

Sedimentologija neogena Kolubarskog ugljenog basena

Ljubinka MASLAREVIĆ,¹ Vladimir KNEŽEVIĆ²

¹Geozavod, Beograd, Karađorđeva 48

²REIK »Kolubara«, Lazarevac

Pontski sedimenti Kolubarskog ugljenog basena stvarani su u dosta izolovanom, oslađenom zalivu sa različitim uslovima sedimentacije. Zaliv ispušnjavaju glinovito alevritski sedimenti, taloženi bliže centralnoj zoni basena ili u blizini ušća reka, peskoviti sedimenti stvarani u najplićim delovima basena ili u blizini barijere i, rjeđe, šljunkoviti sedimenti, nastali na obodu basena. Sedimentacija zaliva bila je prekidana močvarnom sedimentacijom, kada su stvarani dosta debeli slojevi uglja.

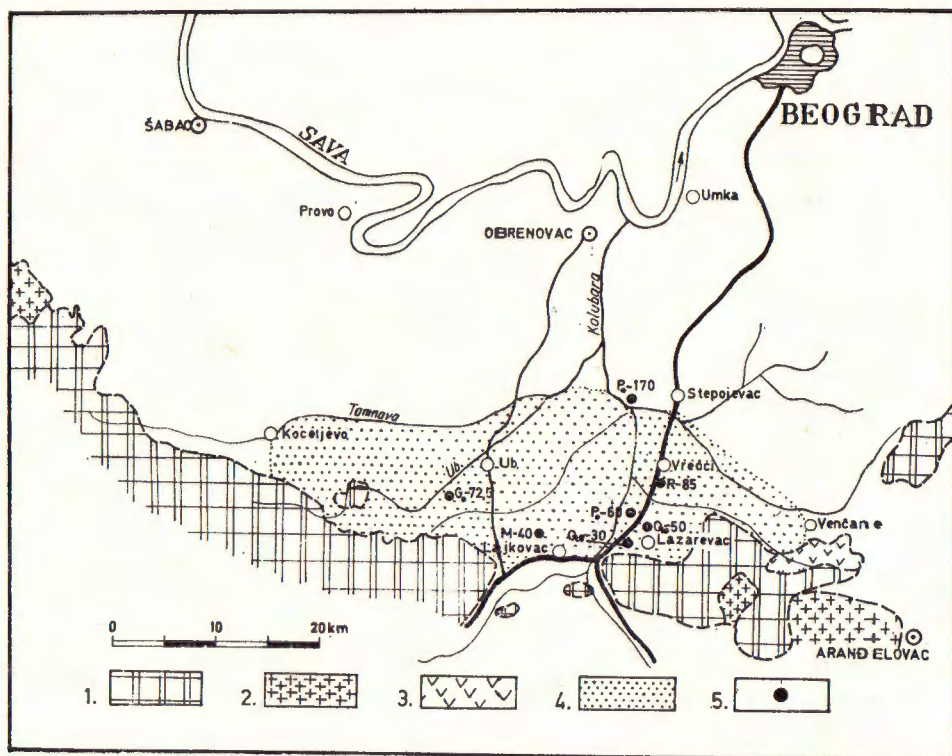
Kolubarski basen, ubraja se u red najbogatijih ležišta mrkog uglja u Jugoslaviji. Geološka istraživanja sa manjim prekidima izvode se više od četrdeset godina. Sedimentološka ispitivanja započeta su tek pre nekoliko godina. Zbog složenih uslova sedimentacije u basenu i siromaštva faunom, sedimentologija ima veoma značajnu ulogu u ispitivanju ovog basena, kako sa naučnog, tako i praktičnog aspekta. Ovo je prvi rad te vrste i njime je obuhvaćeno samo sedam istražnih bušotina izvedenih u rejonu Lazarevca (Qe—30), Šopića (Qo—50 i Po—60) i Vreoca (R—85) u istočnom, zatim u rejonu Lajkovca (M—40) i Tvrdojevca (Go 72,5) b zapadnom delu i u okolini M. Borka (Po—170) u severnom delu Kolubarskog basena (sl. 1).

U zapadnom delu basena pontski sedimenti razvijaju se postupno iz panonskih (M—40), a u istočnom delu leže delom preko panonskih tvorevina (Vl—2, Rlm—125, Rlm—115, Rgh—115, D—II, H—V), a delom transgresivno i diskordantno preko paleozojskih škriljaca i mezozojskih tvorevina (Qo—50, Po—60, M—60, K—60). Preko pontskih sedimenata nataložene su pleistocenske jezersko-terasne i holocenske aluvijalne tvorevine kao novi ciklus sedimentacije.

