

Geol. vjesnik	29	125—149	6 sl. u tekstu, 1 tabla	Zagreb, 1976
---------------	----	---------	----------------------------	--------------

551.782(161.17/18.46)

VELIMIR KRANJEC, ZVONIMIR HERNITZ, TEA REŠČEC i JOSIPA VELIC

O SARMATSKIM I STARIJIM PANONSKIM NASLAGAMA U DRAVSKOJ POTOLINI

U cijelom prostoru Dravske potoline provedeno je dubinsko kartiranje s naglaskom na uvažavanju biostratigrafskih podataka i izdvajanju naslaga kronostratigrafskih jedinica. Pri tome su korišteni podaci i drugih metoda istraživanja i razrade s nekoliko stajališta. Među dobivenim rezultatima ističu se oni za starije panonske i sarmatske taložine u zapadnoj-sjeverozapadnoj polovici Dravske potoline. Tamo jako dominira razvoj pješčenjaka starijeg panona, a maksimalni iznosi debljina svih starijih panonskih i sarmatskih slojeva premašuju dosad proučene prilike na površini i u dubini drugih naših predjela.

UVOD I OSVRT NA DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Prema podacima dosadašnjih naftnogeoloških istraživanja, geofizičkih mjerenja i dubokih bušenja, Dravska se potolina nazire kao najveća i najdublja potolina Panonskog bazena, a njeni najveći i najdublji dijelovi nalaze se u sjevernoj Hrvatskoj. Već iz toga proizlazi da su u području bazena postojali različiti ili nešto drugačiji paleogeografski i sedimentacijski uvjeti prigodom stvaranja mlađih tercijarnih stijena. Dakle, i tektonizam, ali i konačni strukturno-tektonski odnosi u potolinama se razlikuju. U takvim prilikama, ako grubo promatramo sastav i slijed pojedinih naslaga, nalazimo i sličnosti, međutim u detaljima — pogotovo u najdubljim dijelovima — Dravska potolina za neke jedinice ne može imati uzora, uglednog ili jednakog stupa dotičnih sedimenata s drugim predjelima.

Osim brojnih relativno plićih bušotina, stručnjaci INA-Naftaplina iz Zagreba izradili su posljednjih godina u Dravskoj potolini i nekoliko desetaka vrlo dubokih bušotina (preko 2.000 m). U tim

prilikama dobiveni su novi ili dijelom novi podaci o sastavu i debljinama nekih stratigrafskih članova. Postoje i objavljeni radovi. No dosadašnji autori daju više detalja za mlađe panonske i pliocenske naslage.

Prvo ćemo spomenuti glavne navode prethodnih istraživača o panonskim i sarmatskim taložinama, koje su utvrđene prigodom bušenja u Dravskoj potolini. Kasnije se u tekstu registriraju još neka djela iz susjednih i daljih predjela s rezultatima istraživanja tih naslaga na površini.

Zapravo prvi publicirani podaci o prilikama u dubini potječu od Moosa (1944) i Ožegovića (1944). Autori su analizirali jezgre, odredili faunu i šire obradili rezultate o sedimentima mlađeg tercijara iz brojnih bušotina u sjevernoj Hrvatskoj. Navode nekoliko lokaliteta u Dravskoj potolini: Ludbreg, Bednja, Subotica, Ribnjak i Veliki Poganeć. Među ostalim, utvrdili su veliko siromaštvo ili nedostatak pješčenjaka u najnižem dijelu Abichi-naslaga i unutar tzv. »bijelih lapora«, ali pretpostavljaju njihovo postojanje, odnosno uključivanje, negdje u dubini. U mišljenjima se oni nešto razlikuju. Ožegović je bliži današnjim konstatacijama. U stvari, Moos taj mogući pješčani nivo naziva »provalencijenezijским slojevima« i stavlja ga u svojoj klasifikaciji između valencijenezijских slojeva i bijelih lapora. No Ožegović je primijetio učestalost pješčenjaka i unutar bijelih lapora, osobito idući prema murskom području. Stoga je za odnosne mješovite naslage i predložio naziv prevalencijenezijски slojevi (razlikuj od provalencijenezijских slojeva!) umjesto litološki ili facijalno jednostranog naziva »bijeli lapori«. Za sarmat Ožegović navodi da su bušenjem u svim tadašnjim prilikama ustanovljene male debljine, maksimalno do 40 m.

U novijim radovima geologa-naftaša prikazane su podjele mladih tercijarnih sedimenata s nekoliko stratigrafskih stajališta, no najčešće s litostratigrafskog. Time se u stanovitoj mjeri doskočilo nedostacima iz prethodnog razdoblja kad se vršila samo biostratigrafska i kronostratigrafska razrada i kad načinjene podjele na pojedine katove i potkatove nisu mnogo značile, jer su odnosne naslage u dubljim dijelovima potolina poprimale debljine od preko tisuću metara (npr. samo Abichi- ili donjopontske naslage dosežu u središnjim dijelovima Savske i Dravske potoline iznose debljina do 1.500 m). Osim toga, nalazi faune su prigodom bušenja rijetki, pa se moralo jače osloniti na druge izvore podataka, u prvom redu na dijagrame geofizičkih mjerenja. Tako se u člancima Boškov-Štajner (1962), Jagačić (1963), Pletikapić & dr. (1964), Boškov-Štajner & dr. (1966), te Boškov-Štajner & dr. (1969) preciznije razlikuju pojedine pliocenske naslage. Određenije se iskazuje i granica donjopontskih i panonskih naslaga (panon s. str.), koja prema pojavama makrofaune odgovara regionalnom elektro-karotaznom markeru Z'. Međutim, usporedbe različito imenovanih litostratigrafskih jedinica s panonom s. str. i miocenom su približne. No u posljednje vrijeme javljaju se radovi koji za razliku od prethodnih sadrže detaljnije litostratigrafske stupove. Simon (1973a, 1973b) i Simon & Batušić (1974) prikazuju više litostratigrafskih jedinica, formacija i članova, koji odgovaraju miocenu (nalaze se između EK-markera H i PT), ali također bez paralelizacije s pojedinim stepenicama miocena. Inače valja naglasiti da su inženjeri INA-Naftaplina dobro uočili neke razlike u sastavu i da su zato takvim — dijelom ili potpuno istovremenim — naslagama pridali različite nazive.

