

Geol. vjesnik	Vol. 42	str. 103—119	Zagreb 1989.
---------------	---------	--------------	--------------

UDK 552.54:553.98:551.763.3

Stručni članak

Bituminozno-kerogene pojave Sjevernotrogirskog područja

Berislav ŠEBEČIĆ¹, Maja VITEZIĆ² i Anđa ALAJBEG¹

¹INA — Razvoj i istraživanje, Proleter-skih brigada 78, YU—41000 Zagreb

²Geološki zavod, Sachsova 2, YU—41000 Zagreb

Ključne riječi: Bitumen, Kerogen, Infiltracija, Biodegradacija.

Keywords: Bitumen, Kerogen, Infiltration, Biodegradation.

U sjevernotrogirskom području istraživano je 6 bituminozno-kerogenih pojava, među kojima su najučestalije u donjosenonskim vapnencima, a ima ih i u eocenskim vapnencima. Sadržaj organske tvari je varijabilan i često nizak, tako da se tek jednu pojavu u Balovima, s obzirom na njenu veličinu i dijelom visok doseg sadržaja bitumena i ukupne organske tvari, predlaže rudarsko-geološki istražiti. Bitumen je infiltriran u ambijentalno i litostrukturno različite tipove vapnenaca. Konstatirano je istovrsno porijeklo i sličan transformizam organske tvari Balova i Radošića.

In the northern Trogir area six bituminous-kerogenous occurrences have been explored. The most frequent among them were in Low Senonian limestones and also some in Eocene limestones. The organic matter content was varying and often low. Therefore, it was suggested to explore geologic and mining characteristics of only one occurrence in Balovi, due to its size and partly high content of bitumen and total organic matter. Bitumen was infiltrated in environmentally and lithotexturally different types of limestones. The same origin has been stated as well as similar transformation of organic matter of Balovi and Radošić.

UVOD

O bituminozno-kerogenim pojavama sjevernotrogirskog područja ima malo geoloških podataka, pa istražujući bituminozno-kerogene pojave šireg trogirskog područja, tj. Vinišća (Šebečić, 1984) i Radošića (Šebečić et al., 1988) potaknulo nas je da usmjerimo istraživanje na ovo dosta neistraženo područje.

Bituminozno-kerogene naslage, tj. prirodne asfalte Primorskog Dolca (Balovi) uvrstili su Mamužić et al. (1957) u grupu krednih rudistnih i keramosferinskih vapnenaca (kr), dok su prirodne asfalte Labišnice (Lake) svrstali u sklop paleogenih bijelih jedrih vapnenaca, pločastih vapnenaca i lapora (pvl). Spominju nalazište u Preslu, gdje su registrirali kredne hondrodontne i rudistne vapnenice u izmjeni s dolomitima (kdv). Za sve pojave navode, da su sekundarnog porijekla, jer su vezane za rasjede. Pojave prirodnog asfalta povezuju Magaš i Marinčić (1973) za degradaciju nafte. Naime, kredne bore su bile izlomljene nizom

reversnih rasjeda, koji su dali ljuskavu strukturnu građu proučavanom području, a time su lako omogućili migraciju mikronafte iz dubljeg podzemlja.

Senonske riblje tankopločaste vapnence s organskom tvari Labina i Prapatnice svrstavaju Radovčić et al. (1983) u plitkomorske unutargrebenske sedimente (Inner Reef Slope) stvarane u sredini s ograničenom cirkulacijom vode. Nalazi pelagičnih foraminifera (npr. globotrunkana, globigerina), oligosteginida i radiolaria ukazuju na njihov transport za olujnih poplava, dok rijetki nalazi neritskih organizama na dotok fosilnog detritusa s obližnjih krpastih grebena (Patch Reefs).

Prema Hanichu i Radakoviću (1985) područje gdje su registrirane sjevernotrogirske bituminozno-kerogene pojave spada u tektonsku zonu »Centralna zona«, a u tektonsku jedinicu Srednje Dalmacije (C₆). Ona predstavlja središnji dio karbonatnog šelfa Dinarida s intenzivnom subsidencijom za vrijeme mlađeg mezozoika i paleogena, te s intenzivnim rasjedanjem naslaga kako SZ—JI, tako S—J do SI—JZ. Nastanak kružnih struktura vežu uz dubinski magmatizam i dijapirizam.

Bulić et al. (1986) su proučavali gornjoturonsko-senonske oligosteginidne laminirane i pločaste vapnence jugozapadno od Bojića, te zaključili da se odlikuju niskim sadržajem organske tvari (0,03—0,07 % C_{org}). Prema Vitoroviću (1985) uzorci su kontaminirani alohtonom organskom supstancom (bitumenom), pa ih isključuje iz izvornih (matičnih) stijena. Ercegović (1985) ove stijene uvrštava u nepovoljne kolektore.

Trutin et al. (1986) su istraživali paleogenske tankopločaste i laminirane vapnence s kvrgama roznjaca sjeverozapadno od Bojića. Analiziran uzorak iz središnjeg dijela naslaga sadrži 0,61 % (C_{org}) nezrele organske tvari. Inače, u naslagama su očuvani biljni ostaci, a nalaze se i terigene čestice što ukazuje na transport kopnenih tvari u, pretpostavlja se, plitkomorsku (lagunarnu?) sredinu taloženja.

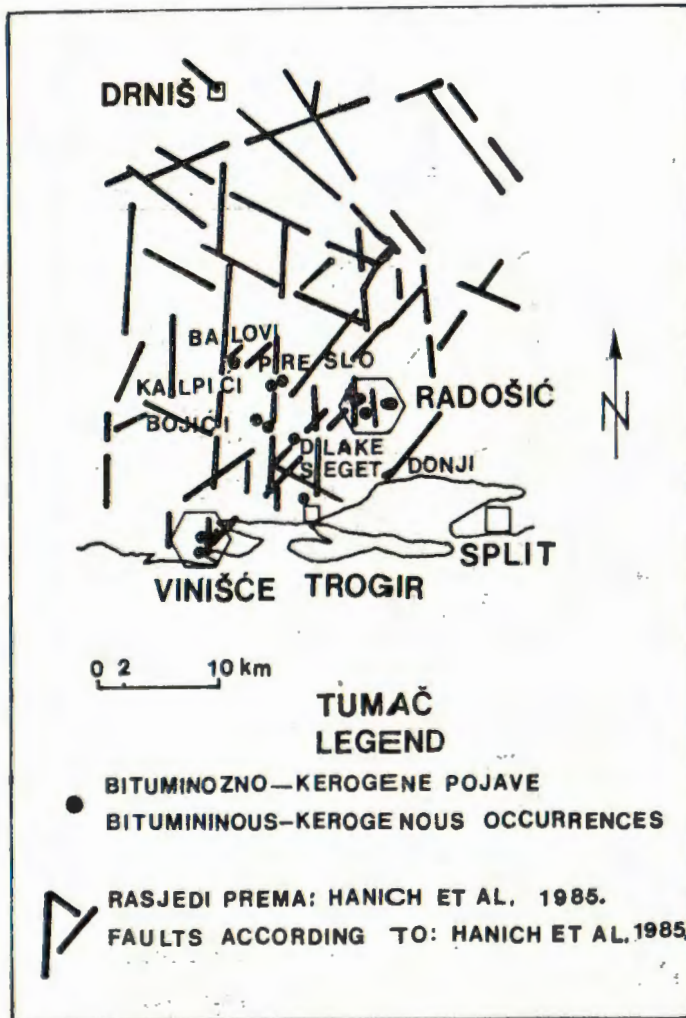
GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

U sklopu sjevernotrogirskih bituminozno-kerogenih pojava istraživane su pojave u Primorskom Dolcu i to u Balovima, udaljenim 30 km od Trogira, Preslu i Kalpićima, udaljenim 25 km, zatim u Prapatnici i to pojave u Bojićima, koje su udaljene oko 15 km, Labinu Dalmatinskom, pojava Drake udaljena oko 11 km, te u Segetu Donjem u kamenolomu udaljenom 3 km od Trogira (sl. 1).