Stratigrafska raščlanjavanja, gde je to bilo moguće, vršile su V. Pantić, (palinologija) R. Džodžo (mikropaleontologija) i R. Popović (makropaleontologija). Termodiferencijalne i rendgenske analize radile su I. Blažević i A. Marković, a spektrohemijske analize B. Milanović. Granulometrijska klasifikacija po Folku (1968).

GORNJI PANON

Zapadno od Lajkovca (M—40) gornji panon je prvi put faunistički dokazan, a sedimentološkom korelacijom određena mu je granica sa pon-



Sl. 1. Pregledna geološka skica sa dispozicijom Kolubarskog ugljenog basena.

Legenda: 1. paleozojsko-mezozojski kompleks; 2. granit, granodiorit; 3. dacito-andeziti; 4. Kolubarski ugljeni basen; 5. istražna bušotina.

Fig. 1. Geological sketch Kolubara coal basin

Legend: Palaeozoic-mesozoic complex; 2. Granite, granodiorite; 3. Dacite-andesite; 4. Kolubara coal basin; 5. Exploratory boreholes.

tom. Panonski sedimenti su predstavljeni alevritima (u donjem delu šljunkovitim), koji navise prelaze u sitnozrne, ređe srednjezrne peskove sa horizontalnom i kosom slojevitošću i peščare sa faunom. Ovi sedimenti su uglavnom dosta dobro do srednje sortirani ($So = 1,55-2,21$). Sadrže do 0,41% $CaCO_3$. Peskovi su izgrađeni od kvarca (41—76%), feldspata (5—35%) i liskuna (4—19%), sa malo rožnaca, škriljaca i hlorita u lakoj frakciji. Po zastupljenosti teških minerala panonski sedimenti se jasno razlikuju od pontskih. Glavni minerali su ovde epidot (30—62%) i amfibol (1—38%). Ostali minerali, karakteristični za pont ovde su podređeni (ilmenit) ili izostaju (andaluzit). Panonski sedimenti su nastali u plitkovodnoj delimično oslađenoj marinskoj sredini i oni ovde predstavljaju stratigrafsku podinu ležišta uglja.

PONT (produktivni)

Pontski sedimenti su izgrađeni od glina, alevrita i peskova sa određenom pojavom šljunkova. U njima se nalaze ugljeni slojevi na granici između donjeg i gornjeg pontu (Stevanović, 1977), odnosno u g. pontu (Knežević, 1975). Debljina pontu varira od 80 m do preko 300 m i opada idući od centra basena (buš. R—85) ka jugu, odnosno obodu basena. Grubo se može podeliti na tri paketa: podinski, produktivni i povlatni.

Podinski paket

U ispitivanim bušotinama podinski paket debeo je od nekoliko metara (Šopić) do preko 80 m (Lazarevac). U južnom delu basena u oblasti Šopića i Lazarevca to je transgresivni paket i počinje bazalnim šljunkovima i kvarcnim peskom, koji naviše prelaze u smenu alevrita i glina sa ređim partijama šljunka, sive do žućkaste boje. U blizini paleozojsko-mezozojskog oboda (oblast Lazarevca, Šopića i Lajkovca) u donjem delu paketa uočava se ciklička sedimentacija. Moguće je izdvojiti nekoliko ciklusa, u intervalu šljunkoviti pesak-alevrit ili šljunkoviti pesak-glina. Finozrni sedimenti kojima se završava ciklus su fino laminarni. Šljunkovi sadrže kvarca, rožnaca i kvarcita, a bazalni šljunka i materijal iz podloge (škriļce). Debljina šljunka (do nekoliko metara) kao i debljina ciklusa (do 10 m) opada idući od baze prema vrhu paketa. U stvaranju ovih sedimentata sudelovali su alociklički mehanizmi, nastali usled eksternih promena kao što su kolebanja dna, klimatske varijacije i dr. (Selly, 1970). Usled jakog sedimentnog influksa praćenog relativnim izdizanjem nivoa mora, nastaje transgresivna sekvenca, gde veličina zrna opada od baze prema vrhu. Šljunkovi su dosta retki u zalivima i prema Kukul-u (1971) javljaju se u velikim zalivima, a kako je u njima granulometrijski sastav sedimentata zonan, ovi grubozrni sedimenti ukazuju na pomernje obalske linije. Uslovi sedimentacije u ovom zalivu dosta brzo se menjaju. Sedimenti su stvarani kako u priobalskom i najplićem delu basena pod dejstvom talasa, gde se zrna zaobljavaju i sortiraju (šljunkovi i dobro sortirani peskovi $So = 1,62-1,87$), tako i brzom sedimentacijom iz suspenzije, doneti rekama u zaliv i taloženi bez daljeg sortiranja (peskovi, alevriti, i gline $So = 2,37-5,47$). Usled velike brzine sedimentacije, zamućenosti voda i promene saliniteta ograničena je količina faune.