U nekoliko objavljenih radova nalazimo i pregledne dubinske karte za cijelo područje Dravske potoline ili njene veće dijelove: Pletikapić & dr.

(1964); Kranjec & dr. (1969); Kranjec & dr. (1970), te Kranjec & dr. (1971). Sarmatske i starije panonske naslage u tim djelima nisu zasebno prikazane, već su uključene u litostratigrafske jedinice šireg opsega u stratigrafskoj vertikali.

Ima još publikacija o prilikama u dubini Dravske potoline, no u njima se pretežno prikazuju strukturno-geomorfološki, strukturno-tektonski i geofizičko-tektonski odnosi te naftoplinonosnost, bez navođenja stratigrafskih pojedinosti ili bez izravnih opisa sarmatskih i starijih panonskih naslaga.

Treba spomenuti i neobjavljene izvještaje inženjera Službe istraživanja INA-Naftaplina iz Zagreba i njihovih vanjskih suradnika, s vrijednim lokalnim opažanjima i nalazima, među kojima su za nas bili značajni rezultati određivanja faune. U njima se zapažaju i problemi identifikacije kronostratigrafskih jedinica u dubokim prostorima, gdje se neke naslage jako razlikuju u odnosu na prilike na površini ili na one u relativno plitkim predjelima potoline.

Posebno ističemo i zapisnike bušotina s EK-dijagramima, koji su jedini kontinuirani profili probušenih naslaga i koji jedini omogućuju interpoliranje, korelaciju i dubinsko kartiranje raznovrsnih stratigrafskih podataka.

Mi smo nedavno obradili stratigrafske podatke i podatke elektrokarotaze, utvrdili pozicije granica u profilima bušotina i kartografski prikazali promjene debljina probušenih stijena starijeg panona i miocena (sarmata, gornjeg tortona, donjeg tortona i pretortona). Načinili smo i odgovarajuću studiju za INA-Naftaplin iz Zagreba: »Miocenske naslage Dravske depresije«. No dobivene rezultate smo i šire proučili, jer se već duže vrijeme bavimo stratigrafskim problemima mlađih tercijarnih naslaga u okviru znanstvene teme »Tercijarni kompleksi«, koju financira Savjet za naučni rad SR Hrvatske. Ovdje iznosimo naša saznanja u ograničenom opsegu. Naime ona se tiču samo taložina sarmata i starijeg panona.

Na ovom mjestu zahvaljujemo glavnom inženjeru Službe istraživanja INA-Naftaplina J. Vugrinecu, dipl. inž., za zanimanje, poticaj i za dozvolu objavljivanja postignutih rezultata.

IZVORI I KORISTENJE PODATAKA

Među paleontološkim podacima svakako su najbrojnije mikrofaunističke analize, dok je makrofauna rijetko nađena i determinirana u jezgrama probušenih naslaga. U pojedinim slučajevima čak se naglašavalo određene naslage: npr. prema makrofauni limneida, planorbisa, kongerija i dr. ukazivalo se na Croatica ili Banatica-naslage, dok se prema mikrofauni foraminifera i dr. isticalo u više primjera zone ili nivoe mlađeg i najvišeg tortona, zatim slojeve na prijelazu iz tortona u sarmat i slojeve donjeg sarmata.

Rezultati petrografskih ispitivanja bili su važni za ocjenu sastava ili za utvrđivanje tipova stijena u pojedinim probušenim intervalima. Gledajući samo nekoliko bušotina, ta su ispi-

tivanja, kao i prethodna, bila malobrojna, ali njih zapravo ima mnogo i određeno upućuju kad se u procesu korelacije posredstvom EK-dijagrama svi podaci skupe zajedno u zamišljeni sintetski stup odnosne jedinice. Tako smo prigodom korelacije uočili i pratili šire ili uže rasprostranjene litokomplekse: npr. laporovite vapnenice—vapnovite lapore starijeg panona, zatim lapore, pješčenjake i vapnenice sarmata, nadalje najmlađe i nešto starije tortonske komplekse litotamnijskih vapnenaca, te mlađe i starije tortonske konglomerate, pješčenjake i lapore. Također se mogla razabrati prisutnost mladih miocenskih vulkanskih i vulkanogeno-sedimentnih stijena, vrlo često do podno samog sarmata.

Sto se tiče rezultata geofizičkih mjerenja, upotrijebljeni su originalni EK-dijagrami. U njih smo unijeli sve paleontološke i petrografske nalaze, a također i repere ili granice elektrokarotažnih jedinica i jedinica litostratigrafske razrade. Korelacija se vršila na osnovi elektrofizikalnih osobina iskazanih uglavnom s dvije glavne krivulje (pojedinačno i s više krivulja na dijagramima novije izrade): otpora i spontanog potencijala. Kako je prvenstveni zadatak bio utvrđivanje i daljnja provedba granica kronostratigrafskih jedinica — idući od bušotine do bušotine i ovisno od paleontoloških i drugih nalaza — nastojalo se uočiti elektrokarotažne identitete graničnih slojeva i pozicije samih granica u karakterističnim kombinacijama tih nalaza s vrijednostima otpora i spontanog potencijala.