Primorski Dolac

Na području Primorskog Dolca najznačajnija asfaltna pojava je u Paklenki, sjeveroistočno od zaseoka Balovi. Pojava se povezuje za jugozapadnu padinu brda Drinovac (397 m). Udaljena je 0,9 km od željezničke pruge, a 1,5 km od željezničke stanice Primorski Dolac.

Oblik pojave (Tab. I, sl. 2) je predisponiran pukotinskim sistemima: 310—350/78—85, 80/80 i 20—30/48—50. Zbog toga je obris tijela izdužen sjeveroistok—jugozapad (veliko tijelo) i sjever—jug (mala tijela). Dužina velikog tijela je 56 m, a širine su: 26 m, te 10 i 12 m. Obris velikog tijela, površine 637,9 m², podsjeća na deformirano stopalo, a prstasti završeci

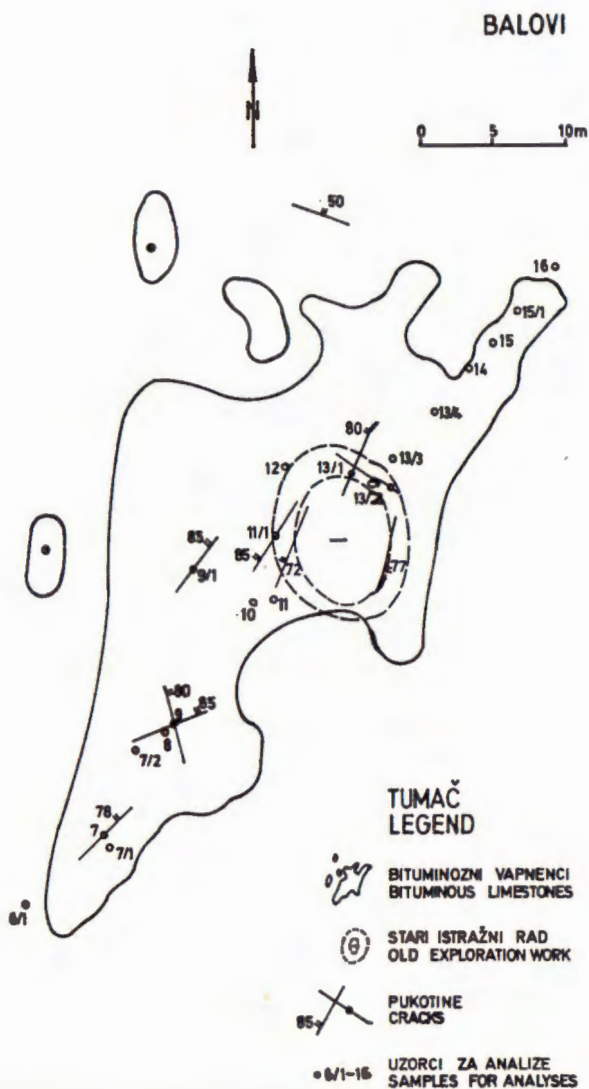


Sl. 1. Položajna karta bituminozno-kerogenih pojava

Fig. 1. Position map of bituminous-kerogenous occurrences

na složenu žilu (sl. 2). Na terenu je zapažena pojava jače infiltracije s bitumenom, duž pukotinskog sistema 320—350/80—85, te paralelopipedno odvajanje asfaltne stijenske mase sa stepeničastim obrisom, prvenstveno u kombinaciji s pukotinskim sistemom 80/80.

Manje asfaltne pojave su (pseudo-)lečastog oblika, a površine 12,5—13,75 m². Nalaze se uz (sjevero)zapadni obod većeg tijela. Pretpostavlja se, da su to erodirani ostaci složene žile, čije dubinsko zalijeganje treba istražiti.



Sl. 2. Grafički prikaz pojave u Balovima

Fig. 2. Graphic representation of the occurrence at Balovi

Dio velikog tijela bio je podvrgnut eksploataciji za vrijeme Austro-Ugarske vladavine. Naime, od tada ostala je »jama« u prirodnom asfaltu veličine $9 \times 8 \times 2,5$ m, koja je jedno vrijeme poslužila kao prirodni rezervoar za vodu.

Na temelju provedenih ispitivanja predlaže se pojavu detaljnije rudarsko-geološki istražiti. Svoj prijedlog temeljimo na dojmu o veličini tijela, te izraženoj infiltraciji bitumena u vapnenačkoj masi. Uočeno je variranje sadržaja slobodnog bitumena u asfaltnom tijelu, što je i analitički ustanovljeno. Tako sadržaj ekstrahiranog toluen-bitumena* u četiri ispitana uzorka varira u rasponu od 0,85 do 6,30 % ($\bar{x} = 3,10$ %), a gubitak žarenjem* na 550 °C, s kojim je procijenjen sadržaj kerogena i vezanog bitumena, od 0,52—1,27 % ($\bar{x} = 0,93$ %). Tragovi bitumena registrirani su u uzorcima iz okoliša prirodnih asfalta.

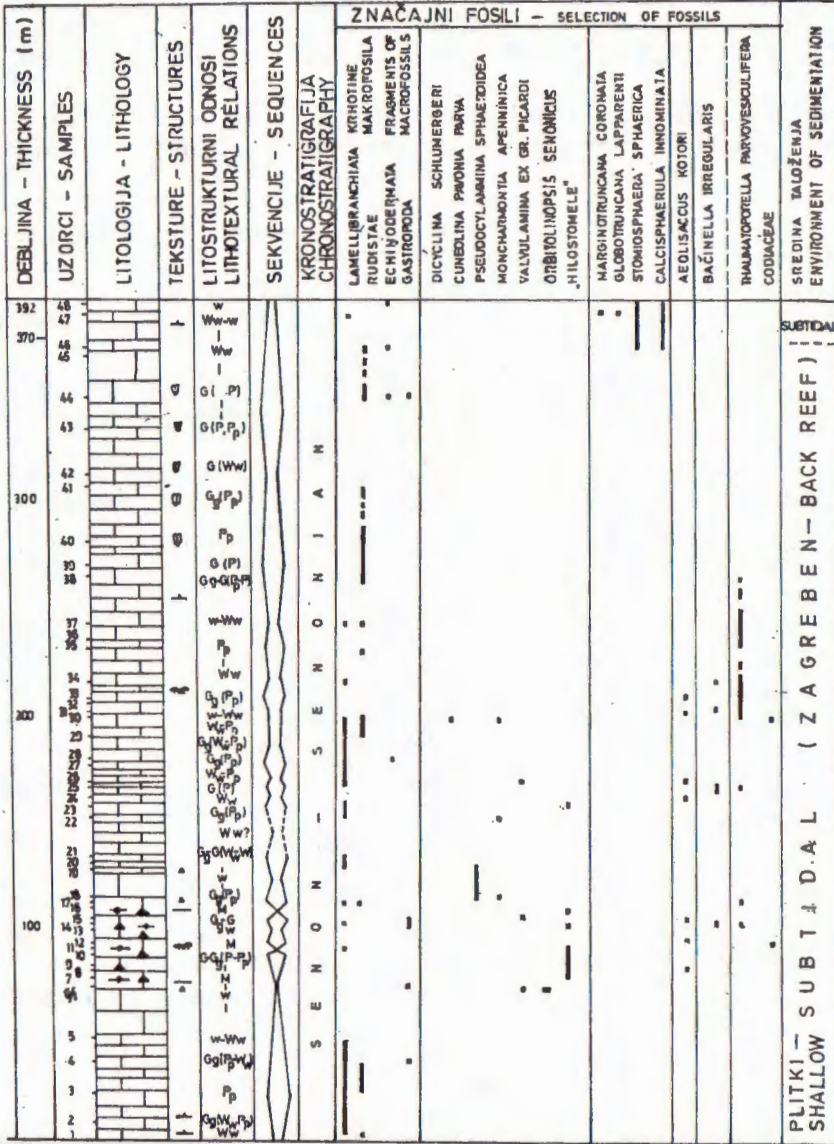
Detaljnim geološkim profiliranjem asfaltne pojave i njezinog okoliša (sl. 3) ustanovljeno je da se izdanci prirodnog asfalta nalaze u asfaltnoj zoni debljine 36,2 m.