Posle ove priobalske i plitkovodne sedimentacije talože se finozrni sedimenti bliže centralnoj zoni zaliva. Ovde se smenjuju sitnozrni i vrlo sitnozrni peskovi i alevriti (peskovito-glinoviti) a u bližoj podini glinovito-peskoviti alevriti zatim peskovito-alevritske, alevritske i grubo disperzne gline sa organskim detritusom koji mogu da ukažu i na blizinu ušća reka. Sedimenti su sive, sivoplavičaste do sivozelenkaste boje sa smeđim partijama od getita i limonita i tamnijim partijama od mangana. Nalaze se u slojevima i bancima od 30—80 cm debljine. Neposrednu podinu ugljenog sloja u buš. Qe—30, Qo—50 i M—40 čine ugljevit gline, u Po—60 bazalni šljunak, a u Go—72,5 ugljeviti pesak. Peskovi su katkad koso slojeviti a gline i alevriti laminirani. Svetlije lamine su izgrađene od kaolinita i hidroliskuna, a tamnosive od kaolinita, organske materije i hidro-

liskuna. Laminacija karakteriše sezonska kolebanja, a kaolinitski sastav ukazuje na gubitak saliniteta ovog kaspibrakičnog basena u bližoj podini ugljenog sloja. Peskovi i alevriti ovih oblasti pripadaju tipu subarkoza, subgrauvaka i kvarcnih peskova. Sadrže često preko 80% zaobljenog kvarca, sa malo plagioklasa, mikroklina i muskovita (obično do 6, ređe do 20% lake frakcije).

Severnije, u oblasti Vreoca (R—85) podinu ugljonošnog paketa čine srednjezrni i sitnozrni peskovi, katkad sa kosom slojevitošću, gline i glinovito peskoviti alevriti. Peskovi su subarkoznog sastava sa preko 80% kvarca, i do 9% feldspata. Sadrže fragmente tufova (retko sa dijatomejama), vulkanita, kiselog i bazičnog vulkanskog stakla, sericitskih škripljaca i zeolite. U oblasti Tvrdojevaca (Go—72,5) u zapadnom delu Kolubarskog basena u podini su sivozelenkasti krupnozrni do srednjezrni peskovi gornjeg ponta sa *Congeria croatica* Br u s s. Ova vrsta karakteriše kolubarski tip faciје i tipičan je predstavnik kaspibrakične faune. Peskovi sadrže preko 80% kvarca do 18% feldspata, kao i rožnaca, i do 5% muskovita. Ovi čisti, dobro sortirani peskovi (So—oko 1,5) karakterišu zonu u kojoj se talasi razbijaju o morsko dno — barijeru ili su nastali u najplićim delovima zaliva pod dejstvom talasa. Među njima ima i priobalskih peskova, koji su finijeg zrna i lošije sortirani (So = 2,02—2,68) nastali iz suspenzije potoka.

Podinski sedimenti se karakterišu povremeno većom količinom siderita koji je bogat gvožđem, naročito u bližoj podini ugljonošnog paketa, prisustvom organske materije i ugljenisanih partija, pirita i siromaštvom oksida i hidroksida gvožđa. Prema K u k a l - u (1971) povećanje sadržaja gvožđa u karbonatima označava prelaz od marinskih uslova, ka sredini brakičnih mora i zaliva, pa čak i kontinentalnoj sredini, čime se objašnjava prisustvo siderita i kaolinita u bližoj podini produktivnog paketa. Od ostalih teških minerala u oblasti Šopića i Lazarevca zapaža se povećana količina leukoksena (do 44%) i ilmenita (do 43%). Podinski paket Šopića (Qo—50 i Po—60) bogat je stabilnim mineralima — turmalinom, rutilom i cirkonom (do 38%), što je karakteristično za bazalne sedimente. U oblasti Vreoca karakteristični su granat (do 33%) apatit (do 14%) i ilmenit (do 38%). Zapadni deo basena po zastupljenosti teških minerala razlikuje se od istočnog dela. Ilmenit gradi do 55% teške frakcije, leukoksen do 33%, andaluzit do 30%, a staurolit, disten i silimanit do nekoliko procenata.

Produktivni paket

Na ovom prostoru, koji je pripadao velikom Kolubarskom zalivu nekađšnjeg panonskog mora, ugljonošni paket stvaran je tokom donjeg pliocena, kada su pojedini delovi zaliva bili pretvoreni u močvaru gde su položeni debeli slojevi mrkog uglja — lignita. Močvarna sedimentacija ne odvija se svuda istim intenzitetom i povremeno biva prekidana plitkovodnom basenskom sedimentacijom.