Bilo je jednostavnih primjera, kad se pojavljivala ista skupina slojeva s istim redom i približno istim iznosima probušenih intervala. Tada se korelacija slojeva mogla lako izvršiti prema njihovu uzajamnom položaju. Smetnju nisu činile ni male razlike, koje bi se pojavljivale na strani otpora ili potencijala, zbog različite saturacije (vodom, eventualno i ugljikovodicima) inače vjerojatno istih tipova stijena. Analogije su uglavnom jasno uočavane u takvim jednostavnim primjerima i tada kad je do promjena ocrta krivulja na dijagramima došlo zbog prekida mjerenja, odnosno nastavka s drugom skalom vrijednosti.

Složene i teže okolnosti konstatirane su u slučajevima različitih struktura, prvenstveno tektonski različitih, ali i u primjerima struktura ili pojedinih bušotina s facijalno različitim slijedom sedimentata. Takve razlike postoje i u izgledu ili ocrtu krivulja slijeda naslaga pliće i dublje smještenih struktura. No, kako ćemo vidjeti u nastavku, te su razlike u brojnim primjerima bile sadržane u zbijenim i razvučenim likovima krivulja istih naslaga. Lokalno su takvi likovi odgovarali blažim ili pak strmije položenim slojevima istih debljina, a pri usporedbama drugih slučajeva došlo se do zaključka da su inače odgovarajući ritmovi sedimentacije odraženi različitim debljinama. Međutim posebne pojave predstavljalo je

uključivanje pješčenjaka pretežno unutar vapnovitih lapora starijeg panona, koje se registriralo idući iz plićih u dublje dijelove potoline. O tim pojavama bit će više riječi u nastavku. Ponegdje su nedostajali ili su se opetovali intervali nekih naslaga zbog rasjeda: npr. u bušotinama kod Slanja i Jagnjedovca. Utvrđene su i stratigrafske praznine zbog tektonsko-erozijskih diskordancija: npr. na južnoj strani velikog naftnog polja Beničanci. Te i druge pojedinosti označili smo na svim dijagramima bušotina u fazi identifikacije jedinica i njihovih granica u našem izvornom radu. Neki takvi detalji mogu se zapaziti i na dijagramima u ovom članku.

O GRANICAMA I SASTAVU SARMATSKIH I STARIJIH PANONSKIH NASLAGA

Već smo u naslovu nagovijestili da naziv stariji ili niži, a ne donji, panon smatramo pogodnijim, zbog delikatnosti razgraničenja. Ta se nedoumica često javlja, kako u slučajevima kontinuiteta naslaga, tako i u slučajevima kada mlađi panonski slojevi leže na starijim s transgresivnim tendencijama. To je poznato iz literature, bilo da se radi o teškoćama pri lučenju unutar razvoja tzv. »bijelih lapora« ili razvoja po tipu donjih kongerijskih slojeva, ili unutar prevalencijenezijskih naslaga, odnosno odvajanja Croatica- i Banatica-naslaga (Moos, 1944; Jenko, 1944; Ožegović, 1944; Stevanović, 1951, 1953, 1957).

Na površini i u dubini mogu se naći potpuno jednake prilike: od slučaja da je dotični slijed sastavljen gotovo od samih vapnovitih lapora i lapora (sa sukcesivnim opadanjem CaCO_3 komponente prema gore, tj. idući iz Croatica- u Banatica-naslage), zatim preko nekih prelaznih primjera da u nižem dijelu relativno čvršćih vapnovitih lapora—laporovitih vapnenaca ima nešto pješčenjaka koje ne možemo sasvim oštro lučiti od sličnih pješčenjaka i bjelkastih do svijetlosivih lapora što se redaju naviše, pa sve do krajnjeg slučaja kad u slijedu izmjene klastita jako dominiraju pješčenjaci.

Dakle, i kontinuitet lapora, i rijetko i češće umetanje pješčenjaka, i transgresivne tendencije sredinom panona s. str., mogu izazvati neke nedoumice prigodom razgraničenja. Ali evo jedne napomene. Pošto smo upotrijebili izraz »transgresivne tendencije«, a kasnije pišemo o »regresivnom redanju«, dat ćemo nužno objašnjenje: u ovom primjeru, kao i kod nekih drugih jedinica neogena, ne mislimo na opću ili posvemašnju transgresiju ili opću regresiju izravno povezanu s odgovarajućom orogenetskom fazom; pokreti o kojima je riječ nisu prouzročili prekrivanje velikih kopnenih površina ili nisu izazvali potpuno povlačenje voda ondašnjeg jezera. Ponegdje na površini geolozi iz tih razloga, kao i zbog lateralnih odnosa raz-

voja »bijelih lapora« i razvoja više po tipu donjih kongerijskih slojeva, nisu podijelili panon s. str. na listovima osnovne geološke karte: u širem području Papuka, Krndije i Kalnika, zatim u konjščinskoj i ivanečko-ladanjskoj kotlini, te u još nekim plićim zaljevnim kotlinama u srednjoj Hrvatskoj (na jugozapadnim rubovima Panonskog bazena). Osim toga, u primjerima stvarno ili prividno kontinuiranog slijeda uočilo se postupnu promjenu faune ili zajedničko dolaženje karakterističnih vrsta fosila, a za diferenciranje nisu pogodni ni slučajevi dolaženja tzv. »Melanopsis-naslaga« s relativno mlađom panonskom faunom i pretaloženom starijom makro- i mikrofaunom sarmata, i čak tortona: radi se o grubljim klastitima, ruševnim konglomeratima i pješčenjacima unutar vapnovitih lapora mlađeg dijela donjeg panona i graničnih slojeva prema Banatica-naslagama (Papp, 1954; Kranjec & dr., 1960; Kranjec & dr., 1973).

