapnenaca može se pretpostaviti turonska starost. Rudistni su vapnenci osobito rasprostranjeni u srednjem i zapadnom dijelu istraživanog područja.

PALEOGEN

Paleogenske naslage sjeverozapadnog dijela Dalmacije detaljno su obrađene u radovima G. Stachea (1889), R. Schuberta (1904, 1905a, 1905b i 1909a), H. W. Quitzowa (1941) i drugih autora. Prema ovim autorima donji dio paleogenских naslaga područja Novi-grad-Obrovac jednak je razvoju starijeg paleogena u obalnom i otočnom dijelu Dalmacije. Gornji dio srednjeg eocena i gornji eocen ima međutim u istraživanom području razvoj karakterističan za unutrašnji dio Dalmacije. Paleogenske smo naslage podijelili na dva dijela. U stariji su paleogen uvrštene naslage liburnijske stepenice i foraminiferski vapnenci, a u mlađi paleogen Promina-naslage.

Naslage starijeg paleogena taložene su poslije prekida sedimentacije, koji je nastupio krajem krede. One leže na rudistnim vapnencima sa slabo izraženom erozionom diskordancom označenom malim, ali brojnim boksitnim pojavama. Kako su liburnijske naslage taložene samo mjestimično, to na rudistnim vapnencima leže izravno transgresivno, milio-lidno-alveolinski, pa i alveolinski vapnenci.

1. *Naslage liburnijske stepenice*. To su tanko uslojeni crvenkasti i smeđi vapnenci, kojih debljina ne prelazi 50 m. Od faune sadrže mno-

štvo brakičnih i slatkovodnih puževa. Utvrđeni su na više mjesta, a najbolje su razvijeni u okolici Vinjerca i Posedarja. Istočno od kanala Ždrila izmjenjuju se s miliolidnim vapnencima.

2. *Foraminiferski vapnenci*. U donjem su dijelu sivi i dobro uslojeni, a prema gore prelazi u masivne svijetlosive ili crvenkaste kvrgave vapnence. Uz obilje miliolida, koje prevladavaju u donjem dijelu naslaga, sadrže mnoštvo alveolina te peneroplide i orbitolite. Mjestimično završavaju debelo uslojenim numulitnim vapnencima.

Ukupna debljina foraminiferskih vapnenaca iznosi oko 150 m. Osobito su rasprostranjeni u Kruševu, te u području Novigrada i Vinjerca. Prema R. Schubertu (1909a) alveolinsko-miliolidni vapnenci područja Novigrad-Obrovac sadrže fosilne oblike karakteristične za gornji dio donjeg eocena i donji dio srednjeg eocena, kao *Alveolina dalmatina* St., *A. gigas* St., *Orbitolites complanata* Lam. itd., a numulitni vapnenci značajne oblike srednjeg eocena, kao *Nummulites complanata* Lam., *N. lucasana* Defr., *N. tchihatcheffi* Arch. itd.

Promina naslage mlađeg paleogena leže s jako izraženom kutnom i erozitnom diskordancom na svim naprijed opisanim naslagama. Sastoje se pretežno od klastičnih sedimenata, konglomerata, breča te od tvrdih vapnenih lapora, glinenih lapora i laporovitih fosilifernih vapnenaca.

1. *Fosiliferni laporoviti vapnenci*. Nalaze se isključivo u bazalnom dijelu Promina-naslaga. Slabo su uslojeni, svijetlosivo ili žućkasto obojeni. Sadrže obilatnu faunu numulita, školjkaša, ježinaca, briozoa, koralja i drugih organizama značajnih za plitkomorski grebenski facijes. R. Schubert (1905b i 1909a) ih je izdvojio pod nazivom »gornji numulitni vapnenci« (»Oberer Nummulitenkalk«) pretpostavljajući, da pripadaju bazalnim prominskim slojevima. H. W. Quitzow (1941) uvrštava ih u gornji dio luteta. Ima ih oko ušća Žrmanje u Novigradsko more, u okolici Novigrada i zapadnog kanala Ždrila. Debljina im iznosi do 100 m.

2. *Konglomerati i breče*. Sastoje se od valutica (ulomaka) mezozojskih i starijih paleogenskih stijena. Valutice i ulomci promjera su do 20 cm, a iznimno dosežu do 0,5 m. Pretežno su dobro uslojeni. Konglomerati sadrže debele uloške pločastih laporovitih vapnenaca, kao i male leće glinenih lapora.

3. *Tvrđi vapneni lapori* nižih horizonata sadrže oskudnu faunu orbitolita i numulita, te malobrojne heterostegine, školjkaše i nautilide. Meki glineni lapori viših horizonata sadrže često loše očuvanu kopnenu jezersku floru kao alge, palme itd. Ove fosilne oblike navodi i R. Schubert (1909a).

U pogledu starosti prominskih sedimenata ne postoji jedinstveno mišljenje. Prema O. Kühnu (1946), koji je podvrgao kritici sva ranija stanovišta o starosti ovih naslaga na temelju revizije ranije određivane faune i flore, ove naslage pripadaju gornjem eocenu.

Promina-naslage područja Novigrad-Obrovac dio su velikog sinklinorija, koji se od poteza Vinjerac-Posedarje pruža u smjeru prema jugoistoku, dosežući u Bukovici debljinu od preko 1000 m.

NEOGEN

Neogen je zastupan laporima, pješčenjacima, tvrdim vapnenim laporima, te slabo vezanim konglomeratima, sastavljenih od valutica krednih i paleogenskih stijena, vezanih laporovitim vezivom. Od fosila sadrže vrstama siromašnu faunu kongerija, melanopsida, bitinija itd. Pojedine partije glinenih uložaka sadrže tragove ugljena. Neogenske naslage leže na krednim i prominskim sedimentima s jako izraženom kutnom i erozionom diskordancom.

Ove se naslage većinom uspoređuju sa sličnim kod Knina, Sinja, otoka Paga i drugdje u Dalmaciji (R. Schubert 1909a). D. Anić (1953) smatra da su sarmatske starosti, jednako kao i mladotercijarne ugljonošne naslage Bosne, Hercegovine, Dalmacije, ranije uvrštavane prema F. Katzera u oligomiocen.

Neogenskih sedimenata ima u Bilišanima i okolici Vinjerca.

KVARTAR

Kvartarni su sedimenti dosta raznovrsni. To su zemlja crvenica u brojnim krškim docima, naplavine voda tekućica, kao pijesci, gline, šljunci itd. duž korita rijeke Zrmanje i njezinih pritoka. Siparišta su osobito brojna u kanjonu Zrmanje, kanalu Ždrilu, te na padinama brda u sjeveroistočnom dijelu područja. Sedre ima u kanjonu Zrmanje, gdje tvori nekoliko riječnih pregrada. Čvrsto vezane kvartarne breče nalaze se na stranama nekih velikih krških dolaca.

TEKTONSKI PREGLED

a) *Glavne tektonske strukture* – Kredne i starije paleogenske naslage tvore niz uglavnom izoklinalnih bora. Od ovih je struktura najznačajnija *izoklinalna bora Plasić-Velika Gradina*. Ona se pruža od Podgorskog kanala preko kanala Ždrila i donjeg dijela kanjona Zrmanje do Kruševa gdje tone pod prominski konglomerat. U jezgri su antiklinalnog dijela bore gornji dio *Chondrodonta*-naslaga i rudistni vapnenci, a u jezgri sinklinale foraminiferski vapnenci i liburnijske naslage. Slojevi su ovih sedimenata jako ustrmljeni, pa i vertikalni s generalnim padom prema jugozapadu (sl. 5). Istočno od Velike Gradine u Kruševu se ova bora nadovezuje na druge izoklinalne polegle bore, a koje su također izgrađene od krednih i starije paleogenskih stijena. Neke su od njih samo fragmentarno otkrivene ispod mjestimično denudiranih prominskih konglomerata. Slični tektonski odnosi postoje i u području između Posedarja i Vinjerca.

Pojedini su dijelovi opisanih struktura poremećeni vertikalnim i reversnim rasjedima. Anormalni se kontakti lako uočuju duž granica krednih, odnosno starijih paleogenskih naslaga s prominskim sedimentima, ali oni nesumnjivo zasijecaju dublje u izoklinalne strukture. Na to ukazuju zdrobljene zone, dobro otkrivene u kanalu Ždrilu i kanjonu

Zrmanje. Reversni rasjedi, duž kojih su rudistni vapnenci odnosno alveolinski vapnenci prebačeni na boksit i prominske naslage, utvrđeni su u Jasenicama (sl. 3) i u Kruševu na lokalitetu Blizanac. (tabl. I, fig. 2). Rasjedne plohe ovih reversnih rasjeda padaju blago prema jugozapadu.

Duž jugozapadne obale Novigradskog mora nalazi se *uspravna normalna antiklinala Posedarje-Ladine*. U jezgri su joj *Chondrodonta*-naslage i rudistni vapnenci, a na krilima foraminiferski vapnenci, kojih su slojevi nagnuti prema sjeveroistoku odnosno jugozapadu pod raznim kutovima.

Između izoklinalnih struktura sjevernog dijela područja i antiklinale Posedarje-Ladine nalazi se jedna veća, složena sinklinala izgrađena od prominskih naslaga. Os joj ide od Golog briga Novigradskim morem i dalje u pravcu jugoistoka. U području Posedarja ona se višestruko grana u nekoliko manjih sekundarnih nabora. U suprotnom dijelu područja, u Kruševu, ona se lagano stapa s nizom blago zasvođenih uspravnih antiklinala i plitkim sinklinalama u jedan prostrani sinklinorij.

Sjeverno od opisane strukture, i to od Podgorskog kanala pruža se preko Jasenice, Kruševa i Obrovca do Bilišana, jedna djelomično već denudirana sinklinala prominskih konglomerata. U manje erodiranom jugoistočnom dijelu (Kruševo-Bilišani) sinklinala je uspravna i asimetrična s jače nagnutim sjevernim krilom. Od Zavelinca prema sjeverozapadu na krednim i foraminiferskim vapnencima preostali su samo fragmenti sinklinale u obliku većih i manjih erozionih krpa.