Prema podacima istražnih bušotina produktivni paket je različite debljine. U istočnom i centralnom delu basena kreće se od 26 m (Qe—30) do 238 m (R—85), a u zapadnom delu od 6 m (M—40) do 53 m (Go—72,5). U

okviru produktivnog paketa razvijena su dva ugljena horizonta (Qe—30, Qo—50, Go—72,5), ređe jedan horizont (M—40), a u R—85 tri horizonta. Potrebno je istaći da je prvi put u bušotini R—85 u rejonu Vreoci pored glavnog sloja otkriven i treći, podinski sloj (odnosno horizont) uglja, čime je potvrđena naša pretpostavka o kontinualnom razviću ugljonosnog paketa, koji se iz istočnog dela (Baroševac) pruža prema zapadu, odnosno centralnom delu basena (Vreoci). Ugalj podinskog sloja genetski se razlikuje od uglja glavnog i povlatnog sloja kako u mikropetrološkom, tako i makropetrološkom pogledu (doplerit). Hipsometrijski ovaj sloj se nalazi u gotovo najdubljem delu asimetrične »rov sinklinale«, odnosno na koti —190 m (Knežević, 1977).

Sedimentacija ugljenih horizonata odvijala se isključivo u močvarama, povremeno sa kratkotrajnim prilivom glinovitog, ređe alevritskog i peskovitog materijala sa kopna, što je izazvalo njihovo raslojavanje. Debljina ugljenih slojeva kreće se od nekoliko desetina cm (Po—60) do 32,5 m (R—85). Između taloženja ugljenih horizonata dolazilo je do transgresije i snažnog pritanja klastičnog materijala sa kopna. Tako su se u plitkovodnom zalivu u zoni niske energije taložile sive i sivozelene gline i alevriti sa ređim sitnozrnim peskovima — Qe—30, Qo—50, Go—72,5 i R—85 (između podinskog i glavnog ugljenog sloja, gde se nalazi i proslojak siderita). Produktivni paket Po—60 stvaran je u delu zaliva gde su močvare bile kratkog veka, a uglavnom se odvijala plitkovodna klastična sedimentacija sa izraženom cikličnošću i sekvencama od grubozrnijih, često šljunkovitih, do fino-zrnih — glinovitih sedimentata. Ovde se uočava transgresivna i regresivna faza i završava se priobalskom močvarno terigenom sedimentacijom ugljevitih glina.

U Vreocima između glavnog i povlatnog ugljenog horizonta nalaze se dosta debeli sivi do sivozeleni, sivoplavičasti i sivosmeđi homogeni peskovi (sitnozrne do srednjezrne strukture) sa retkim alevritima. Sadrže kvarca (66—88%) i feldspata (3—13%) i muskovita (1—5%). Dobro su sortirani i nastali su u blizini sarmatsko-panonske barijere današnjeg pravca Vreoci—Volujak, koja je dala materijal za njihovo stvaranje.

Klastični sedimenti produktivnog paketa sadrže dosta organskog detritusa i komade ugljevitog materije, što ukazuje na stalno egzistovanje manjih močvara, verovatno na ušću reka, koje su povremeno nanosile biljni materijal zajedno sa detritičnim. Tako su nastale laminirane gline bogate organskom materijom u tamnijim laminama. Gline produktivnog paketa pripadaju hidroliskunima i hloritu sa dosta organske materije. U oblasti Vreoca nalazi se i montmorionit, nastao u manje oslađenoj sredini bliže otvorenom moru. Ovi fino-zrni sedimenti bogati neoksidisanom organskom materijom, a siromašni faunom nastali su laganom detritičnom sedimentacijom u uslovima siromašnim kiseonikom. U ovakvim uslovima vode zasićene kiseonikom ne cirkulišu u donje delove, ne izazivaju oksidaciju organskih materija i uz nizak sadržaj CaCO₃ (najčešće ispod 1%) stvaraju se nepovoljni uslovi za život organskog sveta.

Sedimenti produktivnog paketa najčešće su slabo sortirani (So—2,18—10,89), taloženi neposredno iz suspenzije. Ređi su dobro sortirani peskovi. Sedimenti su slojeviti ili homogena teksture. Siromašni su faunom, a palinološke analize (Pantić, 1977) ukazuju na pontsku starost.

Povlatni paket

Po završetku taloženja produktivnog paketa prekida se egzistencija močvara ponovnim formiranjem zaliva u kome se stvaraju često slabo sortirani peskovito-alevritsko-glinoviti, retko šljunkoviti sedimenti ($So = 2,17-5,71$). Usled erodovanja debljina povlatnog paketa je različita, od nekoliko metara ($Po-60$) do 58 m ($Go-72,5$).