Mikropaleontološkom analizom je utvrđena donjosenonska pripadnost, kako vapnenaca prirodnih asfalta, tako i jalovih vapnenaca u njihovom okolišu, bilo da su isti u njihovoj subpoziciji ili superpoziciji. U prirodnim asfaltima registrirano je pretežno prisustvo fragmenata lamelibranhijata, uključujući i rudiste, zatim gastropoda, ostrakoda, a mjestimično i fargmenata algi (dasikladaceja i kodijaceja). Od foraminifera određeni su presjeci tekstulariida, miliolida, diskorbida, ataksofragmiida, anomalinida, »hilostomele«, a prisutni su i presjeci mikrofosila *Bačinnella irregularis* Radoičić i *Aeolisaccus kotori* Radoičić.

Za subpozicijske vapnence je značajno da sadrže također fragmente lamelibranhijata (rudista) i gastropoda, ali vrlo malo mikrofosila — Miliolidae. Za razliku, superpozicijski vapnenci sadrže, uz fragmente navedenih makrofosila, i mikrofosile: *Thaumatoporella parvovesiculifera* (Raineri), *Moncharmontia apenninica* (De Castro), *Pseudocyclamina sphaeroidea* Gendrot, *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, *Bačinnella irregularis* Radoičić, *Aeolisaccus kotori* Radoičić, te brojne miliolide, oftalmidiide, diskorbide i »hilostomele«. U mlađim senonskim vapnencima zapažena je mjestimično znatna akumulacija makrofosila.

Petrografskom analizom je utvrđeno, da je stijenska masa prirodnih asfalta izgrađena pretežno od vapnenaca tipa: grainstone (G-Gg, g), koji su po količini zrna pretežno ekvivalentni packstoneima (P-Pp i Pp) i mudstone (M), a izuzetno wackestone (Ww i w). Grainstonei, odnosno biosparruditi sadrže 25—70 % fragmenata makrofosila od kojih je manji dio algalnog porijekla. Sparikalcit je razvijen u dvije generacije. Prva generacija je sitnije kristalasta, dok je druga krupnije kristalasta. Biomikruditi (Ww, Ww-Pp, Pp-p) su djelomično cementirani i mjestimično sadrže dismikritiziranu osnovu i po koje »ptičje oko«. Također je zapažena dismikritizacija osnove intraklastičnih biomikrita (w) s 15—20 % mikrofosila, među kojima ima kerogeniziranih foraminifera. Dismikriti-

* Ove analize i analize uzoraka slijedećih pojava načinio je M. Čegec, INA — Kontrolni laboratorij Zagreb.



BALOVI TUMAČ LEGEND

BALOVI

PRIM. DOLAC

TUMAČ LEGEND

- VAPNENAC LIMESTONE
- VAPNENCI RAZLIČITIH LITOSTRUKTURNIH TIPOVA LIMESTONES OF DIFFERENT LITOTEXTURAL TYPES
- DIT LIMEN
- KE ROGEN
- KIRHOTINE MAKROFOSILA
- FRAGMENTS OF MACROFOSSILS
- MIKROSTILOITII
- MIKROSTYLOLITES

Sl. 3. Geološki stup Balova
 Fig. 3. Geologic column of Balovi

zacija je najizraženija u (intraklastično-)fosilifernih mikrita. Bioturbacija je registrirana u dismikritiziranom intraklastično-fosilifernom mikritu (uz. 11) u kontaktu dvije veće regresivno-progresivne sekvencije.

Bitumen je u polariziranom svjetlu smeđe-crvenkast, nalazi se u prslinama, mikrotilolitima, porama nastalim kemijskim otapanjem fragmentirana fosila (fosilmoldic) i sl. Bitumenizacija je uslijedila nakon epige-nefske kalcitizacije, kojom je zahvaćeno do 15 % stijenske mase (Tab. II, sl. 1).

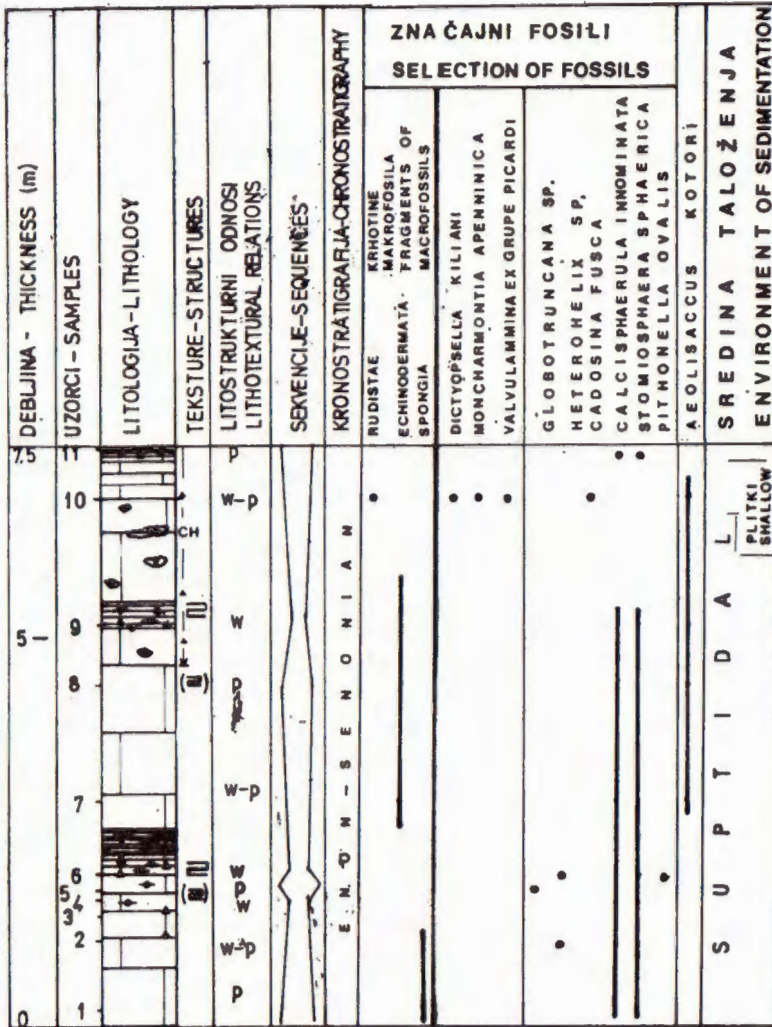
Debeloslojeviti bituminozni vapnenci, odnosno prirodni asfalti, pripadaju trima M-G-Gg (ekv. P-Pp, lateralno Ww-Pp)-M regresivno-progresivnim sekvencijama, dok subpozicijski vapnenci Ww-Pp(Gg)-(w-Ww) regresivno-progresivnoj sekvenciji, i to pretežno biosparruditima, dok superpozicijski vapnenci više(5)strukoj složenoj progresivno-regresivnoj sekvenciji tipa Gg-G (ekv. Ww-W, Pp)-w(Ww)-Gg(Pp), tj. pretežno biosparruditima, zatim intraklastičnom biosparruditu, intraklastičnom biomikruditu, intraklastičnom biosparitu. I u superpozicijskim vapnencima je konstatirana dismikritizacija osnove, ali samo mjestimično. Sadržaj mikritnih intraklasta varira u intraklast(ič)-nim biogenim vapnencima od 2—10 %, a fosila od 20—80 %.