U sjevernom graničnom dijelu područja pruža se, također od Podgorskog kanala preko Bobarice i Zatona, te gornjim tokom Zrmanje, jedna dobro izražena tektonska rasjedna zona. Njezina širina iznosi i po više stotina metara, tako da zahvaća ne samo kredne naslage već i rubni dio mlađeg paleogenskog transgresivnog pokrova. Nju prvenstveno karakteriziraju jako ustrmljeni, rjeđe reversni rasjedi, kojih je pad rasjednih ploha usmjeren uglavnom prema sjeveroistoku. Tako na pr. od sela Rovanjaska do Bobarice prominski konglomerati padaju blago prema sjeveroistoku i udaraju u rudistne vapnence (sl. 2). Zatim u Zatonu, sjeveroistočno od Obrovca, kredne su breče duž reversnog rasjeda, kojeg rasjedna ploha pada blago u smjeru sjeveroistoka, prebačene na *Chondrodonta*-naslage.

Osim takvih, pouzdano utvrđenih rasjednih kontakta postoje u spomenutoj tektonskoj zoni i nizovi paralelnih lomova, kojih je karakter često teško odrediti. Takvi kratki uzdužni i poprečni rasjedi osobito su brojni u dijelu područja na istok Obrovca (na pr. sl. 4). Oni su često praćeni milonitiziranim partijama zdrobljenih stijena, što je slučaj u krednim brečama sjeverno od Bilišana.

Profili 1 i 2 (sl. 5) presijecaju nekoliko za novigradsko-obrovačko područje tipičnih tektonskih struktura

b) *Orogenetski i epirogenetski pokreti* – u novigradsko-obrovačkom području more je više puta transgrediralo na kopno i opet se povlačilo nastupom epirogenetskih, odnosno orogenetskih pokreta.

Petrografski sastav krednih sedimenata kao i njihov fosilni sadržaj, dozvoljavaju nam pretpostaviti taloženje ovih naslaga u plitkom moru, čije jedno osciliralo s tendencijom postepenog izdizanja. Krajem krede nastupila je regresija mora i ona je trajala do donjeg eocena, tj. do početka taloženja foraminiferskih vapnenaca. Kako naslage liburnijske stepenice i foraminiferski vapnenci leže na rudistnim vapnencima gornje krede bez vidljive kutne diskordance, to se može zaključiti, da ovdje nisu vršeni orogenetski pokreti u vrijeme *laramijske faze*.

Za orogenetskih pokreta u srednjem eocenu kredne i donjo-paleogene naslage snažno su borane. Tada su nastale različite bore, među kojima pretežu izoklinalne bore izrazitog dinarskog pružanja. Ovi su se orogenetski pokreti na području srednje Dalmacije odvijali prema O. Kühnu (1946) i H. W. Quitzowu (1941 i 1944) na granici srednjeg i gornjeg eocena, te bi bili vezani za *pirinejsku fazu*.

U razdoblju kopnene faze, koja je zatim uslijedila na dosta razvedenom paleoreljefu u uvjetima tople i vlažne klime, nastao je pojačan proces denudacije. Stijene kredne starosti izbile su tada ispod erodiranih starijih paleogenih naslaga. Pojedini dijelovi paleoreljefa predstavljali su podesna akumulativna područja boksitnog materijala.

Na srednjoeocensko kopno je u gornjem eocenu transgrediralo more te je bilo prekriveno debelim pokrovom prominskih naslaga. Orogenetski pokreti koji su slijedili nakon taloženja Promina-naslaga vjerojatno su se odvijali u više faza. Tektonski odnos Promina-naslaga i neogenih sedimenata dozvoljava nam podijeliti ih na dva dijela. U prvom su kredne i paleogene naslage pretrpjele jako boranje. Prema Quitzowu (1944) ono je izvršeno u toku *savske orogenetske faze*. Boranje nije bilo u cijelom području ravnomjerno. Nasuprot slabo dislociranih prominskih slojeva južnog i jugoistočnog dijela područja došlo je u sjevernom njegovom dijelu na niz mjesta do prebacivanja bora i kidanja pojedinih struktura duž reversnih rasjeda.

Najmlađi orogenetski pokreti, koji su uslijedili nakon taloženja neogenih sedimenata, vjerojatno su imali samo radijalni smjer. U toku ovih pokreta su ranije nastale tektonske jedinice zajedno s neogenim slojevima pretrpjele vertikalna razlamanja.

U gornjem je paleogenu započeo proces denudacije koji traje i danas. On je bio prekinut u pojedinim dijelovima područja jedino u vrijeme taloženja jezerskih sedimenata neogena. U ovom procesu denudacije, gdje je s krednih i donjopaleogenih naslaga odstranjen transgresivni pokrov Promina-naslaga, izbile su tektonske strukture stvorene u srednjem eocenu. Mjestimično je na njima zaostao transgresivni pokrov erozijom razbijen na mnoštvo manji hili većih erozionih krpa. U jugoistočnom se pak dijelu područja ovaj pokrov zadržao u obliku jednog velikog sinklinorija Promina-naslaga, koji daleko prelazi granice istraživanog područja.

BOKSITNE POJAVE

U području Novigrad-Obrovac postoje dvije vrste boksita različitog stratigrafskog položaja i mineraloškog sastava.

BOKSITI STARIJEG BOKSITNOG HORIZONTA

1. Stratigrafski položaj boksita, oblici rudnih tijela i njihova rasprostranjenost

Ovi boksiti leže na bijelim ili ružičastim, slabo okršenim, rudistnim vapnencima. U krovu su im naslage starijeg paleogena. Kako nije poznata točna starost gornjokrednih rudistnih vapnenaca ne može se precizirati, da li su ovi boksiti nastali u senonu, kako to smatra J. G. de Weisse (1948), ili su ograničeni samo na donji paleogen na što ukazuje stratigrafski hijatus. Oni formiraju rudna tijela u obliku gnijezda ili nepravilnih džepova, malog promjera i ograničenog protezanja u dubinu. Veća eksploatibilna ležišta boksita starijeg boksitnog horizonta u području Novigrad-Obrovac, nisu poznata. Pojave su međutim ipak brojne i dosta ravnomjerno raspoređene duž granice krednih i starijih paleogenskih naslaga. Nalaze se na krilima krednih antiklinala tako, da su rudna tijela kao i krovne naslage većinom jako ustrmljena i nagnuta prema jugozapadu ili sjeveroistoku (Pregledna karta).

2. Mineraloško-kemijske karakteristike boksita

Boksit je gust, rjeđe oolitičan, tamnocrven, ljubičasto ili žuto obojen. Karakterističan je za ove pojave boksit Bunarina u Kruševu sa slijedećim svojstvima:

Kemijski sastav Kemische Beschaffenheit	Virtuelni mineraloški sastav u tež. % Virtuelle mineralogische Beschaffenheit in Gewicht %
SiO ₂ 0,84%	Bemit 58,62%
Fe ₂ O ₃ 24,99%	Hidrargilit 8,50%
TiO ₂ 2,10%	TiO ₂ (rutil, anatas) 2,10%
Al ₂ O ₃ 56,10%	Getit 27,77%
H ₂ O ⁻ 1,20%	Kaolinit 1,80%
H ₂ O ⁺ 14,61%	
99,84%	98,84%

Specifična je težina boksita 2,7, a tvrdoća prema skali Mohsa 2,5.

Boksit gornjeg mineraloško-kemijskog sastava odgovara boksitu iste starosti Istre, te primorskih i dalmatinskih otoka.

Rezerve boksita starijeg boksitnog horizonta nisu računane u području Novigrad-Obrovac.

BOKSITI MLAĐEG BOKSITNOG HORIZONTA

Gornjeg dijela srednjeg eocena

1. *Stratigrafski položaj boksita, oblici rudnih tijela i njihov prostorni raspored*

Ovi boksiti leže na jako okršenim rudistnim vapnencima i eocenskim foraminiferskim vapnencima. U krovu su im Promina-naslage. Rudna su tijela ovih boksita oblikom i veličinom veoma različita. Uz mala zdjelasta i crevasta ležišta postoje i velika lečasta boksitna tijela. Zbog toga dužina pojedine pojave može iznositi svega nekoliko metara, kao što je to slučaj u skupini ležišta Obaljenica (sl. 2), a ima ih, i to ne mali broj, i po nekoliko stotina metara dužine, kao na pr. ležišta Dračevac (450 m), Čukovac (350 m), Lazinovac (400 m) itd. Debljina je rudnih tijela neujednačena, većinom zbog jakih uglavnom džepolikih proširenja u podinskim vapnencima. Ti su oblici uzrokovani paleoreljefom i potencirani hipergenetskim procesima, zbog čega su vapnenci u podu ležišta često piramidalno nazubljeni (tabl. 1, fig. 1). U prosjeku debljina većine ležišta iznosi od 2 do 10 m. Najveća poznata prosječna debljina ležišta utvrđena je na lokalitetu Dračevac – 16 m i Kljakovača – 20 m. Širina pojave odnosno protezanje rudnog tijela pod krovne naslage, razmjerna je s dužinom i debljinom ležišta. Ovisno o navedenim veličinama ležišta sadrže od nekoliko tisuća do milijon, pa i više tona boksita. Dosada utvrđene rezerve boksita najvećih ležišta područja iznose (u 000 tona): Dračevac – 1760,0; Kljakovača – 872,0; Jasenice – 972,0; Crvena Zemlja – 600,2 itd. U Hrvatskoj do sada nije bilo poznato boksitno tijelo veličine Dračevca, a malobrojna su i postoje samo u drniškom području poput Jasenice ili Kljakovače. Pri tome se ne misli na trijasko boksit Like, kojih pojedina ležišta veličinom daleko prelaze opisivane pojave.

Krovne naslage leže poput ravne ploče na boksitu. To su prominski konglomerati ili pločasti laporoviti vapnenci, mjestimično i fosiliferni laporoviti vapnenci. U Kruševu, na potezu Blizanac-Lazinovac-Crvena Zemlja boksit postepeno prelazi u glineno-laporoviti sediment, a ovaj u konglomerat.

Mnoga su ležišta dislocirana u postegocenskom razdoblju i to osobito u zonama jačih pritisaka smjera sjeverozapad-jugoistok.