Dodajmo sada ovim općim, pretežno površinskim stratigrafskim zapažanjima, neka saznanja iz proučavanja dubinskih odnosa.

Prvenstveno tu je konstatacija iz Savske potoline, da se, nakon analiza pojavljivanja faune, za gornju granicu panona odnosno gornju granicu Banatica-naslaga, skoro u svim proučenim bušotinama moglo prihvatiti pojavu EK-markera ili repera Z' (zaključak Glumičić-Holland u stručnom radu iz 1963. god., koji navodimo posredstvom objavljene rasprave Pletikapića, 1969, str. 17). To isto vrijedi za Dravsku potolinu, kako zapažamo iz stratigrafskih tabela u djelima Boškov-Štajner, 1962, Boškov-Štajner & dr. 1966, Boškov-Štajner & dr. 1969, Boškov-Štajner & Marinović, 1971. Naime dotični se marker, osim u nekoliko primjera probušenih naslaga, i tamo jasno iskazuje (Šimon, 1973a, 1973b). Dakle, bio je to jedan izvanredni, istovremeni i regionalno odraženi ritam taloženja. Naslage ispod njega — lapori i pjeskoviti lapori s ulošcima pješčenjaka, tj. Zagreb-član ili drugi ekvivalentni slijed slojeva — sadrže karakteristične oblike: od mikrofaune Ostracoda B i D forme po Fahrionu i druge vrste, a od makrofaune *Congerina banatica* R. Hörnes, *Planorbis tenuistriatus* Gorj.-Kramb., *Limnaeus* sp., *Velutinopsis velutina* Deshayes i dr. — prema odredbama Boškov-Štajner, Reščec i dr. U daljnjim nižim slojevima, čvrstim uslojenim svijetlosivim laporima, tj. Lipovec-laporu, oni se već manje nalaze; pogotovo u njegovu donjem dijelu, prema EK-markeru Rs5, kad nastupaju bijeli, još kompaktniji, vapnoviti lapori—laporoviti vapnenci. U ove druge lapore—vapnence projicira se tek slabo očuvana mioplIOCenska fauna ostrakoda i sitni limnokardiidi, a najniže zapažamo nekoliko nalaza vrsta *Planorbis dubius* Gorj.-Kramb., *Radix croatica* Gorj.-Kramb. i dr., koje su registrirane sasvim uz EK-marker Rs5.

Prema izloženom, donju granicu Banatica-naslaga nije se u Savskoj i Dravskoj potolini moglo sasvim precizirati ili u svim bušotinama jednako odrediti. Pri tome su za nas zanimljiva opažanja, da je u Savskoj i Dravskoj potolini ta granica samo u par bušotina koincidirala s reperom Rs5.

Već se na osnovi dosadašnjeg razmatranja dade naslutiti da će granica između mlađeg i starijeg panona biti iznad EK-markera Rs5. Razmotrimo to sada šire stratigrafski. Naime, da vidimo kakvi su sedimentacijski odnosi starijeg panona sa sarmatom, kao i sarmata s najmlađim tortonom. I zatim, kako su sve te naslage, kao cjelina, odražene na većini EK-dijagrama bušotina Dravske potoline.

Pri kraju tortona došlo je do promjena u paleogeografskim prilikama, pogotovo batimetrijskim odnosima i salinitetu morske sredine. U našem dijelu Panonskog bazena većina geologa-stratigrafa ispravno govori o regresivnim tendencijama, eventualnom lokalnom prekidu sedimentacije i lokalnim diskordancijama donjosarmatskih ili volinskih naslaga, ali i o kontinuitetu s tortonom (Soklič, 1955; Stevanović, 1960; Stevanović & Eremija, 1960; Eremija, 1969, 1970; L. Šikić, 1967, 1968; Kranjec, 1969, 1974). Dakle, u ovom stratigrafskom osvrtu ukazuje se na neke odnose panonskih, sarmatskih i gornjotortonskih naslaga u drugim bližim i daljim predjelima. Među ostalim, smatrali smo uputnim usporedbu s prilikama u sjevernoj Bosni, posebno u Tuzlanskoj potolini, osobito zbog razvoja odgovarajućih sedimentata, debljina sarmata, sastava donjeg panona i dr. Tako je poznata volinska fauna nešto kao zapravo osiromašeni nastavak tortonske faune: npr. u najmlađim litavcima nalaze se vrste rodova *Pecten*, *Conus* i dr. zajedno sa sarmatskim — *Cerithium*, *Pirenella* i drugim («ceritijski litavac»). Lokalno i mikropaleontološka istraživanja ukazuju na prisutnost prelaznih naslaga ili pak najdonjih sarmatskih slojeva, i to kad se radi o drugim tipovima graničnih naslaga (npr. laporima i pješčenjacima). Takva zapažanja poznata su na površini i u dubini. U mikrofosilnim zajednicama tada nalazimo, uz brojne donjosarmatske oblike foraminifera — osobito elfidijuma, i značajne tortonske vrste bolivina, uvigerina, cibicidesa i dr. Ponegdje nedostaje donji sarmat, te stariji panonski i mlađi slojevi leže na tortonu. Takve odnose nalazimo također u više predjela, pa i u prostoru Dravske potoline: npr. na južnoj strani strukture Beničanci. Nadalje, poznati su slučajevi, gdje se redukcija odnosi više na debljinu nego na raznolikost ili facijese sarmatskih naslaga (Kranjec & dr. 1973). Često su na površini u svega nekoliko metara zastupani pješčenjaci sa ceritijima i lapori s ervilijama, tripoli lapori, svjetlije i tamnije sivo obojeni bituminozni trakasti lapori, pjeskoviti i vapnoviti lapori s biljnim ostacima i