Početak prve progresivno-regresivne sekvencije obilježen je pojavom vapnenačke mikrobreče (uz. 15/1), odnosno intrasparrudita (Gg-G). Mlađi vapnenci pripadaju također progresivno-regresivnim sekvencijama tipa Gg-Ww-Gg (ekv. Pp). To su, međutim, biosparruditi, biospariti, djelomično cementirani biomikruditi i biomikriti. Neki uzorci obiluju algalnim fragmentima, koji su prilično kerogenizirani, a nadalje, osobito od uzorka 39—44, s fragmentima drugih makrofosila. Pri kraju sedimentološkog profila pojavljuju se tankoljušturaste školjke i kalcisfere. Zapaženo je, da se iznad vapnenaca koji obiluju algalnim fragmentima, nalaze tragovi bitumena.

U Preslu, zaseoku Primorskog Dolca, je registrirana infiltracijska bituminozna pojava u gornjokrednim-donjosenonskim vapnencima*. Nalazi se sjeverozapadno od željezničkog nadvožnjaka u pravcu Drniša, a 9 m niz nasip ceste. Veličina izdanka prirodnog asfalta je $0,7 \times 0,5$ m, a otkriven je u raskopu iz kojeg je vađena kamena sitnež. Izduženje izdanka podudara se s pružanjem izraženog pukotinskog sistema u obližnjim jalovim vapnencima, tj. foraminifersko-oligosteginidnim biomikritima (w). Izdanak prirodnog asfalta izgrađen je iz raspucanog i djelomice drobljenog foraminiferskog biomikrita (w) u koji je smeđe-crveni i crni bitumen infiltriran u pukotine, prsline i mikrotilolite. U uzorku asfalta određeno je 2,52 % toluen-bitumena, te 0,76 % gubitak žarenjem.

U Kalpićima (sl. 4) u zasjeku puta 35 m sjeveroistočno od posljednjeg gospodarskog objekta, uočen je žilno-slojevit tip pojave. U donjosenonskom foraminifersko-oligosteginidnom vapnencu, tj. (intraklastičnom-)biomikritu (w i p) nalaze se u pukotinama i prslinama infiltracije bitumena. Najviše je bituminozan pukotinski sistem 85/30, dok su znatno manje bituminozni sistemi 192/70 i 290/40. Infiltracije s bitumenom su vidljive u izdanku veličine $2,5 \times 1,5$ m. Uz cjeđenje bitumena ima i brečastih žila debljine 3—4 cm, te brečastih prevlaka debljine 1—2 mm.

* Prema Marinčiću et al. (1971) turonske pripadnosti.



**KALPIĆI TUMAČ
LEGEND**

- VAPNENCI
LIMESTONES
- p LITOSTRUKTURNI TIPOVI
W LITHOTEXTURAL TYPES
- CH NODULA ČERTA
CHERT NODULES
- BITUMEN
- KEROGEN
- PARALELNE LAMINACIJE
PARALLEL LAMINATIONS
- LAMINACIJE VIDLJIVE MIKRO-
SKOPSKI
LAMINATIONS VISIBLE BY
MICROSCOPE

Sl. 4. Geološki stup Kalpića
Fig. 4. Geologic column of Kalpići

Fragmenti vapnenaca u žilama dosegnu do 1,5 cm, međutim, pretežno su veličine 3—4 mm. U prevlakama mikrofragmenti su uglavnom veličine 1—2 mm.

U bituminoznom izdanku sadržaj toluen-bitumena je 3,17 %, dok ga u jalovom, tj. slabo kerogenom vapnencu ima samo 0,04 %. Gubitak žarenjem u navedenim uzorcima iznosi 1,22 i 0,92 %. Vapnenci obogaćeni uglavnom s kerogenom tvari su pretežno pločasti, a mjestimično su paralelno laminirani (Tabl. I, sl. 1 i Tabl. II, sl. 4). Dio su progresivno-relativne sekvencije (sl. 4) i to njen relativno dublji dio.

Naime, u biomikritima se isključivo nalaze oligosteginide, te rijetke neodređive globotrunkanide, globigerinide i heterohelicide. Na izvjesno, ali vrlo kratkotrajno oplićavanje unutar oligosteginidnih vapnenjačkih taloga, odnosno unutar biomikrita s nodulama rožnjaca, ukazuje vapnenački talog biomikritskog sastava (w-p) s bentičkim foraminiferama i to: *Dictyopsella kiliani* Schlumberger, *Moncharmontia apenninica* (De Castro) i *Valvulammina ex gr. picardi*. Od oligosteginida određene su vrste *Calcisphaerula innominata* Bonet, *Stomiosphaera sphaerica* (Kaufmann) i *Pitonella ovalis* (Kaufmann).

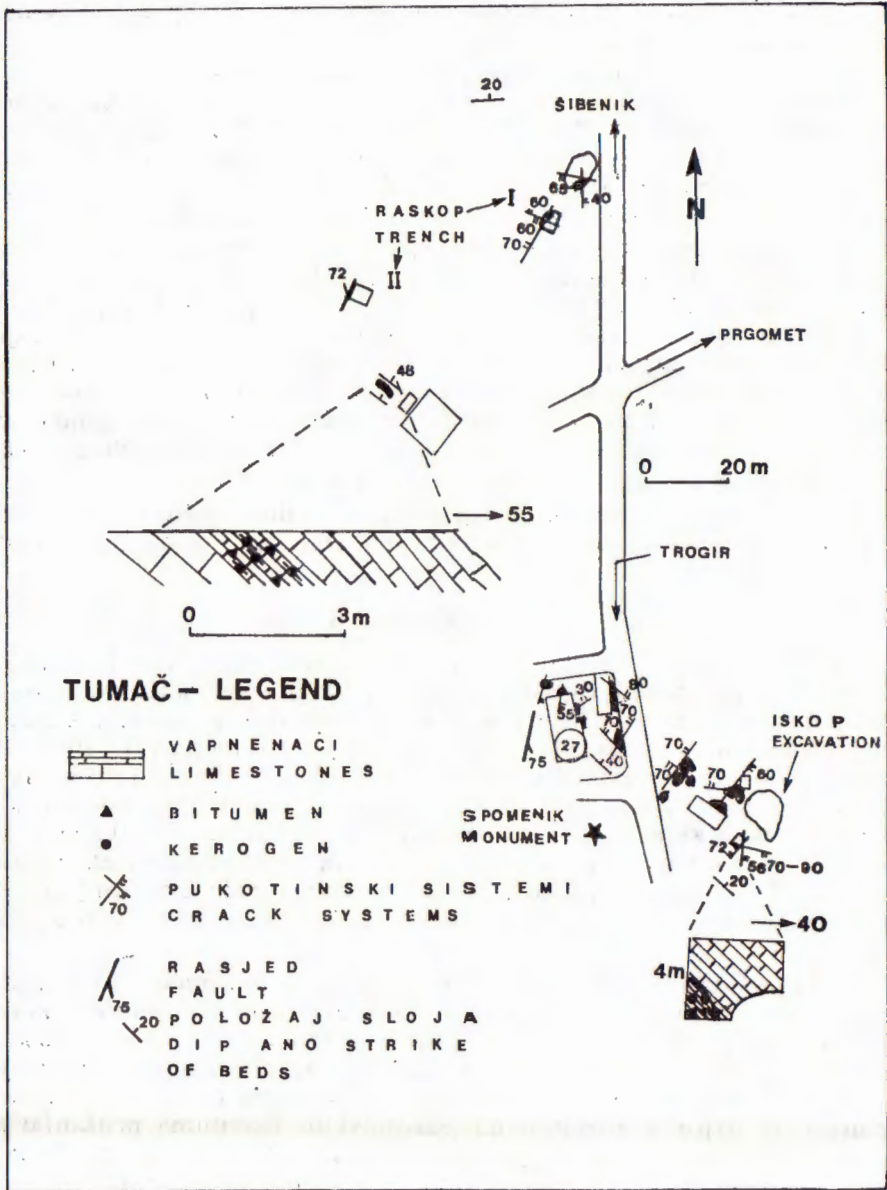
U proučavanim krovinskim vapnencima nodule rožnjaca su ustvari dijelovi jako silicificiranih biomikrita (w). Dimenzije nodula su pretežno $9 \times 1-2$ cm.