Najveći broj, a ujedno i najznačajnije boksitne pojave u sastavu su južnog krila velike, dijelom erodirane sinklinale prominskih naslaga,

koja se pruža od Obaljenice (Podgorski kanal) preko sela Jasenice, Kruševa, Obrovca do Bilišana. Dijelovi sinklinale, od lokaliteta Dračevac do brda Kranjčevac u području Jasenica (sl. 2), te od Blizanca do Crvene Zemlje u Kruševu (sl. 3), tereni su s najvišom dosad poznatom koncentracijom boksita u istraživanom području, a vjerojatno i u cijeloj Dalmaciji. Na protukrilu su iste sinklinale boksitne pojave malobrojne. Od sela Rovanjska do brda Kranjčevac, te od Zatona do Bilišana, to je uvjetovano rasjednim kontaktom krovnih i podnih naslaga. Značajnije boksitne pojave nalaze se ovdje jedino na potezu od Zavelinca do kanjona Zrmanje (sl. 3).

Ostale tektonske strukture, koje izgrađuju prominske naslage, uglavnom su siromašne boksitnim pojavama. Tako duž sjevernog krila sinklinale, čija os ide od Golog Briga Novigradskim morem u smjeru jugoistoka, veći je broj ležišta utvrđen jedino u okolici Matić kuća u Kruševu (sl. 3). Na protuprilu ove sinklinale izdanci su boksita poznati jedino u zaljevu Ladine zapadno od Novigrada. Nekoliko većih i niz manjih pojava nalazi se u široj okolici Vinjerca (pregledna karta).

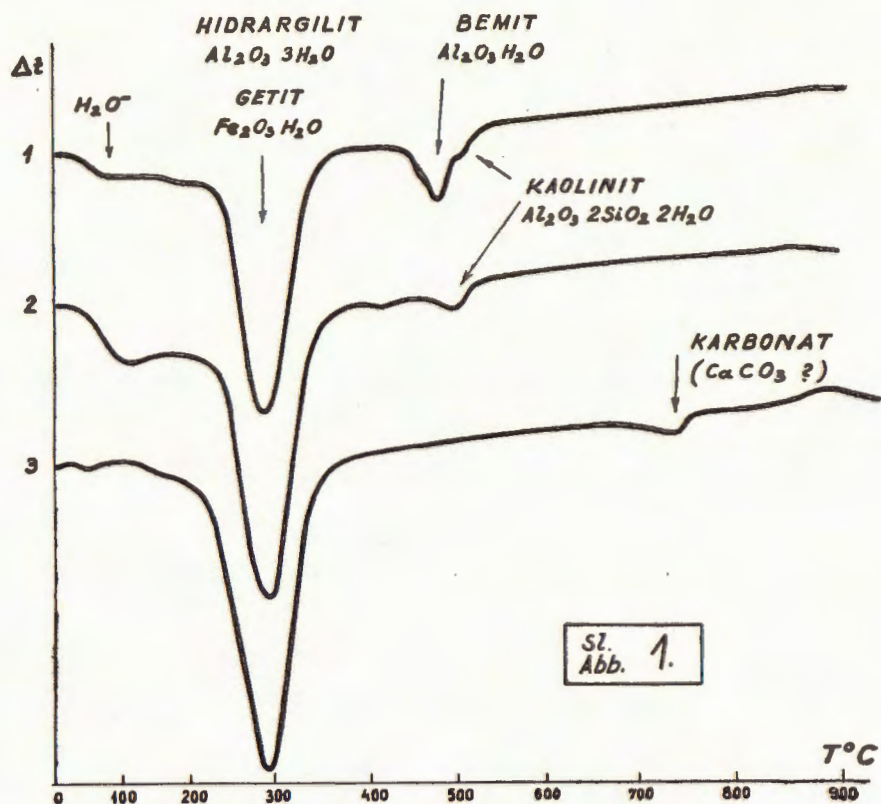
2. Mineraloško-kemijske karakteristike boksita

Eocenski su boksiti gusti ili pizolitični. Oni, koji sadrže visoki postotak vezane vode, zemljasti su i drobivi, dok su boksiti s manjim gubitkom kod žarenja redovito kompaktni. Ispitivanja boksita triju najvećih grupa boksitnih ležišta kemijskim analizama, diferencijalno termičkim analizama i debyeogramima utvrdila su kod jednih boksita hidrargilitično-bemitični sastav s dominantnom alumitrihidratnom komponentom, a kod drugih hidrargilitični sastav. Navodimo rezultate ispitivanja triju uzoraka boksita uzetih br. 1 u istočnom dijelu izdanka ležišta Kljakovača, najvećeg u grupi Bilišani, br. 2 sa srednjeg dijela izdanka Dračevac, kojeg boksit ima sastav tipičan za grupu Maslenica-Jasenice i br. 3 s najvećeg izdanka boksita u Borićima karakterističnog sastava za grupu Kruševo.

Diferencijalno-termička krivulja boksita *Kljakovača* (sl. 1 br. 1) pokazuje jaki endotermni efekat između 200 i 350° C s maksimumom kod 290° C, što odgovara superponiranim vrijednostima minerala *hidrargilita* i *getita*. Prvi dublji maksimum između 450 i 520° C odgovara *bemitu*, a drugi *kaolinitu*.

Boksit od *Dračevca* (sl. 1 br. 2) ima jako izražen endotermni maksimum od 300° C karakterističan za superponirane vrijednosti minerala *hidrargilita* i *getita*. Endotermni efekat između 450° C i 500° C, koji bi vjerojatno odgovarao *kaolinitu* ovdje je veoma slabo izražen.

Boksit ležišta *Borića* ima svega 1 i to veoma jaki endotermni efekat u nižem temperaturnom području s maksimumom kod 300° C (*hidrargilit-getit*). Manji endotermni pomak između 700 i 750° C odgovara vjerojatno *karbonatu* (sl. 1 br. 3).



Debyeogrami istih uzoraka (po A. Bezjaku i T. Friš-Gaćeši) potvrdili su rezultate ispitivanja diferencijalno-termičkom metodom i proširili uvid u paragenezu boksita. Tako je boksit Kljakovača dao jasno izražene linije karakteristične za *hidrargilit*, *getit*, *bemit* i *kaolinit*, te uz njih još za hematit ($d = 2,67 \text{ \AA}$ i $1,84 \text{ \AA}$) i kvarc ($d = 3,35 \text{ \AA}$).

Također je i boksit Borića dao linije svojstvene *hidrargilitu*, *getitu*, *hematitu*, a uz njih još i linije *kvarca* i *anatasa*. Primjesa *kalcita* manifestirana je ovdje sa linijom na $d = 3,03 \text{ \AA}$.

Boksit Dračevca ima karakteristične linije *hidrargilita*, *getita*, *kaolinita* i *hematita*.

To su najčešće parageneze eocenskih boksita Dalmacije i Hercegovine. Slično je utvrdio F. Tučan (1934) u drniškom boksitu, a J. G. de Weisse (1948) u dalmatinskim i hercegovačkim boksitima.

Kemijski je sastav boksita ležišta Kljakovača, Dračevac i Borići (po T. Friš-Gaćeši) slijedeći:

	Kljakovača	Dračevac	Borići
SiO ₂	2,98	5,38	0,91
TiO ₂	2,51	1,89	2,34
Al ₂ O ₃	47,60	45,50	44,75
Fe ₂ O ₃	20,60	18,49	20,20
FeO	0,37	0,20	0,12
MnO	0,30	1,48	0,66
MgO	—	0,12	—
CaO	0,35	0,19	2,11
P ₂ O ₅	0,24	0,11	0,09
V ₂ O ₅	0,16	0,26	0,21
Cr ₂ O ₃	0,09	0,14	0,14
H ₂ O—	2,48	1,44	1,45
H ₂ O+	22,10	24,70	25,30
CO ₂	—	—	1,55
S	0,10	0,17	0,12
	99,98%	100,07%	99,95%
O = S	0,03%	O = S 0,04%	O = S 0,02%
	99,85%	100,03%	99,93%

Boksiti su Borića i Dračevca, kako je naprijed rečeno, izrazito hidrargilitičnog sastava, zbog čega imaju visoki postotak vezane vode i nešto niži sadržaj Al₂O₃. MnO je osjetno povišen u boksitu Dračevca, zbog psilomelanskih prevlaka i pigmenata, od kojih su dijelovi rudnog tijela tamnosmede obojeni. Znatna količina karbonata u boksitu Borića nije karakteristika kruševskih boksita. Sadržaj se CaO u njima kreće od 0,05 do 0,25%. Željeznih oksida, kao i Al₂O₃ eocenski boksiti sadrže osjetno manje nego stariji boksiti. (Usporedi sa str. 000). Iznenađuje velika sličnost kemijskog sastava boksita Borića i Dračevca s boksitima Jamaike i Haitija. Ovi posljednji sadrže također u prosjeku oko 20% Fe₂O₃; Al₂O₃ oko 50%; H₂O⁺ od 24–30%; a SiO₂ 1,5–5% (Haiti), odnosno do 2% (Jamaika). (Podaci prema V. A. Zansu 1953).

Specifična je težina ovih boksita: Kljakovača 2,7; Dračevac 2,6 i Borići 2,4. *Tvrdoća* je po Moshovoj skali boksita Kljakovače 2,5; Dračevca 3, a Borića 2,5. U ovim se granicama kreću odnosne vrijednosti ostalih boksita područja Novigrad-Obrovac.

Na temelju naprijed navedenih analitičkih rezultata možemo postaviti slijedeće virtualne sastave ispitivanih eocenskih boksita.

	Kljakovača (u tež. %)	Dračevac	Boriči
<i>Kaolinit</i>	5,61%	11,61%	—
<i>Kvarc</i>	0,60%	—	0,90%
<i>Hidrargilit</i>	50,23%	63,18%	68,95%
<i>Bemit</i>	14,64%	—	—
<i>Getit</i>	17,80%	11,99%	14,24%
<i>Hematit</i>	3,36%	7,84%	7,04%
<i>Anatas-rutil</i>	2,51%	1,89%	2,34%
<i>Akcesorni minerali</i>	2,61%	2,18%	3,03%
	99,96%	98,65%	98,50%

Omjer hidrargilita prema bemitu u boksitu Kljakovače dobiven je prema postupku S. Maričića (1953), dok su odnosi kaolinita prema kvarcu i getita prema hematitu u istom boksitu izračunati prema podacima o uobičajenom učešću odnosnih minerala u eocenskim boksitima Dalmacije.