lapori s ostacima riba. Ekvivalentne naslage na drugim mjestima na površini imaju debljine od više desetaka metara. Možda se može lokalno dokazati nedostatak nekog horizonta ili dijela horizonta, ali ostaje dojam da se u tim prilikama radi na jednoj strani o zatomljenom, kondenziranom ili rudimentarnom, a na drugoj strani o jače razvijenom slijedu, te da su oba cjelovita, ili skoro cjelovita, ili s relativnim kontinuitetom! Takve primjere zbijenih i razvučenih intervala naslaga motrimo na EK-dijagramima ne samo uzrokovane promjenama kuta nagiba dotičnih slojeva, već i zbog promjena pravih debljina.

Svratimo sada pozornost na odnos starijeg panona sa sarmatom.

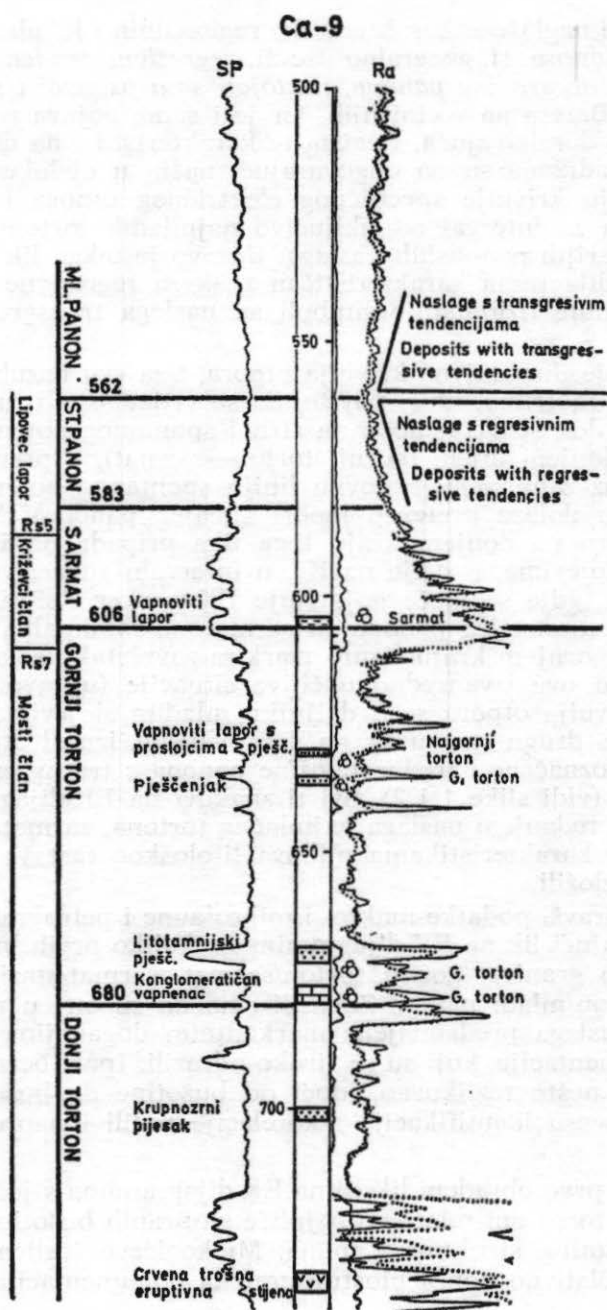
Iz literature su nam poznata tretiranja o daljnjoj regresiji u sarmatu (s oscilacijama) i zatim naglom oslađenju, kao znaku nastupa panona, nadalje o odnosima »bijelih lapora« i sarmatskih ervilijskih vapnovitih lapora ili drugih njihovih slojeva (bez vidljive diskordancije), a također i o tome da nema prelaznih faunističkih elemenata ili zajedničkih dolaženja karakterističnih sarmatskih i panonskih vrsta u jednom te istom sloju (prirodno, drugačiji su nalazi sarmatske faune u pješčenjacima unutar »bijelih lapora«, dakle ne u samim laporima, pa ta fauna može biti resedimentirana). Inače u panonu se zapaža daljnja regresija i oslađivanje. Rijeke su pridonijele tom oslađivanju, a donosile su i znatne količine pijeska. Ako rezimiramo prilike na površini i slične okolnosti u dubini (prema profilima probušenih naslaga), moramo zaključiti slijedeće: u stagnantnim, ponešto zatvorenim ili relativno mirnijim ambijentima jezera taložili su se laporoviti vapnenci—vapnoviti lapori, a u drugim, više otvorenim ili gibljivim dijelovima te na ušćima tekućica, odlagani su u većoj mjeri pijesci. Pri tome rubovi jezera — Dravske potoline — nisu bili jednostavno i postupno izdizani ili spuštani, tj. nisu bili monolitni, već razvedeni i diferencijalno kretani blokovi. Osobito su zanimljive pojave takvih sinsedimentacijskih gibanja i snašanja pijesaka u labilne i opetovano produbljavane dijelove više u nutrini potoline, koji se doimlju poput tzv. »lonaca spuštanja«. Na njih ukazuje ciklička sedimentacija pijesaka i sasvim podređeno lapora u intervalu Koprivničkih pješčenjaka. Prema našem mišljenju, različita protkanost ili izmjenjena pijesaka—pješčenjaka s laporima, u probušenim naslagama više na zapadu Dravske potoline, zaista nas upućuje na to da je jedan dio materijala donашan i raspoređivan tekućom vodom po rubovima potoline, a također i snašan u njene dublje predjele prigodom oscilacija i ritmova, no dio materijala je bio spiran i snašan vodom koja se povlačila nakon opetovanih »poplava« kopnenih površina izgrađenih od kristalinskih i drugih stijena odnosno njihove trošine. Dakle, odgovarajuća gibanja su uvjetovala te cikluse.