Povlatni sedimenti se dosta razlikuju među sobom. U oblasti Šopića i Lazarevca predstavljeni su peskovima (sitnozrne, ređe srednjezrne strukture), alevritima (peskovito-glinovitim i glinovitim) i glinama (peskovitim i grubo-dispersnim). Direktnu povlatu čine grubo-dispersne gline i peskovi. Sedimenti su sive do sivoplavičaste, ređe žućkaste boje, homogene teksture do slojeviti. Sadrže konkrecije getita, limonita, mangana i nepravilne pege limonitske materije. Uočava se dosta pravilno smenjivanje peska alevrita i gline. Stvarani su u hidrodinamički mirnoj sredini, a konkrecije getita, mangana i limonita nastale su u oksidacionoj zoni zaliva. Povlatni paket u Vreocima ukazuje na klastičnu sedimentaciju izraženu sekvencama u intervalu šljunkoviti pesak — sitnozrni pesak, a pri vrhu šljunkoviti pesak — alevrit. Sedimenti su stvarani u zoni dejstva talasa i ispod dejstva talasa u oslađenoj sredini priticanjem slatkih voda sa kopna. Na ovo ukazuje često veća količina siderita i sastav glinovite frakcije ispod 0,002 mm (kaolinit, organska materija i hlorit). U oblasti Lajkovca u početku transgresivnog paketa uočavaju se slične sekvence (šljunkoviti pesak — alevrit, šljunkoviti pesak — glina) a naviše prelaze u finoizrniije sedimente — sitnozrne peskove, alevrite i gline sa konkrecijama getita, karbonata, mangana i nepravilnim limonitskim partijama. Nastali su u sličnim uslovima kao i sedimenti Vreoca, no u manje oslađenoj sredini sa slabijim priticanjem slatkih voda sa kopna. Prema podacima DT i Rō analiza glinovita frakcija odgovara montmorionitu, hidroliskunu i hloritu.

Na termogramima kaolinit daje endotermni efekat na 500—700 °C i egzotermni na 900—1000 °C; hidroliskun daje endotermne efekte na 100—300 °C i 500—600 °C; hlorit daje endotermni efekat, koji prelazi u egzotermni na 750—850 °C, a organska materija daje jak egzotermni efekat na 300—400 °C. Na rendgenogramu montmorionit daje karakterističnu liniju na 13,60 angstrema, hidroliskun na 10,40 Å, a hlorit na 7,40 Å i 13,60 Å.

Sedimenti Tvrdojevaca, polje Zvizdar dosta se razlikuju od ostalih sedimenata Kolubarskog basena. Ovde podinu i povlatu izgrađuju peskovi, a verovatno su nastali u jednom manjem, plitkom zalivu, koji je bio odvojen od velikog Kolubarskog zaliva što treba potvrditi daljim ispitivanjima. Direktnu povlatu produktivnog paketa čine sitnozrni peskovi, koji naviše prelaze u tanji horizont alverita i glina sa komadima ugljene materije. Glinovitu frakciju izgrađuje montmorionit i malo kaolinita sa organskom materijom. Ovi, loše sortirani sedimenti ($So = 2,17-3,76$) stvarani su u slabo alkalnoj sredini u zoni niže energije bez znatnijeg priticanja slatke vode sa kopna. Preko njih dolaze dosta debeli, sitnozrni, ređe srednjezrni peskovi. Dobro su sortirani ($So = 1,27-1,93$) i stvarani

su u blizini barijere. Paket se završava loše sortiranim ($So = 2,86-4,56$) priobalskim peskovima sa konkrecijama mangana. Ovi peskovi su homogene teksture, ređe su slojeviti.

Po mineralnom sastavu teške frakcije povlatni i produktivni paket razlikuju se od podinskog, dok su među sobom slični. U istočnom delu basena klastiti se karakterišu povećanim sadržajem ilmenita (do 59%), čest je andaluzit (do 35%), stalno su prisutni disten, staurolit i silimanit (do 5%). Siderit, koji je češći u produktivnom paketu, u povlati povremeno preovlađuje i to do 92%, dok se leukoksen povlači (do 18%). U produktivnom paketu Vreoca povremeno se povećava sadržaj epidota (do 33%), a u povlati turmalina, cirkona i rutila (do 30%). U zapadnom delu odnosi su drugačiji i ukazuju na drugo izvorno područje. Ilmenit gradi do 49% teških minerala, leukoksen do 24%, dok se metamorfni minerali — andaluzit (do 9%), disten, staurolit i silimanit povlače. Siderit je takođe nešto ređi mineral (do 79%). Sferule kriptokristalastog i mikroznastog siderita nastale su u prvom stadijumu kristalizacije, dok su pritkasti i radijalni agregati obrazovani rekristalizacijom siderita, primarno raspršenog u glinovitoj masi. Od lakih minerala preovlađuje kvarc (najčešće 50—93%), dok su feldspati, muskovit i rožnaci retki.