Boksiti tipa Boriča i Dračevca, koji pretstavljaju glavninu boksita novigradsko-obrovačkog područja, razlikuju se prema dobivenim rezultatima i gornjem virtualnom sastavu od prethodnog, po tome što ne sadrže bemit, ili ga sadrže u neznatnim količinama. Međutim, dobiveni podatak o sadržaju hematita treba provjeriti, jer se ne podudara s mišljenjem o izrazitoj prevagi željeznih hidroksida u odnosu na željezne okside u dalmatinskim boksitima M. Karšulin i A. Lahodny, 1953; H. Iveković, 1953, i drugi).

3. Rezerve i prosječni sastav boksita

Do sada su istražene gotovo sve površinske boksitne pojave u području Novigrad-Obrovac. Ostali su još neistraženi dublji dijelovi sinklinala.

Prema prostornom rasporedu i geološkoj povezanosti pojava, boksitna se ležišta mogu svrstati u 6 grupa kojih je položaj prikazan na preglednoj karti. Pritom je značajno, da svaka grupa sadrži boksit sličnog mineraloško-kemijskog sastava. Rezerve u 000 tona i prosječni sastav boksita područja i pojedinih grupa, (prema podacima Zavoda za geološka istraživanja u Zagrebu, izradi kojih je sudjelovao i autor), sa stanjem na dan 31. XII. 1959. god. dati su u slijedećoj tabeli.

		Grupa						
Kategorija		1 (V-P)	2 (N)	3 (M-J)	4 (K)	5 (O)	6 (B)	Područje
A + B	Količina u 000 tona . .	—	5,6	3.878,7	1.232,5	—	958,5	6.075,4
	Prosječni sastav							
	Al ₂ O ₃	—	49,80	48,05	49,39	—	49,27	48,51
	SiO ₂	—	2,18	5,33	2,50	—	4,57	4,63
	Gubitak žarenjem	—	24,69	24,18	24,10	—	22,68	23,92
C ₁	Količina u 000 tona . .	306,2	4,7	3.121,9	1.890,0	405,0	918,8	6.646,6
	Prosječni sastav							
	Al ₂ O ₃	45,01	49,80	47,89	49,14	43,50	49,31	48,04
	SiO ₂	10,72	2,18	6,10	2,61	15,25	4,28	5,62
	Gubitak žarenjem	21,01	24,69	23,44	24,12	20,00	22,84	23,22
A+B+C ₁	Količina u 000 tona . .	306,2	10,3	7.000,6	3.122,5	405,0	1.877,3	12.722,0
	Prosječni sastav							
	Al ₂ O ₃	45,01	49,80	47,91	48,92	43,50	49,30	48,27
	SiO ₂	10,72	2,18	5,63	2,57	15,25	2,18	5,15
	Gubitak žarenjem	21,01	24,69	23,87	24,12	20,00	22,86	23,56

Grupa 1 (V-P) — Vinjerac-Posedarje

2 (N) — Novigrad

3 (M-J) — Maslenica-Jasenica

Grupa 4 (K) — Kruševo

5 (O) — Obrovac

6 (B) — Bilišani

Oko 55,0% utvrđenih rezervi otpada prema tome na grupu Maslenica-Jasenice (sl. 2), oko 24,5% na grupu Kruševo (sl. 3), daljnjih 14,7% na grup u Bilišani (sl. 4), a svega 5,8% preostalih rezervi na slijedeće grupe. Navedene rezerve boksita područja Novigrad-Obrovac iznose gotovo polovinu od ukupnih zaliha boksita Dalmacije.

Isključimo li grupe Vinjerac-Posedarje i Obrovac, kojih se sastav boksita bitno razlikuje od ostalih grupa boksitnih pojava područja, prosječni je sastav Al_2O_3 približno jednak kod svih grupa; SiO_2 najniži je u grupi Kruševo i Novigrad. Prema tome, najznačajnija je po količinama boksita grupa Maslenica-Jasenica, a po kvaliteti boksita grupa Kruševo.

Potencijalne rezerve boksita ocijenjene su samo za grupe 3, 4 i 6, odnosno za strukturu Jasenica-Kruševo-Obrovac-Bilišani. Smatra se, da taj dio područja može sadržavati daljnjih 10 do 15 milijuna tona boksita kategorije C-2. To su ujedno i prioritetni dijelovi područja za buduća istraživanja.

Primljeno 17. 07. 1960.

Zavod za geološka istraživanja
u Zagrebu, Kupska 2

LITERATURA

- Anić, D., 1953: Starost naslaga sa smeđim ugljenom u Bosni, Hercegovini i Dalmaciji. Geol. vjesn., 5-7, 73-111, Zagreb.
- Anić, D. i suradnici, 1955: Geološko kartiranje Ravnih kotara, list: Obrovac-Zelengrad. Fond struč. dokum. Zav. geol. istr. u Zagrebu br. 2564.
- Cissarz, A., 1956: Lagerstätten und Lagerstätten-Bildung in Jugoslawien. Rasprave Zavoda geol. geofiz. istr. N. R. Srbije, 6, Beograd.
- Crema, C., 1920a: Le bauxiti dell'Istria e della Dalmazia. La Minera Italiana, 4.
- Crema, C., 1920b: Osservazione sui giacimenti di Bauxite dell'Apenino, dell'Istria e della Dalmazia. Rend. R. Ac. Lincei, Cl. sc. fis. math. nat., 29, (5a), Roma.
- Crnolatac, I. & A. Milan, 1958: Prilog poznavanju prominskih naslaga Like. Geol. vjesn., 12, 49-53, Zagreb.
- Franotović, D., 1956: Boksiti Novigradskog mora. Dio I. i II. Fond struč. dokum. Zav. geol. istr. u Zagrebu br. 2660.
- Hauer, F., 1868: Geologische Übersichtskarte der Osterreichischen Monarchie nach den Aufnahmen der k. k. geol. Reichsanst. Blatt. Nr. 10. Dalmatien. Erläuterung: Jahrb. geol. Reichsanst., 18, 431-454, Wien.
- Iveković, H., 1953: O genezi boksita. Rad JAZU. 296, Zagreb.
- Karšulin, M. & Lahodny, A., 1953: Određivanje hidrargilita u boksitima. Glasnik hemij. dr., 18, sv. 6-7, Beograd.
- Kerner, F., 1916: Geologie der Bauxitlagerstätten des S-Teiles der Osterreichisch-Ungarischen Monarchie. Berg. u. Hüttenm. Jahrb. 64, 139-170, Wien.
- Kühn, O., 1946: Das Alter der Prominaschichten und der innereocänen Gebirgsbildung. Jahrb. geol. Bundesanst., 91, H. 1, 2, Wien.

- Mackenzie, R., 1957: The differential thermal investigation of clay. Mineralogical Society, London.
- Mamužić, P. i suradnici, 1955: Geološko kartiranje Ravnih Kotara, ilst: Novi-grad-Polešnik i Obrovac-Zelengrad. Fond struč. dokum. Zav. geol. istr. u Zagrebu br. 2682.
- Maričić, S., 1953: Određivanje omjera hidrargilit-bemit na temelju kemijske analize. Tehn. pregled V. br. 2, 61-63, Zagreb.
- Poljak, A., 1956: Nova nalazišta prominskih klastičnih sedimenata u Hrvatskom Primorju. Geol. vješt., 10, 91-103, Zagreb.
- Poljak, J., 1956: Tumač geološke karte područja toka Zrmanje od Obrovca do Krupe i Žegara. Fond struč. dokum. Zav. geol. istr. u Zagrebu br. 2778.
- Projić, B., 1960: Povijest bukovačkih boksita. Narodni list 9. 7. 1960. Zadar.
- Quitow, H. W., 1941: Stratigraphisch-tektonische Untersuchungen im nord-dalmatinischen Alttertiär. Jahrb. Reichsanst. Bodenforsch., Wien.
- Quitow, H. W., 1944: Die geologische Stellung der ostadriatischen Bauxitvorkommen. Ztschr. prakt. Geol., 52, 11-19.
- Sakač, K., 1956: Geološko kartiranje boksitnog područja Maslenica-Jasenica-Krušev-Bilišani, sjeverno i sjeveroistočno od Novigrada. Fond struč. dokum. Zav. geol. istr. u Zagrebu br. 2868.
- Sakač, K. & Raljević, B., 1960: Geološka građa i hidrogeološke prilike područja Novigrad-Obrovac u sjeverozapadnoj Dalmaciji. Fond struč. dokum. Zav. geol. istr. u Zagrebu, br. 3283.
- Schubert, R., 1903: Zur Geologie des Kartenblatt-Bereiches Benkovac-Novigrad (z. 29. Kol. XII.). Verh. geol. Reichsanst., 143-350, 204-215, 278-288, Wien.
- Schubert, R., 1904: Das Verbreitungsgebiet der Prominaschichten im Kartenblatte Novigrad-Benkovac. Jahrb. geol. Reichsanst., 461-510, Wien.
- Schubert, R., 1905a: Die geologischen Verhältnisse des norddalmatinischen Küstenstreifens Zdrilo-Castelvenier-Ražanac. Verh. geol. Reichsanst., 272, Wien.
- Schubert, R., 1905b: Zur Stratigraphie des istrisch-norddalmatinischen Mittel-eocäns. Jahrb. geol. Reichsanst., 153-188, Wien.
- Schubert, R., 1908a: Zur Geologie des österreichischen Velebit. Jahrb. geol. Reichsanst., 345-386, Wien.
- Schubert, R., 1908b: Die nutzbaren Mineralagerstätten Dalmatiens. Ztschr. prakt. Geol., 49, Wien.
- Schubert, R., 1909a: Erläuterungen zur geologischen Karte Novigrad-Benkovac. Wien.
- Schubert, R., 1909b: Geologija Dalmacije. Zadar.
- Stache, G., 1889: Die liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte. Abhandl. geol. Reichsanst., 13, H. 1.
- Tučan, F., 1934: Prilog mineralnome i kemijskom poznavanju boksita Like. Rad. JAZU, 249, Razred Matem.-prirod. br. 77, Zagreb.
- Weisse de J. G., 1948: Les bauxites de l'Europe centrale (Province dinarique et Hongrie). Bull. laborat. Géol., Minér., Géoph., et du Musée Géol. Univ. Lausanne, No - 87, Lausanne.
- Zans, V. A., 1953: Bauxite researches in Jamaica and their development. Col. Geol. a. Min. Resources, 3, No 4.