Prapatnica

U Bojićima*, zaseoku Prapatnice, registrirano je više izdanaka bituminozno(-kerogenih) vapnenaca (sl. 5). Većina izdanaka otkrivena je novijim geološkim istraživanjem (1983—1988), dok je jedan izdanak otkriven i raskopan (raskop I) još za Austro-Ugarske monarhije. Budući da gotovo polovina izdanaka dijelom zaliježe pod gospodarske i druge objekte, nisu se mogle potpuno izmjeriti dimenzije izdanaka, pa ono što je izmjereno i grafički prikazano, čini njihove dijelove veličine od $0,7 \times 0,7$ m do 6×1 m. To se odnosi i na izdanke dijelom otkrivene raskopavanjem. Geološkim kartiranjem potpuno vidljivih površina izdanaka izmjerene su njihove dimenzije od $1,2 \times 1,2 - 1$ m, $4 \times 1,5$ m i $4,7 \times 0,8$ m do $6,2 \times 2,0 - 3,1$ m.

Prema položaju i suodnosu izdanaka može se zaključiti, da je njihov raspored predisponiran tektonskim pokretima, odnosno pukotinskim sistemima, kao npr. na Biskupiji u Vinišću (Sebečić, 1984). Posebno se to odnosi na izdanke (u okolišu kuće br. 27), čija i djelomična orijentacija podsjeća na V oblik. Vapnenačka masa (Tab. II, sl. 3), koja sadrži bitumen je najčešće razlomljena pukotinskim sistemima pružanja: sjever(—sjeveroistok)—jug(—jugozapad), te zapad(—sjeverozapad)—istok(—jugoistok). Tako su u pukotinama, a i prslinama položaja: 100—120/55—75, odnosno 275—300/70—80, te 180—210/69—90, odnosno 10—20/60—80 najuočljivije infiltracije bitumena. Rijede su registrirani pukotinski sistemi pružanja sjeveroistok—jugozapad (330/85), te sjeverozapad—jugoistok (240/75). Osim raspucanosti mjestimično je uočeno bre-

* U starom zemljišnom planu (M 1 : 2880) je naziv Boić. Pretpostavlja se, da naziv potječe od romanskog naziva Boa (Bua i Bavo) za obližnji otok Ciovo (Rubić, I., 1955). Nalazište asfalta »Bua« u Dalmaciji navodi Abraham (1960).



Sl. 5. Grafički prikaz pojave u Bojićima

Fig. 5. Graphic representation of the occurrence at Bojići

čiranje (Tab. II, sl. 2.) i harniširanje vapnenaca. Dimenzije fragmenata brečastih vapnenaca najčešće variraju od 1 mm do 2 cm. Ima ih 30—40%.

Vapnenci u koje je infiltriran bitumen su po litostrukturnom tipu uglavnom foraminifersko-oligosteginidni biomikriti (pretežno w, izuzetno p). Rjeđi su nalazi samo foraminiferskih ili samo oligosteginidnih vapnenaca, a to su uglavnom litostrukturni tipovi s malo alokema, tj. fosiliferi mikriti (M) i biomikriti (w/M i w). Na temelju mikropaleontoloških analiza utvrdili smo, da su proučavani vapnenci donjosenonski. U starijim donjosenonskim vapnencima od bentičkih foraminifera zastupljene vrste su: *Dicyclina schlumbergeri* Munier-Chalmas, *Cuneolina pavonia parva* Henson, *Pseudocyclammina sphaeroidea* Gendrot, *Choffatella rugoretis* Gendrot, *Pseudolituonella reichelli* Marie, *Moncharmontia apenninica* (De Castro), *Valvulammina ex gr. picardi*, zatim rodovi: *Bolivinopsis*, *Spiroplectammina*, *Rotalia* i *Stensioina*, te foraminifere iz skupina: miliolide, anomalinide i diskorbide. Uz navedene foraminifere česta je alga *Thaumatoporella parvovesiculifera* Raineri i mikrofosil *Aeolisaccus katori* Radoičić.

Pelagičke foraminifere su rijetke, a određene su vrste: *Marginotruncana coronata* Bolli i *Gl. lapparenti* Brotzen. Prate ih globigerinide i heterohelicide.

U mlađim donjosenonskim vapnencima nedostaju bentičke foraminifere, izuzev roda *Valvulammina*, a od pelagičkih mikrofosila, kao i u starijim donjosenonskim vapnencima, prevladavaju oligosteginide zastupljene vrstama: *Calcisphaerula innorninata* Bonet i *Stomiosphaera sphaerica* (Kaufmann), a rijetko se nalazi *Pithonella ovalis* (Kaufmann).

Ima kerogeniziranih foraminifera (Tab. II, sl. 3). Osim u prslinama i pukotinama bitumen se nalazi i u mikrostilolitima, te u dendritnim prevlakama.

Sadržaj slobodnog toluen-bitumena varira od 0,03—3,37% (\bar{x} = 1,10% od 6 uzoraka), dok je gubitak žarenjem približno ujednačen, tj. od 0,53—1,33% (\bar{x} = 0,91% od 6 uzoraka).

Oko 1 km sjeverozapadno od Bojića nalaze se pločasti i laminirani vapnenci — biomikriti (w i w-p), koji su dijelom kerogeni, te silicificirani (nodule rožnjaca). Sadrže globigerinide i spikule spongija, prema kojima nije bilo moguće odrediti kronostratigrafsku pripadnost. Ovi vapnenci proviruju u pojedinačnim izdancima iz crvenice. Inače, takve vapnence s organskom tvari, prema litološkim svojstvima šireg područja svrstao je Trutin (1986) u prominske naslage (?).

Labin Dalmatinski

Do sada opisane bituminozno-kerogene pojave registrirane su uglavnom u senonskim karbonatnim stijenama. Pojave organske tvari u paleogenim sedimentima su znatno manje proučavane, jer su uglavnom siromašnije sa bitumenom. Istraživanjem jedne takve pojave na Labišnici, lokalitet Dlake smo konstatirali, da sadržaj organske tvari u eocenskim vapnencima znatno varira kako horizontalno od 0,02—3,93% toluen bitumena (\bar{x} = 1,10% iz 4 uzoraka) i 1,32—2,48% gubitak žarenjem

na 550°C ($\bar{x} = 1,74\%$) u jednom sloju, tako i vertikalno unutar 2—3 m debele zone s vapnencima s organskom tvari.

Smeđe-crni bitumen je infiltriran u prslinama i pukotinama, dok se kerogen nalazi u stijenskoj masi izgrađenoj od slabije ili jače rekristaliziranih intraklastičnih biomikrita (w-p), odnosno intraklastičnog biopseudosparita (Šebečić, 1978). Vapnenci sadrže numulite, rotalije i anomaline, te mjestimično manje leće smeđih rožnjaka.

U podini bituminozno-kerogenog sloja nalaze se eocenski laporoviti vapnenci, tj. slabo limonitizirani, djelomično rekristalizirani, slabo zaglinjeni intrabiomikriti (w-p) s fragmentima koralinaceja [*Distichoplax biserialis* (Dietrich), *Archeolithothamnium sp.*, *Lithophyllum sp.*] i s fragmentima velikih foraminifera [*Miniacina multicamerata* (Schreiber), *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Discocyclina ? seunesi* Douville, *Nummulites sp.*, *Operculina sp.*, *Assilina sp.*], te s rijetkim planktonskim neodredivim foraminiferama iz skupina globorotalija i globigerina.

U krovini bituminozno-kerogene zone nalaze se ekvivalentni vapnenci kao i u samoj zoni samo bez obogaćenja s organskom tvari i s nešto nižim (35%) sadržajem alokema (w).

S obzirom na vrlo promjenjiv i nizak sadržaj organske tvari u pojavi i njenu nepristupačnost, ova pojava nije zanimljiva za detaljnija istraživanja.