GORNJI PONT (neproduktivni)

U severnom, neproduktivnom delu Kolubarskog basena (M. Borak, Po—170) obrađeni su sedimenti, koji prema makro i mikro paleontološkim analizama pripadaju gornjem pontu, a po položaju u basenu čine prelaz ka sedimentima otvorenog mora. Gornji pont u ovom delu može se podeliti na dva paketa: paket alevrita (152,0—98,5 m) i paket sitnozrnog peska (98,5—19,0 m).

U starijem paketu alevrita smenjuju se glinovito-peskoviti alevriti i glinoviti alevriti obogaćeni makro i mikrofaunom. Slabo su sortirani ($So = 2,24-4,42$), ređa je bolja sortiranost ($So = 1,91-2,08$). Siromašni su mineralnim vrstama u teškoj frakciji. Najčešći teški mineral je kriptokristalast, gvožđem pigmentovan siderit (srednja vrednost 28%). Pored njega nalaze se hlorit (sr. vr. 13%), pirit (od 13—72%) i povremeno neprovidni mineral mangana. Sedimenti ovog paketa stvarani su u redukcionalnoj, delimično oslađenoj subtajdalnoj zoni zaliva iz suspenzije.

Paket sitnozrnog peska izgrađuju dobro sortirani homogeni peskovi ($So = 1,13-1,85$) bez faune i bez $CaCO_3$. Katkad su laminirani sa glinama. Peskovi su bogati teškim mineralima, među kojima preovlađuje epidot (sr. vr. 29%), zatim zelena hornblend (sr. vr. 23%), povremeno siderit (do 60%) i ilmenit (sr. vr. 10—30%). Ostali minerali su ređi. Peskovi se karakterišu visokim sadržajem zaobljenog do slabije zaobljenog kvarca (56—80%), feldspata (7—25%), rožnaca (do 16%), a siromašni su muskovitom (do 5%), retko do 8%). Ovi, dobro sortirani peskovi stvarani su na barijeri gde je veći procenat gline nošen u suspenziji prebačen preko ivice barijere.

Pontski sedimenti ne sadrže $CaCO_3$ ili u tragovima do 1%, što ukazuje na udaljenu vezu sa otvorenim morem i priliv slatke vode sa kopna. Me-

đutim, sedimenti Tvrdojevacca — polje Zvizdar i sedimenti stvarani bliže otvorenom moru (Vreoci, M. Borak) povremeno su laporoviti (do 13% CaCO_3), a sadrže laporovite i karbonatne konkrecije sa 26% CaCO_3 . Ovakva sredina nije povoljna za razvoj organskog sveta.

Pontski sedimenti sadrže različite elemente u tragovima. Sadržaj elemenata u ppm je sledeći: Mn (45—200), Pb (7—300), Zn (0—300), Cr (35—1000), Sn (0—10), Ni (10—350), Co (0—100), V (30—250), Cu (3—100), Mo (0—2), Ti (2.250—10000), Sr (250—300) i Ba (500). Neki od ovih elemenata su vezani za terigenu sedimentaciju, kao na pr. Cr, Sn (iz granitoida Bukulje). Ti, Pb, Zn i drugi. Danas su taloženi iz rastvora i koloida i oni su geohemijski indikatori plitkovodne morske facije, odnosno zaliva. Vezuju se za organsku materiju (V, Mo, Co, Pb, Cu i Zn) ili za glinovitu frakciju (Mn, Ni, Ba, Sr i drugi).

Poreklo sedimenata. — Na osnovu mineralnog sastava sedimenata, među kojima ima veoma interesantnih vrsta (bezbojni korund, safir, topaz, ortit, kasiterit, glaukofan, hloritoid i drugi) i fragmenata stena u šljunkovima, može se zaključiti da su ovi sedimenti nastali erozijom različitih stena: škrljaca (sericitsko-hloritskih i sericitsko-kvarcnih, koji se nalaze na južnom i jugoistočnom obodu Kolubarskog basena), kristalastih škrljaca (dosta visok sadržaj andaluzita, pojava distena, staurolita, silimanita, glaukofana, hloritoida i dr.), dijabaz rožnačke formacije (visok sadržaj ilmenita), granitoidnog masiva Bukulje (prisustvo mikroklina, ortita, kasiterita, topaza? i dr.). Bezbojni korund i safir doneti su iz kristalastih škrljaca — kontaktno metamorfnih produkata brajkovačkog granitoida. U stvaranju ovih sedimenata sudelovali su i vulkaniti (dacitandeziti i njihovi tufovi) sa područja Lazarevca i Venčana, zatim kiselo i bazično vulkansko staklo. Kiselo staklo verovatno potiče sa područja Venčana. Materijal je uglavnom transportovan sa juga i jugoistoka.