Naprijed naglašene karakteristike regionalnih i lokalnih sedimentacijskih odnosa, tj. generalno uzevši, *regresivne tendencije od kraja tortona do sredine panona, nastojali smo pronaći i na EK-dijagramima*. Barem na većini njih, jer je i sama pojava regresivnosti regionalno dominirajuća. I zaista te karakteristike na dijagramima postoje. Sadržane su na odgovarajući način u cjelokupnom liku, kojega daju krivulje specifičnog električnog otpora i spontanog potencijala za interval od uključivo najmlađih tortonskih do zaključno starijih panonskih naslaga. Upravo je takav lik u interpretaciji EK-dijagrama karakterističan znak za regresivne taložine, a likovi obrnute fizionomije simboli su naslaga transgresivnih tendencija.

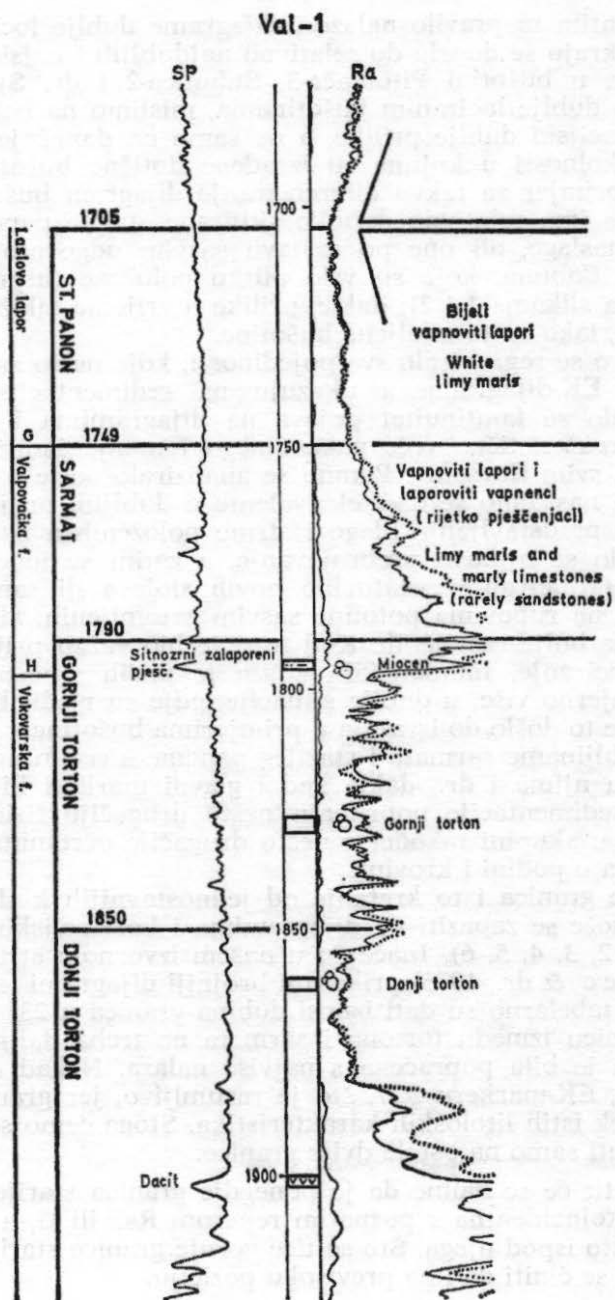
Osobito je ilustrativna krivulja otpora. Uza svu nazubljenost, na njoj jasno motrimo, idući naviše, da se vrijednosti u om-metrima smanjuju, dok su vrijednosti na strani spontanog potencijala varirajuće u donjem dijelu (gornji torton—sarmat), a prema gore su pretežno uz zamišljenu osnovnu liniju spontanog potencijala (naročito, ako dolaze pretežno lapori starijeg panona). Maksimalni iznos otpora na donjem kraju toga lika pripada najmlađim tortonskim slojevima, a dalje naviše, u intervalu sukcesivnog opadanja otpora, gdje se inače pojavljuje EK-marker Rs5, imamo granične slojeve starijeg panona sa sarmatom. Minimalna vrijednost otpora na gornjem kraju figure markira završetak naslaga starijeg panona: od ove izvanredno uočljive situacije (upravo prijevojne točke), krivulja otpora se u daljnjim mlađim slojevima postupno otklanja na drugu stranu, tj. na desno; dakle, iznosi otpora rastu, a time su označene naredne taložine panona s transgresivnim tendencijama (vidi slike 1 i 2). Svi ti znakovi na EK-dijagramima su u skladu s redanjem naslaga najmlađeg tortona, sarmata i starijeg panona, te karakteristikama njihova litološkog sastava, koje smo naprijed izložili.