Seget Donji

Na nekoliko mjesta u kamenolomu Segeta Donjeg kod Trogira registrirane su infiltracije bitumena u mikrostilolitima, prslinama i pukotinama eksploatiranih vapnenaca — intraklastičnih biomikrudita (Pp). Infiltracije bitumena slabijeg intenziteta registrirane su u dijelu kamenoloma gdje se eksploatiraju blokovi. Onečišćenje vapnenaca s bitumenom vidljivo je u zoni širine 0,5 m dužine > 10 m. Najizraženija je infiltracija bitumena u pukotinskom sistemu položaja 200/70—80.

Na sjevernom rubu kamenoloma gdje se eksploatira tehnički kamen, uočen je izdanak prirodnog asfalta širine 1,5—2 m, a visine > 4 m. Jaka infiltracija bitumena u raspucani i brečirani vapnenac (-intraklastični) biomikrit (p) registrirana je u pukotinskim sistemima 210/50—85, te 290—

Sl. 6. a) Kromatogram organske tvari oslobođene na 550°C iz gornjokrednog uzorka Balova

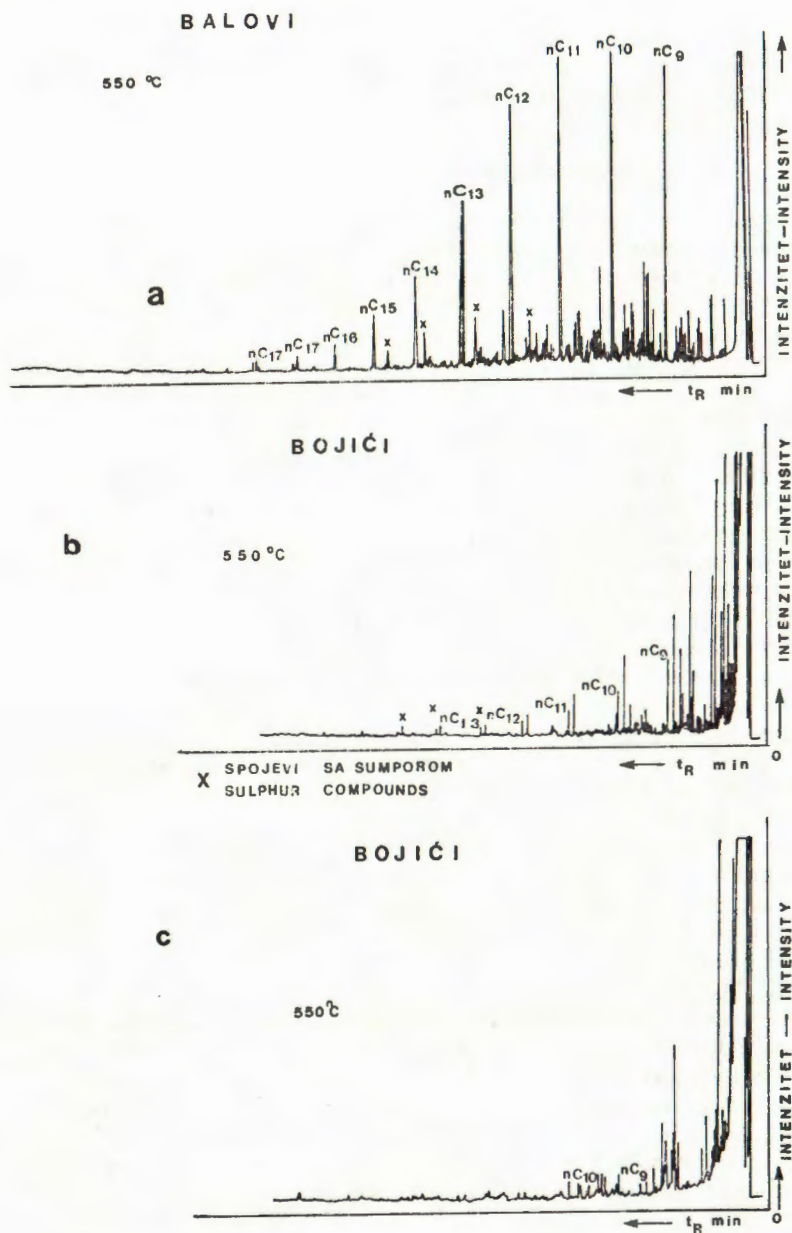
Fig. 6. a) Chromatogram of organic matter released at 550°C from Upper Cretaceous Balovi sample

b) Kromatogram organske tvari oslobođene na 550°C iz gornjokrednog uzorka Bojića

b) Chromatogram of organic matter released at 550°C from Upper Cretaceous Bojići sample

c) Kromatogram organske tvari oslobođene na 550°C iz »paleogenog« uzorka Bojića

c) Chromatogram of organic matter released at 550°C from »Palaeogene« Bojići sample



Sl. — Fig. 6.

300/75. Asfaltne breče su uočene duž pukotinskog sistema 200—210/80. Debljina zone s asfaltnim brečama iznosi 0,2—0,3 m pri vrhu izdanka.

U vapnencima gornjosenonske (kampan-mastrihtske) pripadnosti prevladavaju krinoidi, a registrirane su i krhotine velikih foraminifera rodu *Orbitoides* i *Lepidorbitoides*.

ORGANSKO-GEOKEMIJSKA ISTRAŽIVANJA

Iz Balova je ispitano 18 uzoraka i to 16 uzoraka iz najvećeg izdanka pojave duž geološkog profila od točke 7—16 (sl. 2 i 3). Sadržaj ukupne organske tvari (oslobodene na 550°C tokom 10 min) varira od 0,4—8,6%. Prema aritmetičkoj sredini ($\bar{x} = 1,26\%$) može se konstatirati, da je sadržaj nizak izuzev u dijelovima pojave gdje je viši, tj. 2,0 i 8,6%. U malim izdancima, koji se nalaze zapadno i sjeverozapadno od najvećeg istraživanog izdanka, smanjen je sadržaj ukupne organske tvari ($\bar{x} = 0,77\%$ od 2 uzorka).

Promatrajući karakter otpuštene organske tvari (sl. 6a), uočava se dominacija alifatskih ugljikovodika. Oni su prisutni u rasponu od C_9H_{20} pa do $C_{22}H_{46}$. Raspodjela ugljikovodika ukazuje na prisutnu biodegradaciju tokom koje je drastično smanjen udio n-alkana većih od $C_{14}H_{30}$. Biodegradacija je vjerojatni razlog što su često geokemijski supstrati Dinarida karakterizirani kao aromatski. Naime, produženje utjecaja biodegradacije dovelo bi do opadanja intenziteta i nižih n-alkana, a zatim i izoprenoida. Time bi se relativna zastupljenost aromatskih spojeva povećavala. Dobra zastupljenost nižih n-alkana kao i najveća vjerojatnost da su viši razgrađeni biodegradacijom, upućuje na zaključak da su ovi ugljikovodici u genetskoj vezi s vrlo kvalitetnim kerogenom. Spoznaja da su prisutni i organski spojevi sa sumporom govori, da su prekursori ovih ugljikovodika odloženi u marinskoj sredini i da su se najvjerojatnije konvertirali u kerogen tipa II.

Po tipu spojeva uočena je genetska sličnost između ugljikovodika Balova i Bojića, a ovih s ugljikovodicima Radošića (Šebečić et al., 1988). Sadržaj ukupne organske tvari u (bituminozno-)kerogenim vapnencima Kalpića varira od 0,6—0,9% ($\bar{x} = 0,74\%$ od 5 uzoraka), u bituminozno-kerogenim vapnencima Bojića od 0,4—3,6% ($\bar{x} = 0,98\%$ od 11 uzorka), dok u bituminoznim vapnencima Segeta Donjeg od 0,5—6,0% (3 uzorka). Posljednji sadržaj pripada asfaltnoj breči. U »paleogenim« kerogenim vapnencima Bojića je utvrđeno 0,8—1,9% ukupne organske tvari ($\bar{x} = 1,23\%$ od 3 uzorka).