LITERATURA

- Folk, R. (1968): *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill's. Austin. Texas, str. 170.
- Knežević, V. (1975): Kolubarski basen. *Geologija Srbije*. VII. Kaustobioliti. Beograd, str. 149—161.
- Kukal, Z. (1971): *Geology of Recent Sediments*. *Czechoslovak Acad. sc.* prague, str. 490.
- Selley, R. (1970): *Ancient Sedimentary Environments*. Chapman & Hall. London, str. 224.
- Stevanović, P. (1977): Kenozoik. *Geologija Srbije*. Stratigrafija. Beograd, str. 243—259.

Sedimentology of the Neogene in the Kolubara Coal Basin

Lj. MASLAREVIĆ and V. KNEZEVIĆ

The Kolubara coal basin is one of the richest brown coal mines in Yugoslavia. Pontian sediments of this basin were formed in an almost isolated, brackish bay, under various sedimentation conditions. The bay was filled with clay-siltstone and sandy, faunally poor sediments, with a subordinate gravel occurrence. The bay sedimentation was interrupted by marsh sedimentation, when quite thick coal beds were formed. As a result, Pontian sediments could be divided into the floor, productive and roof groups of strata.

Floor group of strata developed gradually from the Upper Pannonian sediments or lay transgressively over crystalline schist and the Mesozoic. South in the basin, near to the older margin, cyclic sedimentation was noted of gravel-sand-siltstone, sometimes also clay, cycles which formed under the effect of allocyclic mechanism. Gravel occurred in large bays (Kukal, 1971) and suggested the movement of coast line. These sediments developed both in near-shore and the shallowest sea of the bay under the wave effect, and by fast sedimentation of stream load, which was deposited far in the bay and remained unsorted ($So = 2.37 - 5.47$). After this near-shore and shallow-water sedimentation, fine sediments were deposited nearer to the central bay zone. These were siltstone and fine-grained sand, and upper in the floor also clay with organic detritus, which might suggest the proximity of a delta. Fine-grained sediments were laminated, with the lighter laminae of kaolinite and hydromica, and the darker laminae rich also in organic matter. These sediments are devoid of fauna, rich in organic matter, formed by slow sedimentation in subtidal zone. Clastic sediments contain quartz by more than 80 percent, and some feldspat and muscovite. Northward, in Vreoci area, the floor consists of sand, clay and siltstone, while in Tvrdojevac area ($Go = 72.5$). The floor includes coarse to medium-grained sand. This pure, well sorted sand ($So = 1.46 - 1.76$) formed in the shallowest sea of the bay under the influence of waves or near the barrier. Finer, poorly sorted coastal sand was noted. The floor sediments were rich in pyrite and siderite with iron, which together with kaolinite marked the transition from marine conditions toward the middle of brackish bays, and even to continental environment.

Group of productive strata. After the regressive phase of the floor group of strata the sea retreated, and marsh sedimentation began, when thick coal beds were deposited. Three coal levels were developed at Vreoci, while only two or one level was developed in other areas. Coal beds varied in thickness from several tens of centimetres ($Po = 60$) to 14 metres ($Qo = 50$). While coal horizons were deposited only in marshes, occasionally accompanied by short inflow of clay material from the continent which resulted in exfoliation of coal horizon, transgression and clastic sedimentation occurred between the depositions of coal levels. The resulting products were clay and siltstone with occasional occurrence of fine-grained sand in the low-energy zone. In some sections of the basin, marshes existed a short time only ($Po = 60$), where clastic sedimentation was typically cyclic from coarse to fine-grained sediments. Thick well sorted, homogeneous sand, formed near a barrier, lay between the main and the overlying coal levels at Vreoci. Clay in the productive group of strata belonged to hydromica and chlorite with much organic matter. Sediments of the productive group generally were poorly sorted ($So = 1.62 - 10.89$), formed in various conditions: in zones of high to low energy where, prevented by a barrier, oxygen-saturated water did not circulate deep, thus affecting the organic life.