K. SAKAČ

KURZE ÜBERSICHT DER GEOLOGISCHEN STRUKTUR UND DER BAUXITVORKOMMEN DES GEBIETES NOVIGRAD-OBROVAC IN DALMATIEN

Die Angaben der vorliegenden Abhandlung resultieren aus den im Laufe der letzten fünf Jahre durchgeführten Untersuchungen der Bauxitvorkommen des Gebietes Novigrad-Obrovac in Nordwest-Dalmatien.

Die geologische Struktur

Das Bauxitgebiet Novigrad-Obrovac in Nordwest-Dalmatien ist von Kreide-, Paläogen-, Neogen- und Quartärablagerungen ausgebaut. Die strigraphische Verteilung und die Verbreitung dieser Ablagerungen in dem erforschten Gebiet sind schon von mehreren Autoren bearbeitet worden. Am bedeutendsten sind die Abhandlungen von R. Schubert (1905) sowie die 1909 veröffentlichte geologische Karte Novigrad-Benkovac, deren Verfasser eine detaillierte geologische Aufnahme dieses Gebiets, mit Ausnahme des westlich vom Kanal Zdrilo gelegenen Teils, durchgeführt hat. Auf Grund dieser Angaben kann die geologische Struktur des Gebiets Novigrad-Obrovac folgendermassen ausgelegt werden.

Stratigraphie

Die Kreideschichten werden aufgeteilt in: 1. Kompakte, schwach geschichtete Brekzien. Diese sind aus Bruchstücken älterer mesozoischer Gesteine (überwiegend Kalke) zusammengesetzt. Das Alter der Brekzien kann nicht genau festgestellt werden, da das Bindemittel keinerlei Fossilien enthält. Nach den im Liegenden und im Hangenden der Brekzien befindlichen Schichten schliesst man, dass sie älter als das obere Cenoman sind, und jünger als der obere Jura. 2. Die Chondrodontaschichten bilden Kalke, Dolomite und in geringeren Mengen Kalkbrekzien. Diese Schichten liegen konkordant über den Kreidebrekzien und gehen nach aufwärts in Rudistenkalke über. Die *Chondrodonta*-Kalke enthalten eine reiche, aus Radiolitiden und *Chondrodonta joannae* Choffat. zusammengesetzte Fauna, die für das obere Cenoman und das untere Turon bezeichnend ist. 3. Die höchste Abteilung der Kreideschichten besteht aus petrographisch verschiedenartigen Rudistenkalcken.

Die Ablagerungen des Paläogens können in zwei Teile eingeteilt werden. Die Schichten des älteren Paläogens (unterstes und mittleres Eozän nach Schubert 1909a) liegen über den Rudistenkalcken mit schwach ausgedrückter Erosionsdiskordanz. Es handelt sich um schwach entwickelte Liburnische Schichten (rötliche, gut geschichtete Mergelkalke mit brackischer und Süßwasserfauna), sowie marine Foraminiferenkalke (Milioliden-Alveolinenkalke und stellenweise entwickelte Nummulitenkalke).

Die jüngeren paläogenen Sedimente – die Prominaschichten – liegen diskordant und transgressiv über allen früher beschriebenen Schichten. Sie sind von marinen, Riff- oder Mergelkalcken (die auf den unteren Teil der Prominaschichten begrenzt sind), ferner von Konglomeraten und Mergel, sowie – in kleinerem Ausmasse – von plattigen Mergelkalcken und Brekzien zusammengesetzt. Nach O. Kühns allgemein angenommenem Standpunkt (1946) gehören die Prominaschichten von Mittel-Dalmatien dem oberen Eozän an.

Die Neogenschichten sind von Seesedimenten ausgebaut. Das sind Mergel, Konglomerate, Sande u. a. m. Sie enthalten eine wenig zahlreiche und schwach erhaltene Molluskenfauna, ohne Leitformen. Sie liegen mit tektonischer und Erosionsdiskordanz über den Kreide- und Paläogenschichten.

Die Quartärsedimente sind Terra rossa, Fliesswasserablagerungen, Gehängeschutt, Travertin u. a. m.

Tektonische Bewegungen

An der Grenze von Kreide und Paläogen war infolge von epirogenetischen Bewegungen die bis zum unteren Eozän dauernde Kontinentalphase eingetreten. Im mittleren Eozän kam es während der pyrogenetisch orogenetischen Phase zu starken Faltungen der Kreide- und der älteren Paläogenschichten. Damals entstand eine Reihe, hauptsächlich isoklinaler Falten von ausgesprochen dinarischen Streichen. Nach der darauffolgenden starken Denudation wurden im oberen Eozän die Kreide- und die älteren Paläogenschichten von einer dicken transgressiven Decke der Prominaschichten bedeckt. Während der savischen orogenetischen Phase (nach R. W. Quitzow, 1944) wurden die Kreide- und Paläogenschichten gefaltet. Nach den schwach dislozierten, nur von radialen Bewegungen erfassten Neogensedimenten wurden im Laufe der jüngsten orogenetischen Bewegungen (im oberen Neogen und im Quartär) die früher entstandenen tektonischen Strukturen gebrochen.

Die bedeutendsten tektonischen Einheiten

Im Novigrad-Obrovac-Gebiet gibt es zwei Haupttypen tektonischer Einheiten. Die Kreide- und die älteren Paläogenschichten bilden eine Reihe überwiegend isoklinaler Falten, die grösstenteils nur fragmentarisch unter der teilweise abgetragenen Decke der Prominaschichten aufgeschlossen sind. Am bedeutendsten ist die Isoklinalfalte Zdrilo-Velika Gradina. Sie fällt ebenso wie eine Reihe von Falten im mittleren und im nördlichen Teil des Gebiets gegen NO zu. Der südwestliche Teil des Gebiets ist von einer aufrechtstehenden normalen Antiklinale ausgebaut, die sich von Posedarje bis zur Bucht Ladine, bzw. bis Novigrad erstreckt. Im Kern der antiklinalen Teile dieser Strukturen befinden sich Chondrodontaschichten oder Rudistenkalke, in den Synklinalen aber Foraminiferenkalke.

Im Gegensatz zu den sehr steilen, stellenweise sogar vertikalen Kreide- und älteren Paläogenschichten sind die Prominaschichten flach gefaltet (Querprofile Abb. 1). Im südlichen Teil des Gebiets bilden die Prominaschichten ein geräumiges Synklinorium, das über den Rahmen des erforschten Gebietes hinausgeht. Im nördlichen Teil wurde diese transgressive Decke durch Erosion in eine Reihe grösserer und kleinerer Erosionsreste zerstört, die an verschiedenen Gliedern der Kreide und des älteren Paläogen zurückgeblieben sind (Geologische Übersichtskarte).

Durch den nördlichen Teil des Gebiets, vom Podgora-Kanal über Bobarica, Zaton und das Zrmanja-Tal, erstreckt sich eine tektonische Bruchzone. Sie manifestiert sich durch Verwerfungskontakte innerhalb der Kreideschichten und durch eine Reihe sekundärer Verwerfungen längs des Nordrandes des Prominaschichten-Synklinoriums. Da wurde eine grössere Zahl vertikaler, schiefer und sogar reversibler Verwerfungen sowie eine Reihe kleinerer, von milotinierten tektonischen Partien begleiteter tektonischer Brüche festgestellt.

Bauxitvorkommern

Die allgemeinsten Angaben über die Bauxite des Novigrad-Obrovac-Gebiets sind in den Werken einer grösseren Anzahl von Autoren zu finden (R. Schubert 1909b, F. Kerner 1916, C. Crema 1920, J. G. de Weisse 1948 usw.). Die Forschungsarbeiten wurden zwischen 1906 und 1930 durchgeführt, sowie von 1955 an weiter. In kleineren Mengen wurde Bauxit während des Ersten Weltkrieges und in der Zeit von 1925 bis 1929 ausgebeutet. Im Jahre 1958 wurde die Exploitation wieder aufgenommen. Bisher sind rund 250 000 Tonnen Bauxit gefördert worden.

Es bestehen zwei Arten von Bauxitvorkommen im Novigrad-Obrovac-Gebiet. In der Basis sind die älteren Paläogenschichten aus kleinen, nicht exploitierbaren Vorkommen bemitischer Bauxite ausgebaut. Ihre chemische und virtuelle Zusammensetzung wird auf S. angeführt. In der Basis der Prominaschichten, auf stark verwitterten und gekarsteten Kalken der oberen Kreide und des älteren Paläogen (Taf. I, Fig. 1-3) befinden sich nach Grösse und Form verschiedene Bauxit-Mineralkörper

aus dem oberen Miozän. Sie enthalten einige tausend bis über eine Million Tonnen Bauxit. Die Länge der einzelnen Vorkommen und ihre Erstreckung unter den Hangendschichten kann sogar einige hundert Meter betragen, während die Mächtigkeit des Lagers variiert und 2 m bis 15 m beträgt.

Nach ihrem mineralogischen Aufbau sind dies hydrargillitische Bauxite ähnlicher chemischer Zusammensetzung wie die Bauxite aus Jamaika und Haiti. Durch differentialthermische Analysen (Abb. 5) und Debyeogramme konnten in den Eozän-Bauxiten folgende Minerale festgestellt werden: Hydrargillit, Bemit, Goethit, Kaolinit, Quarz, Hämatit, Anatas usw. Die chemische und die virtuelle mineralogische Zusammensetzung der Bauxite in den drei wichtigsten Lagern des erforschten Gebiets wird auf S. angegeben (Der hohe CaO-Gehalt im Bauxit von Borčić ist nicht typisch und soll als Ausnahme angesehen werden).

Alle Bauxit-Vorkommen des Novigrad-Obrovac-Gebiets können nach der geologischen Verbundenheit und nach der räumlichen Einteilung in sechs Gruppen eingeordnet werden. (Übersichtskarte).