Rezultati istraživanja upućuju na mogućnost sličnosti organske tvari iz gornjokrednih uzoraka Balova (bitumen) i Bojića (bitumen + kerogen). Na temelju sprovedenih istraživanja ne mogu se pouzdano usporediti ugljikovodici iz gornjokrednog (sl. 6b) i »paleogenog« (sl. 6c) uzorka Bojića, zbog vrlo uznapredovale biodegradacije u »paleogenom« uzorku. Stoga će se nastaviti s istraživanjem, tj. usporedbom biomarkera.

ZAKLJUČAK

Pojave prirodnih asfalta sjevernotroginskog područja su regionalno raspoređene uglavnom duž rasjeda, odnosno rasjedne zone, koja se pru-

ža gotovo sjever—jug od Vinišća do Drniša. Potrebno je istaknuti, da su u izdancima pojave registrirani i rasjedi pružanja sjeveroistok—jugozapad, a iznimno (sjevero—)zapad—(jugo—)istok, tako da gledajući raspored lokacija svih trogirskih pojava na dijelu »Pregledne geološke karte bituminozno-kerogenih pojava Dinarida«* može se uočiti, da je njihov neotektonski položaj V oblika (sl. 1). Raspored pružanja izdanaka u obliku slova V je već prije registriran i unutar jedne pojave u Vinišću, te sadašnjim istraživanjima u Bojićima.

Nalazište u Balovima je najveće u sjevernotrogirskom području. Prema stupnju bituminoznosti površina izdanaka Balova (12,37), koji je blizak stupnju bituminoznosti površina izdanaka Vinišća (14,57), procjenjuju se znatne geološke zalihe sirovina u Balovima. Sadržaji organske tvari su im također slični, zatim tip pojave, tip organske tvari i dr. S nekoliko istraženih bušotina spoznalo bi se dubinsko zalijeganje pojave, kvalitet sirovine, te drugi pokazatelji za rudarsko-geološku ocjenu pojave.

Sredina u kojoj su stvarani vapnenački talozi Balova bila je uglavnom plitkomorska (Shallow Subtidal — Back Reef). Na to osobito ukazuju pojave dismikritizacije, »birds eyes«-a i bioturbacije, a potvrđuju navedene asocijacije mikrofosila. Dublja, ali još uvijek subtidalna sredina registrirana je uglavnom u Kalpićima, gdje se u vapnencima nalaze nodule rožnaca.

Proučavani vapnenci bituminozno-kerogenih pojava su pretežno slojeviti, a samo su mjestimično laminirani ili masivni. Prema litostrukturnim odnosima može se zaključiti, da su izgrađeni od različitih tipova vapnenaca od mudstonea do grainstonea. Čestice su im intrabazenskog porijekla, a transportirane su podmorskim strujama. Uočene promjene u veličini, a dijelom i u sastavu čestica, odraz su promjena kako režima podmorskog strujanja, tako i erozije različitog ishodnog karbonatnog taloga. S obzirom na pomanjkanje terigenog materijala, može se zaključiti, da istraživani gornjokredni vapnenački talozi nisu bili pod utjecajem dotoka kopnenog materijala.

ZAHVALA

Zahvaljujemo INA-Naftaplina za korištenje dijela preglednih dokumentacijskih podataka, a M. Trutin u, dipl. inž. iz INA-Projekta na suradnji u prospekcijskim terenskim istraživanjima.

Primljeno: 16. 01. 1989.

LITERATURA

- Abraham, H. (1960): Nativ Asphalts with Mineral Matter, 153—219; Yugoslavia, 192—194, Asphalts and Allied Substances Vol. 1. Historical Review and Natural Raw Materials, p. 1—370, D van Nostrand Company, INC. Toronto, New York, London.
- Magaš, N. i Marinčić, S. (1973): Tumač za listove Split i Primošten, Osnovna geološka karta 1:100.000. Savezni geološki zavod Beograd, 1—47. Beograd.

* Karta je načinjena (Sebečić et al., 1988) na tektonskoj podlozi Dinarida (Hanich i Radaković, 1985).

- Marinčić, S., Magaš, N. i Borović, I. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ, list Split 1:100.000 (K 33-21). Savezni geološki zavod Beograd, Beograd.
- Radovčić, J., Tišljar, J. and Jelaska, V. (1983): Upper Cretaceous Fish-Bearing Platy Limestones in Central Dalmatia. Contributions to Sedimentology of Some Carbonate and Clastic Unit of the Coastal Dinarides. Excursion Guide-Book (Eds. Babić and Jelaska). 4th I.A.S. Regional Meeting Split, 1983, p. 79—85, Zagreb.
- Rubić, I. (1955): Ciovo, Pomorska enciklopedija br. 2, 368—370. Leksikografski zavod FNRJ, Zagreb.
- Šebečić, B. (1984): Bituminozne pojave Vinišća. *Geol. vjesnik*, 37, 175—196, Zagreb.
- Šebečić, B., Alajbeg, A., Vitezić, M. i Opić, I. (1988): Sedimentološke i organsko-geokemijske spoznaje o bituminozno-kerogenim pojavama Rađošća kod Splita. *Geološki vjesnik*, 41, 197—217, Zagreb.

Neobjavljeni radovi

- Bulić, J. (1986): Obrada izdanaka ugljikovodika — matičnih stijena na području vanjskih Dinarida i jadranskom području. Knjiga 1 — tekst. Fond stručne dokumentacije INA-Naftaplin, br. 11049/2, 1—98 + 7 tabli, Zagreb.
- Ercegovac, M. (1985): Mikropetrografsko ispitivanje kerogena i bitumena (Petrovac-Lučica, Petrovac na moru, Avtovac, Glamoč-Jasice, Glamoč-Busija, Imotski-Grabovac, Sekavica-Knin, Trogir-Bojići, Trogir-Prapatnica, Dugi otok-Veli Rat, Čičarija-Vodice, Brušane-Gospić, Bihać-Zavalje, Vodnjan i Trilji), Beograd. Iz »Bulić, J. (1986): Obrada izdanaka ugljikovodika — matičnih stijena na području vanjskih Dinarida i jadranskom području. Knjiga 2 — analize. Fond stručne dokumentacije INA-Naftaplin, br. 11049/2, str. 42—57, Zagreb«.
- Hanich, M. i Radaković, R. (1985): Tektonska istraživanja SZ dijela vanjskih Dinarida na temelju satelitskih podataka. Fond stručne dokumentacije INA-Naftaplin, br. 10751/2, str. 1—60, Zagreb.
- Mamužić, P., Petričec, V. i Grimani, I. (1957): Geološko kartiranje područja Trogir-Perković-Muč-Vinišće. Fond struč. dokumentacije INA-Naftaplin, br. 6998, 4 karte i 3 profila, 1—51, Zagreb.
- Šebečić, B., Čović-Horvat, S. i Bogdanović, M. (1988): Pregledna geološka karta bituminozno-kerogenih pojava Dinarida, M 1:200.000. Fond stručne dokumentacije INA-Razvoj i istraživanje, str. 1—75, Zagreb.
- Trutin, M. (1986): Naftnogeološka istraživanja paleogena na području vanjskih Dinarida. Fond struč. dok. INA-Naftaplin, br. 11045, knjiga 1-tekst, 1-37 i prilog 11-stratimetrijski profil Prapatnica-Bojići, Zagreb.
- Vitorović, D. (1985): Izvještaj o organsko-geohemijskom ispitivanju 31 uzoraka stena iz vanjskih Dinarida, Beograd. Iz »Bulić, J. (1986): Obrada izdanaka ugljikovodika — matičnih stijena na području vanjskih Dinarida i jadranskom području. Knjiga 2 — analize. Fond stručne dokumentacije INA-Naftaplin, br. 11049/2, str. 24—41, Zagreb«.