Roof group of strata. Upon the termination of the productive strata deposition, the marshes ceased to exist, the bay again was formed and it was filled with various, most frequently poorly sorted clastic sediments ($So = 2.17 - 5.71$). In the area of Sopići and Lazarevac, these were siltstone, clay with limonite, manganese and goethite concretions, formed in quiet, shallow environment and in oxidation lay zone. By marked cyclic deposition of coarse to fine-grained sediments the Vreoci roof was formed in near-shore belt and in subtidal zone in sweetened off water by inflow of water from the continent (abundance of siderite, organic mat-

ter and kaolinitic composition of the clay component). Similar sedimentation was noted in Lajkovac area, but with less brackish environment where clay of montmorillonite type was formed. Sediments at Tvrdojevac, which had both the floor and the roof predominantly composed of well sorted sand, were formed in a smaller and shallower bay.

North in the bay towards the open sea (Stepojevac area Po—170) first siltstone rich in fauna was formed in subtidal, brackish zone of the bay. Over them deposited well sorted, homogeneous, fine-grained sand which formed near the barrier.

Pontian sediments did not contain CaCO_3 or only in traces, less frequently up to 10 percent, which suggested a distant communication with the open sea and inflow of fresh water from the continent. But sediments which were formed near to open sea were sometimes slightly marly and contained carbonate concretions.

The living conditions in this bay were not suitable for a number of reasons: (1) salinity variation and low CaCO_3 in water; (2) inadequate oxygen supply in low energy zone where oxygen-rich water did not circulate deep under surface.

Pontian sediments contained various trace elements, some of which were associated with terrigenous sedimentation (Ti, Cr, Pb, Zn, Sn, etc.). Others precipitated from solutions and colloids, and were geochemical indicators of shallow marine facies, i. e. the bay. These were associated with organic matter and clay facies (Mn, Ni, Ba, Sr, V, Mo, Cu, etc.).

On the basis of mineral composition of the heavy and light fractions and rock fragments in gravel, it could be inferred that Pontian sediments were formed by erosion of various types of rocks: low metamorphic and crystalline schist (quite high andalusite, occurrences of disthene, staurolite, glaucophane and chloritoids), diabase-chert formation, granitoid massif of Bukulja (presence of microcline, orthite, cassiterite, topaz, etc.), crystalline schist — contact-metamorphic products of granitoid magma (occurrences of colourless corundum and sapphire), vulcanite (dacite-andesite) and its tuffs, acid and basic volcanic glass, etc. The material was transported from the south and southeast.

Tabla I — Litostratigrafski stubovi bušotina

Legenda: 1. peskoviti šljunak; 2. šljunkoviti pesak; 3. krupnozrni pesak; 4. srednjezrni pesak; 5. sitnozrni pesak; 6. vrlo sitnozrni pesak; 7. alevritski pesak; 8. glinovito alevritski pesak; 9. peskoviti alevrit; 10. glinovito peskoviti alevrit i glinoviti alevrit; 11. alevrit; 12. peskovita glina; 13. peskovito alevritska glina; 14. alevritska glina; 15. glina; 16. ugljevit glina; 17. ugalj; 18. siderit; 19. slabo vezani pešćar; 20. škrljajac; 21. komadi uglja i organska materija; 22. fauna; 23. konkreције limonita i getita; 24. konkreције mangana i koncentracije mangana; 25. karbonatne konkreције; 26. limonitski pigment; 27. laminacija; 28. gradacija; 29. kosa slojevitost; 30. kvartar; 31. podinski paket; 32. produktivni paket; 33. povlatni paket. Boje: 34. tamno siva; 35. siva, svjetlo siva; 36. sivo zelenkasta i sivo plava; 37. smeđa; 38. crvenkasta; 39. žuta.

Plate I — Lithostratigraphical columns of boreholes

Legend: 1. Sandy gravel; 2. Gravely sand; 3. Coarse grained sand; 4. Medium grained sand; 5. Fine grained sand; 6. Very fine grained sand; 7. Silty sand; 8. Clayey sand; 9. Sandy silt; 10. Clayey sandy silt, clayey silt; 11. Silt; 12. Sandy clay; 13. Sandy silty clay; 14. Silty clay; 15. Clay; 16. Coal clay; 17. Coal; 18. Siderite; 19. Slight cemented sandstone; 20. Schist; 21. Piece of coal, and organic matter; 22. Fauna; 23. Concretions of limonite and goethite; 24. Concretions of manganese; 25. Concretions of carbonate; 26. Limonite pigment; 27. Lamination; 28. Gradation; 29. Inclined bedding; 30. Quaternary; 31. Floor group of strata; 32. Group of productive strata; 33. Roof group of strata; Color: 34. Dark gray; 35. Gray, light gray; 36. Gray greenish, gray blue; 37. Brown; 38. Reddish; 39. Yellow.