Die bedeutendsten Vorkommen befinden sich im Aufbau des Südflügels einer teilweise denudierten Synklinale, die sich vom Podgora-Kanal über Kruševo und Obrovac bis Bilišani erstreckt. Da sind die wichtigsten Bauxitlagergruppen des Gebiets: 3 (Maslenica-Jasenica), 4 (Kruševo) und 6 (Bilišani) zu finden (Geologische Detailkarten Abb. 2, 3 und 4). Die Gesamtvorräte des Gebiets in der Höhe von ungefähr 12 Millionen Tonnen Bauxit durchschnittlicher Zusammensetzung Al_2O_3 - 48,27%, SiO_2 - 5,15% und der Verlust beim Glühen 23,56% beziehen sich auf Tagevorkommen. Die bisher noch unerforschten tieferen Teile der von Prominaschichten ausgebauten Synklinale enthalten wahrscheinlich potential exploitierbare Reserven in der gleichen Höhe.

Angenommen am 17. 07. 1960.

*Institut für geologische Untersuchungen
in Zagreb, Kuvska 2*

TABLA — TAFEL I

1 Jako okršeni, pretežno piramidalno nazubljeni vapnenci u podu boksita. Otkopani dio jednog ležišta u Kruševu.

Stark verkarstete, überwiegend pyramidenförmig ausgezackte Kalke im Liegenden des Bauxites. Aufgegrabener Teil einer Lagerstätte in Kruševo.

2 Blizanac — Kruševo. Rudistni vapnenac prebačen duž reversnog rasjeda na Promina-naslage i boksit. U podu boksita mjestimično izbijaju jako okršeni rudistni vapnenci.

Blizanac — Kruševo. Rudistenkalk überkippt entlang der reversen Verwerfung auf die Prominaschichten und Bauxit. Im Liegenden des Bauxites ragen stellenweise stark verkarstete Rudistenkalke hervor.

3 Ležište Dračevac. Neujednačena debljina rudnog tijela zbog džepolikih zavlačenja boksita u podne naslage — alveolinski vapnenac.

Die Lagerstätte Dračevac. Ungleichmässige Mächtigkeit des Erzkörpers wegen des sackartigen Eindringens des Bauxites in die liegenden Schichten — Alveolinenkalke.



1



2



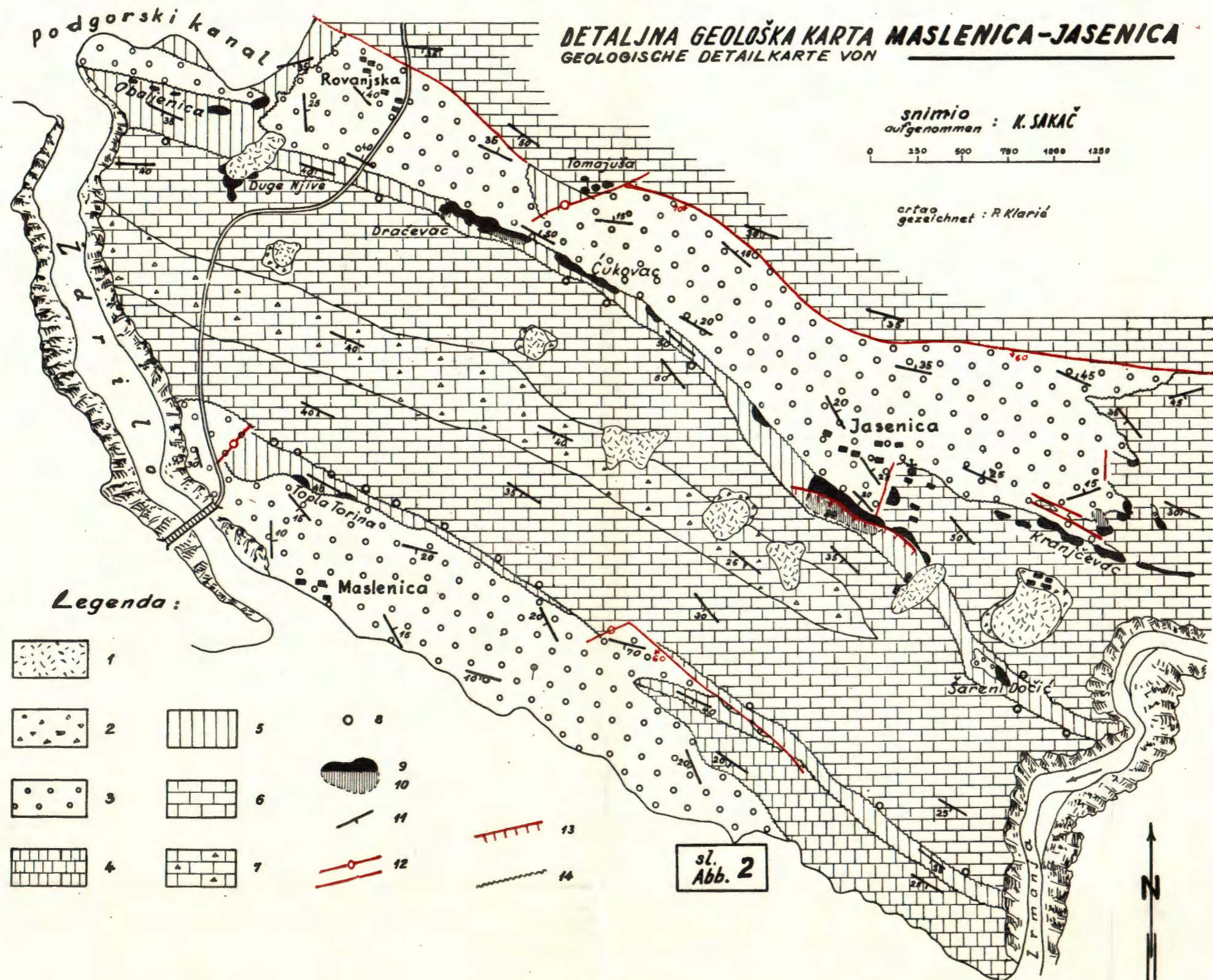
3

DETALJNA GEOLOŠKA KARTA MASLENICA-JASENICA
 GEOLOGISCHE DETAILKARTE VON

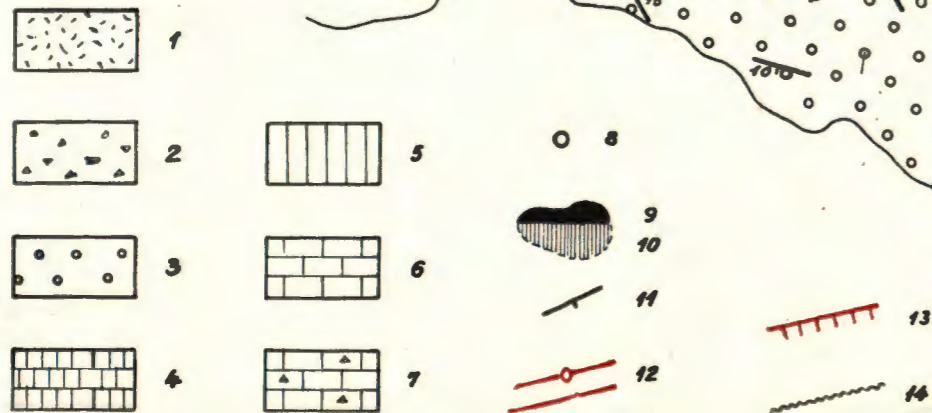
snimio : K. SAKAČ
 aufgenommen : K. SAKAČ



ortao
 gezeichnet : R. Klarić



Legenda :