Bituminous-kerogenous occurrences of the northern Trogir area

B. Šebečić, M. Vitezić, and A. Alajbeg

In the northern area of Trogir (Fig. 1) Upper Cretaceous-Senonian bituminous-kerogenous occurrences have been explored in Primorski Dolac (Balovi, Preslo and Kalpići), in Prapatnica (Bojići) and Seget Donji (stone pit), as well as Palaeogene occurrences in Labin Dalmatinski (Dlake) and in Bojić? The goal of the exploration was to find out the size and the type of the occurrence, the bitumen content and the content of total organic matter, as well as to compare sedimentologic and organo-

-geochemical characteristics of limestones with the organic matter in the occurrences of the northern Trogir area and also in the broader area.

It is significant for almost all occurrences, that their shape was predestinated by the system of cracks. According to the varying bitumen content (0,85—6,30%), we can conclude that the infiltration grade was of different intensity. The content of total organic matter is also considerably varying (e.g. in Balovi from 0,4 to 8,6%). On the basis of the comparison of ingredients obtained from the pyrolysis product of organic matter from Radošić and Balovi it has been found out, that they are identical. This indicates that the Upper Cretaceous-Senonian organic matter is of the same origin and that it passed biodegradation. Now it has predominantly aromatic characteristics. The size of outcrop is also different, i.e. from 0,5 to 56 m. In some places the orientation of the outcrops is in the shape of V (Bojčić). The most significant occurrence is in Balovi. It is suggested that its mining and geological characteristics should be explored.

The environment in which limestone sediments of the occurrences have been created was a Shallow Subtidal and Subtidal with progressive-regressive and regressive-progressive movements in the area of sedimentation.

TABLA — PLATE I

1. Pločasti i laminirani (bituminozno-)kerogeni vapnenci u Kalpiću (Primorski Dolac)
Platy and laminated (bituminous-)kerogenous limestones at Kalpići (in Primorski Dolac)
2. Bituminozno-kerogeni vapnenci Balova (Primorski Dolac) sa starim istražnim radom
Bituminous-kerogenous limestones of Balovi in Primorski Dolac with old exploration work
3. Bituminozno-kerogeni vapnenci Bojića (Prapatnica)
Bituminous-kerogenous limestones of Bojići in Prapatnica

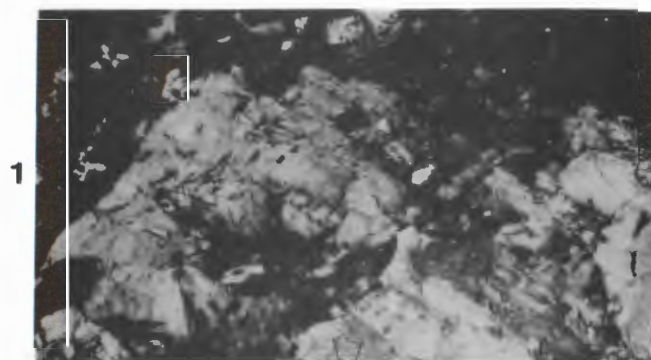
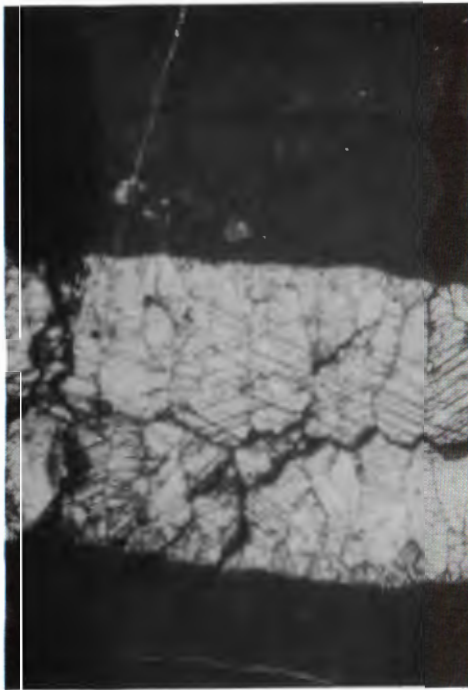
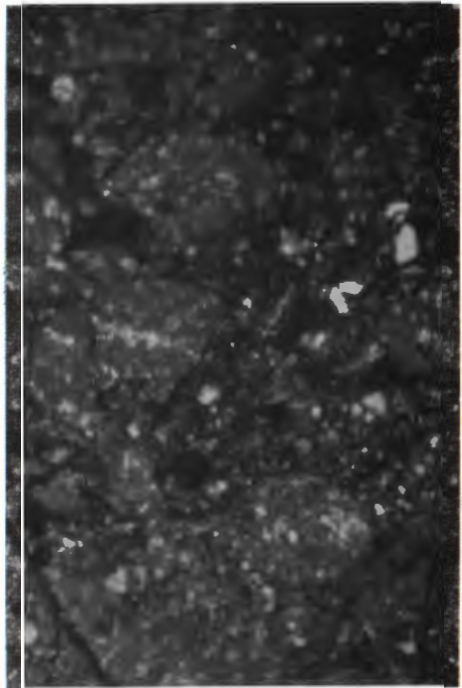


TABLA — PLATE II

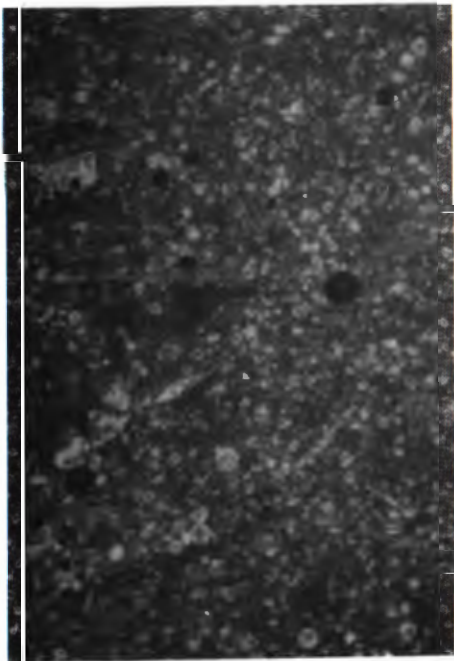
1. Kalcitizirani fosiliferi mikrit (M) infiltriran s bitumenom (crno). N, 33x. Balovi, uzorak 9.
Calciferous fossiliferous micrite (M) infiltrated with bitumen (black). N, 33x, Balovi, sample 9.
2. Brečirani oligosteginidni biomikrit (w) infiltriran s bitumenom. +N, 33x. Bojići, iz raskopa I.
Brecciated oligosteginids biomicrite (w) infiltrated with bitumen. +N, 33x. Bojići, from trench I.
3. Oligosteginidni biomikrit (p) s organskom (kerogenom) tvari u konturi mikrofosila, N, 33x. Bojići, iz iskopa.
Oligosteginids biomicrite (p) with organic matter in microfossil contour, N, 33x. Bojići, from excavated material.
4. Jedva zamjetljivo paralelno laminiranje u oligosteginidnom biomikritu (p) s »mrežastom« organskom tvari. N, 33x. Kalpići, uz. 8.
Hardly noticeable parallel lamination in oligosteginids biomicrite (p) with reticular organic matter. N 33x, Kalpići, sample 8.



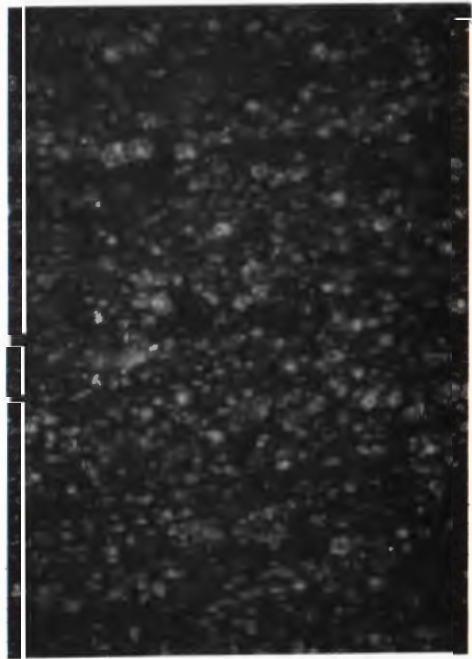
1



2



3



4