Interpoliravši podatke makro- i mikrofaune i petrografske nalaze u odgovarajući lik na EK-dijagramima nekoliko prvih bušotina postavili smo granice: gornji torton/sarmat, sarmat/stariji panon i stariji panon/mlađi panon. Zapazili smo da su one u normalnom redanju naslaga predstavljene markantnim događajima ili ritmovima sedimentacije, koji su se široko odrazili. Ipak, ocrtni popratni slojeva se nešto razlikovao, idući od bušotine do bušotine. Zato smo u procesu identifikacije i korelacije radili i napredovali postupno.

Kako su prvo obrađeni likovi na EK-dijagramima s jednostavnim ocrtima, a to su oni relativno najpliće situiranih bušotina (npr. nekoliko bušotina strukture Cabuna, Miokovićevo i slične, za koje postoji i relativno dobra biostratigrafska dokumentacija), pomoću



Sl. (Text-fig.) 1 Elektrokarotažni dijagram bušotine Cabuna-9 s mikropaleontološkim nalazima, granicama probušenih naslaga i drugim podacima. — Electric log of the well Cabuna-9 with micropalaeontological finds, boundaries of drilled deposits and others data



Sl. (Text-fig.) 2 EK-dijagram bušotine Valpovo-1 s mikropaleontološkim nalazima, granicama probušenih naslaga i drugim podacima. — Electric log of the well Valpovo-1 with micropalaeontological finds, boundaries of drilled deposits and others data

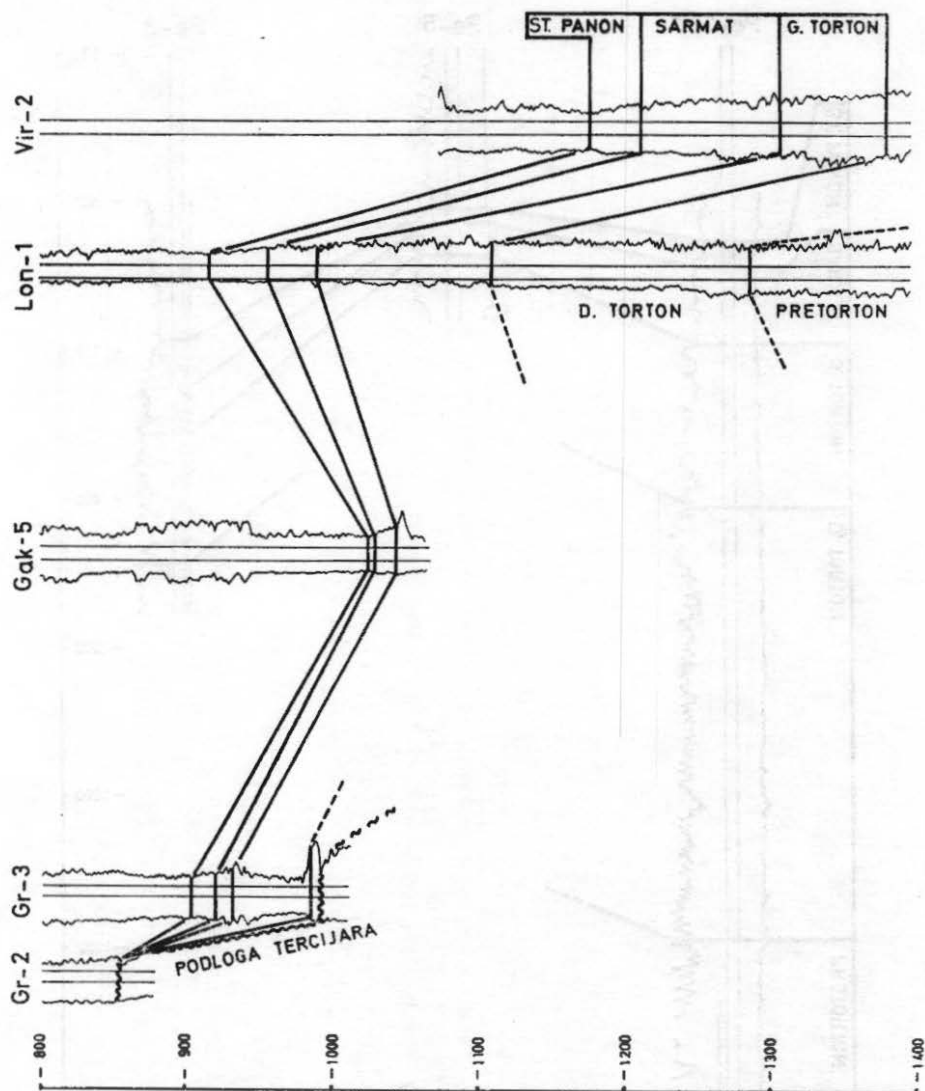
njih se zatim raspravilo nalaze i dijagrame dublje lociranih bušotina. Na kraju se doprlo do relativno najdubljih i najsloženijih prilika: npr. u bušotini Pitomača-3, Subotica-2 i dr. Svakako, kad pišemo o dublje lociranim bušotinama, mislimo na batimetrijski i sedimentacijski dublje prilike, a ne samo na današnje strukturno dublje okolnosti u kojima su izrađene dotične bušotine. Ilustrativni je primjer za takvo diferenciranje dijagram bušotine Valpovo-1, koja ima relativno duboko situirane starije panonske i sarmatske naslage, ali one po sastavu sasvim odgovaraju onim na strukturi Cabuna, koje su vrlo plitko položene (usporedi iznose dubina na slikama 1 i 2); dakle, prilike u vrijeme taloženja bile su identične, iako su to udaljene bušotine.