sl. Abb. 2

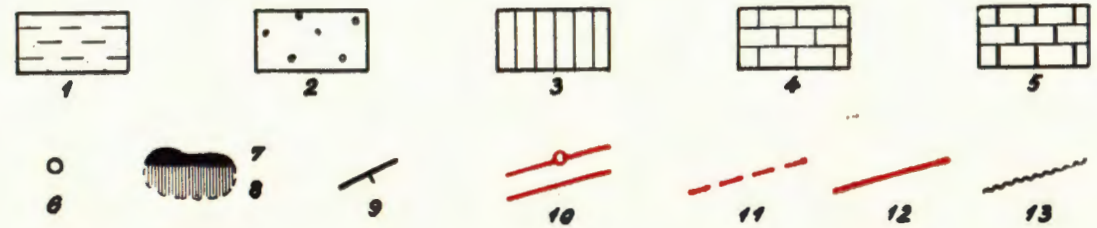
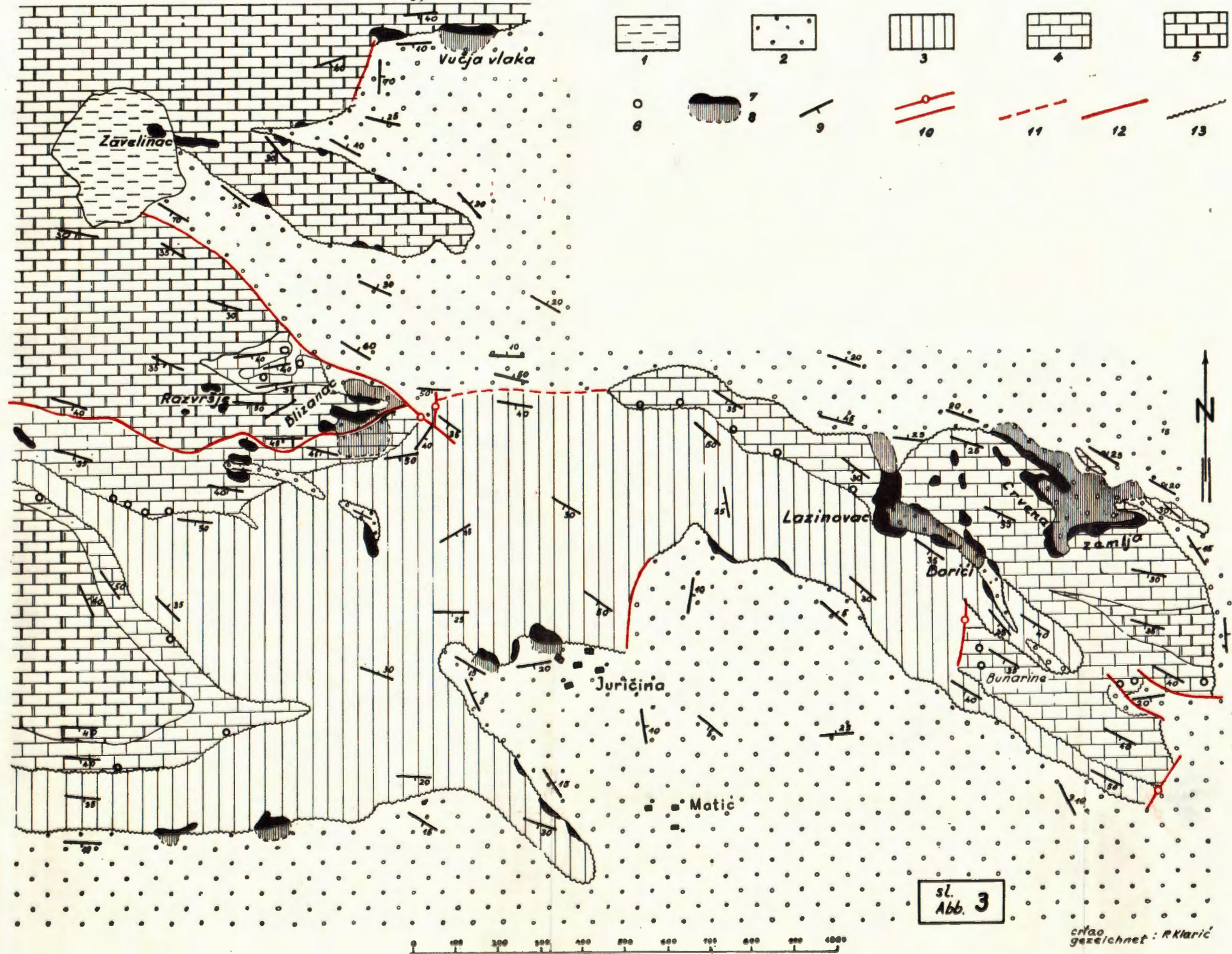
1. Zemlja crvenica
Terra rossa
2. Breče (kvartar)
Brekzien (Quartär)
3. Promina-konglomerat (gornji eocen)
Promina-Konglomerate (Oberes Eozän)
4. Prominski, fosiliferni, marinski, laporoviti vapnenci (gornji eocen)
Fosilifere, marine, mergelige Promina-Kalke (Oberes Eozän)
5. Foraminiferni vapnenci (stariji paleogen)
Foraminiferenkalk (Alteres Paläogen)
6. Rudistni vapnenci
Rudistenkalk
7. Chondrodonta-naslage (vapnenci, dolomiti i breče)
Chondrodonta-Ablagerungen (Kalke, Dolomite und Brekzien)
8. Pojave boksita u podu naslaga starijeg paleogena
Bauxitvorkommen im Liegenden der Ablagerungen des älteren Paläogens
9. Izdanak eocenskog boksita
Aufschluss des eozänen Bauxits
10. Istraženi dio ležišta pod krovim naslagama
Der erforschte Teil des Lagers unter den hangenden Ablagerungen
11. Elementi pada slojeva
Elemente des Fallens der Schichten
12. Rasjed s oznakom pada
Dislokation mit der Bezeichnung des Fallens
13. Reversni rasjed
Reverse Dislokation
14. Erozijska granica
Erosionsgrenze

DETALJNA GEOLOŠKA KARTA KRUŠEVO

GEOLOGISCHE DETAILKARTE VON

snimio
aufgenommen: K. SAKAČ

Legenda :



1. Zemlja crvenica
Terra rossa
2. Promina-konglomerat (gornji eocen)
Promina-Konglomerate (Oberes Eozän)
3. Alveolinsko-miliolidni vapnenci (stariji paleogen)
Alveolinen- und Miliolidenkalk (Älteres Paläogen)
4. Bijeli kristalinični rudistni vapnenci
Weisse kristalinische Rudistenkalke
5. Sivi, dobro uslojeni rudistni vapnenci
Graue, gut geschichtete Rudistenkalke
6. Izdanci boksita u bazi naslaga starijeg paleogena
Bauxit-Aufschlüsse in der Basis der Ablagerungen des älteren Paläogens
7. Izdanci eocenskih boksita
Aufschlüsse der eozänen Bauxite
8. Istraženi dio ležišta pod krovnom naslagama
Der erforschte Teil des Lagers unter den hangenden Ablagerungen
9. Elementi pada slojeva
Elemente des Fallens der Schichten
10. Rasjed s oznakom pada
Dislokation mit der Bezeichnung des Fallens
11. Pretpostavljeni rasjed
Die vorausgesetzte Dislokation
12. Reversni rasjed
Reverse Dislokation
13. Erozijska granica
Erosionsgrenze

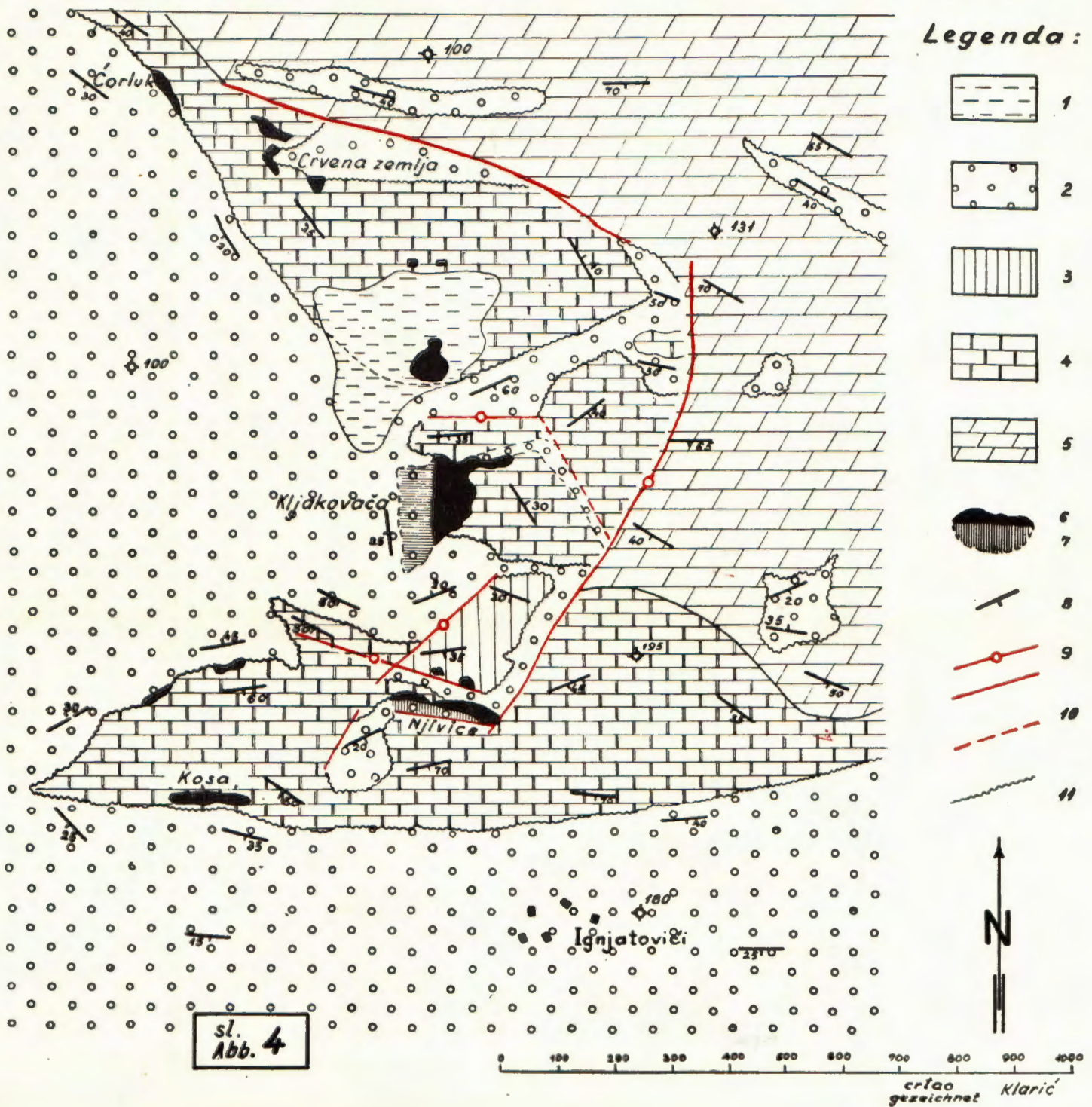
sl.
Abb. 3

crtao
gezeichnet: R. Klarić

DETALJNA GEOLOŠKA KARTA BILIŠANI

GEOLOGISCHE DETAILKARTE VON BILIŠANI

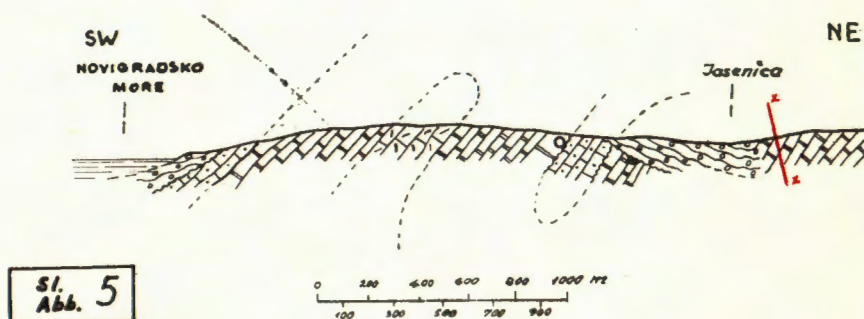
snimio
aufgenommen: K.SAKAČ



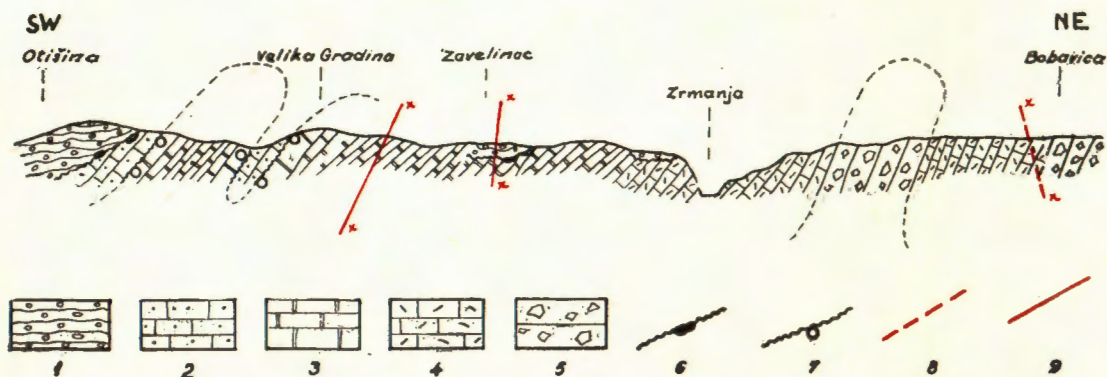
1. Zemlja crvenica (aluvij)
Terra rossa (Alluvium)
2. Promina-konglomerat (gornji eocen)
Promina Konglomerate (Oberes Eozän)
3. Alveolinsko-miliolidni vapnenci (stariji paleogen)
Alveolinen und Miliolidenkalk (Älteres Paläogen)
4. Rudistni vapnenac (gornja kreda)
Rudistenkalk (Obere Kreide)
5. Chondrodonta-naslage (vapnenci i dolomiti)
Chondrodonta-Ablagerungen (Kalke und Dolomite)

6. Izdanak eocenskog boksita
Aufschluss des eozänen Bauxits
7. Istraženi dio ležišta pod krovnim naslagama
Der erforschte Teil des Lagers unter den hangenden Ablagerungen
8. Elementi pada slojeva
Elemente des Fallens der Schichten
9. Rasjed s oznakom pada
Dislokation mit der Bezeichnung des Fallens
10. Pretpostavljeni rasjed
Die vorausgesetzte Dislokation
11. Eroziiona granica
Erosionsgrenze

Profil 1
kroz gornjokredne i paleogenske naslage u području Jasenica

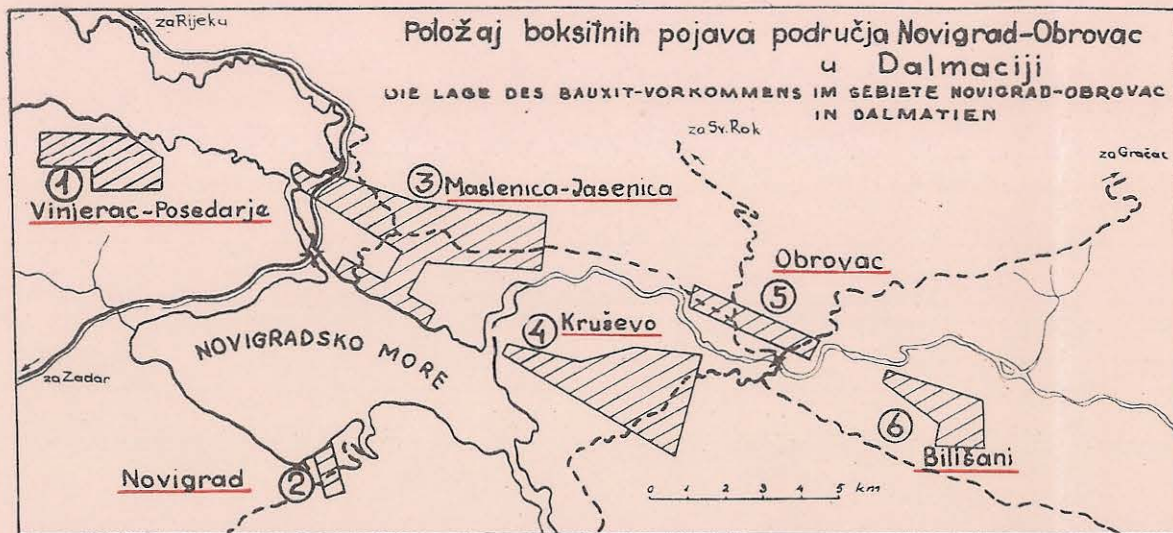


Profil 2
kroz kredne i paleogenske naslage u području Kruševa



1. Promina-konglomerat
Promina-Konglomerate
2. Foraminiferni vapnenci
Foraminiferenkalk
3. Rudistni vapnenac
Rudistenkalk
4. Chondrodonta-naslage
Chondrodonta-Ablagerungen
5. Kredne breče
Kreide-Brekzien

6. Eocenski boksiti
Eozäne Bauxite
7. Boksiti u bazi naslaga starijeg paleogena
Bauxite in der Basis der Ablagerungen des älteren Paläogens
8. Rasjed
Dislokation
9. Pretpostavljeni rasjed
Die vorausgesetzte Dislokation



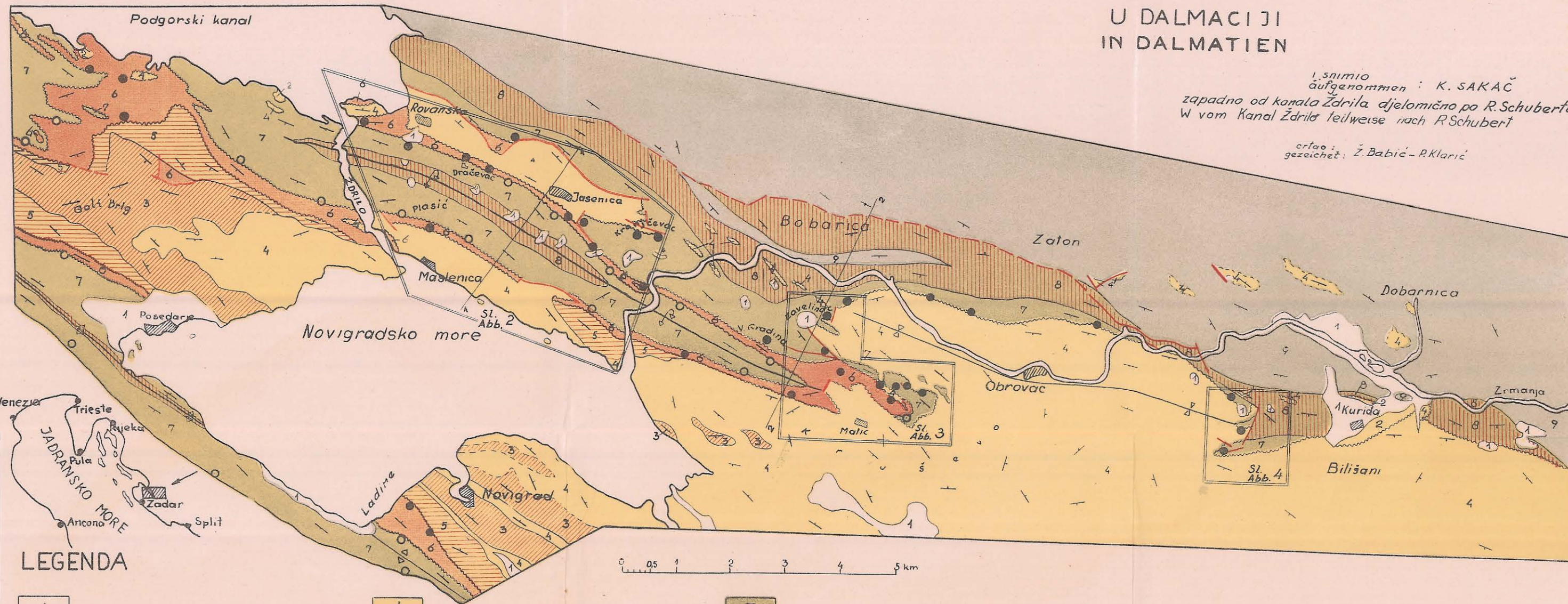
PREGLEDNA GEOLOŠKA KARTA
GEOLOGISCHE ÜBERSICHTSKARTE

BOKSITNOG PODRUČJA NOVIGRAD - OBROVAC
DES BAUXITGEBIETES NOVIGRAD OBROVAC

U DALMACIJI
IN DALMATIEN

I. snimio
aufgenommen: K. SAKAČ
zapadno od kanala Ždrila djelomično po R. Schubertu
W vom Kanal Ždrila teilweise nach R. Schubert

ortao:
gezeichnet: Ž. Babić - P. Klarić



LEGENDA

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 4 | 7 |
| 2 | 5 | 8 |
| 3 | 6 | 9 |

1. Kvartarne naslage
Quartär-Ablagerungen
2. Neogen - slatkovodne naslage
Neogen-Süßwasserbildungen
3. Promina-lapori (Gornji eocen)
Promina-Mergel (Oberes Eozän)
4. Promina - konglomerati, breče i pločasti laporoviti vapnenci
Promina-Konglomerate, Brekzien und mergeliger Plattenkalk
5. Prominski, fosiliferni, marinski, laporoviti vapnenci
Fosilifere, marine, mergelige Promina-Kalke
6. Foraminiferski vapnenci i liburnijske naslage (stariji paleogen)
Foraminiferenkalk und liburnische Ablagerungen (Älteres Paläogen)
7. Rudistni vapnenci
Rudistenkalk
8. Chondrodonta-naslage (vapnenci i dolomiti) (Gornja kređa)
Chondrodonta-Ablagerungen (Kalke und Dolomite) (Obere Kreide)
9. Kredne breče
Kreidebrekzien
10. Rasjed
Dislokation
11. Pretpostavljeni rasjed
Die vorausgesetzte Dislokation
12. Elementi pada slojeva
Elemente des Fallens der Schichten
13. Erozijska granica
Erosionsgrenze
14. Os normalne sinklinale
Achse der normalen Sinklinale
15. Os prebačene antiklinale
Achse der überkippten Antiklinale
16. Os uspravne antiklinale
Achse der aufrechten Antiklinale
17. Izdanak eocenskog boksita
Aufschluss des eozänen Bauxits
18. Pojave boksita u podu naslaga starijeg paleogena
Bauxitvorkommen im Liegenden der Ablagerungen des älteren Paläogens