Brižljivo se registriralo sve pojedinosti, koje nešto znače u interpretaciji EK-dijagrama, a ukazuju na sedimentacijske odnose. Promatralo se kontinuitet pojava na dijagramima i bilježilo ne samo karakteristične veće pakete nego i manje individualne »pikove«, sa svim finesama. Pomno se analiziralo ocrte u plićim situacijama i nastojalo se naći ekvivalente u dubljim prilikama. Zbog različitog predstavljanja blago i strmo položenih a istovrsnih slojeva vršilo se njihovo prebrojavanje, a zatim se idući u dubinu motrilo uključivanje eventualno novih slojeva ili samo prividno novih, tj. na rubovima potoline sasvim zatomljenih, ali u dubljim dijelovima bolje razvijenih. Kod toga je bio važan prijenos, odnosno projiciranje, faunističkih nalaza iz plićih situacija, gdje ih ima razmjerno više, u dublje situacije, gdje su rjeđi ili nedostaju. Osobito je to došlo do izražaja u primjerima bušotina s probušenim većim debljinama sarmata i starijeg panona, s većim udjelom pješčenjaka u njima i dr., dakle kad i glavni markeri ili reperi kao ritmovi sedimentacije poprimaju nešto drugačiju fizionomiju, ili se nalaze u skupini također s nešto drugačije ocrtanim popratnim ritmovima u podini i krovini.

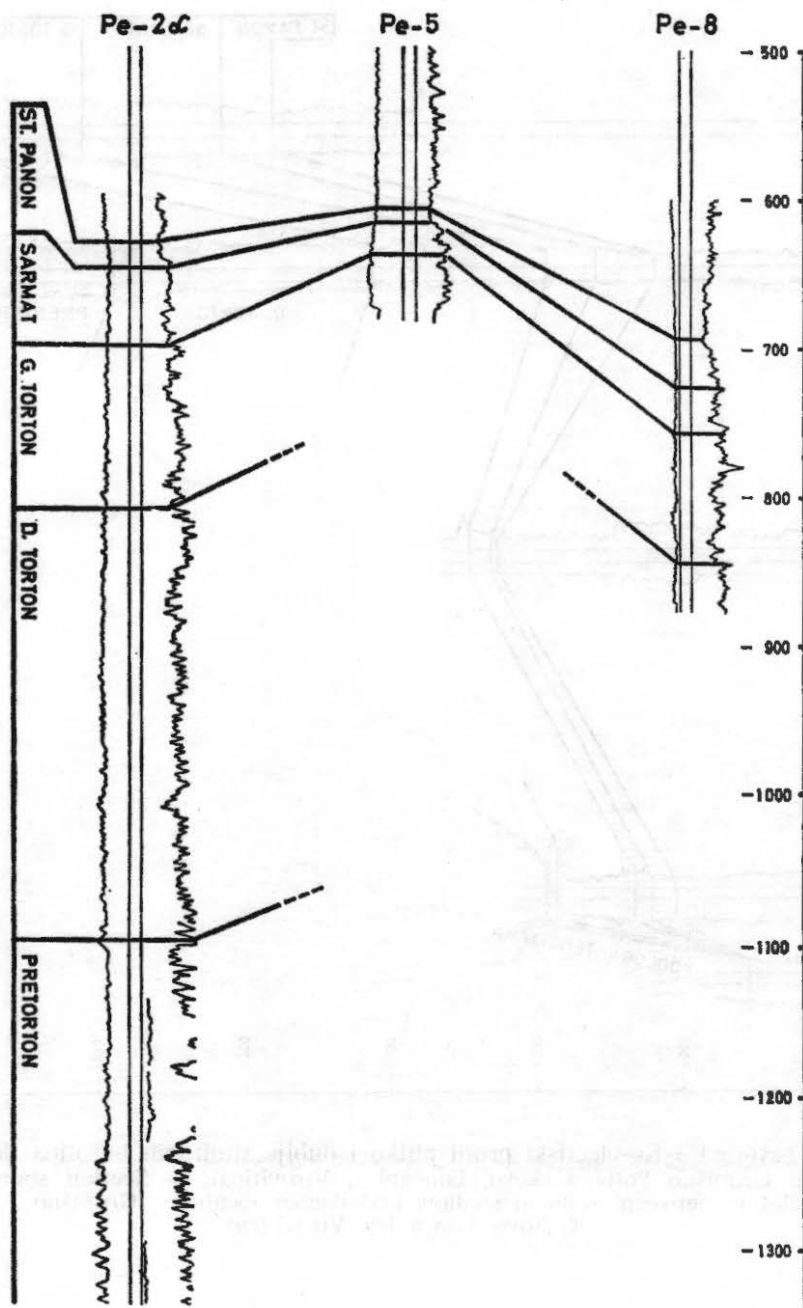
Pozicije granica i to kretanje od jednostavnijih k složenim prilikama može se zapaziti na dijagramima i korelacijskim profilima (slike: 1, 2, 3, 4, 5, 6). Inače su u našem izvornom stručnom radu (K r a n j e c & dr., 1975) prikazani brojniji dijagrami i korelacijski profili, a tabelarno su dati iznosi dubina granica u 233 bušotine.

Za granicu između tortona i sarmata ne treba daljnjih komentara. Ona je bila popraćena s najviše nalaza. Nekad odgovara, a nekad ne, EK-markeru Rs7, što je razumljivo, jer granični slojevi nisu uvijek istih litoloških karakteristika. Stoga ćemo se još ukratko osvrnuti samo na ostale dvije granice.

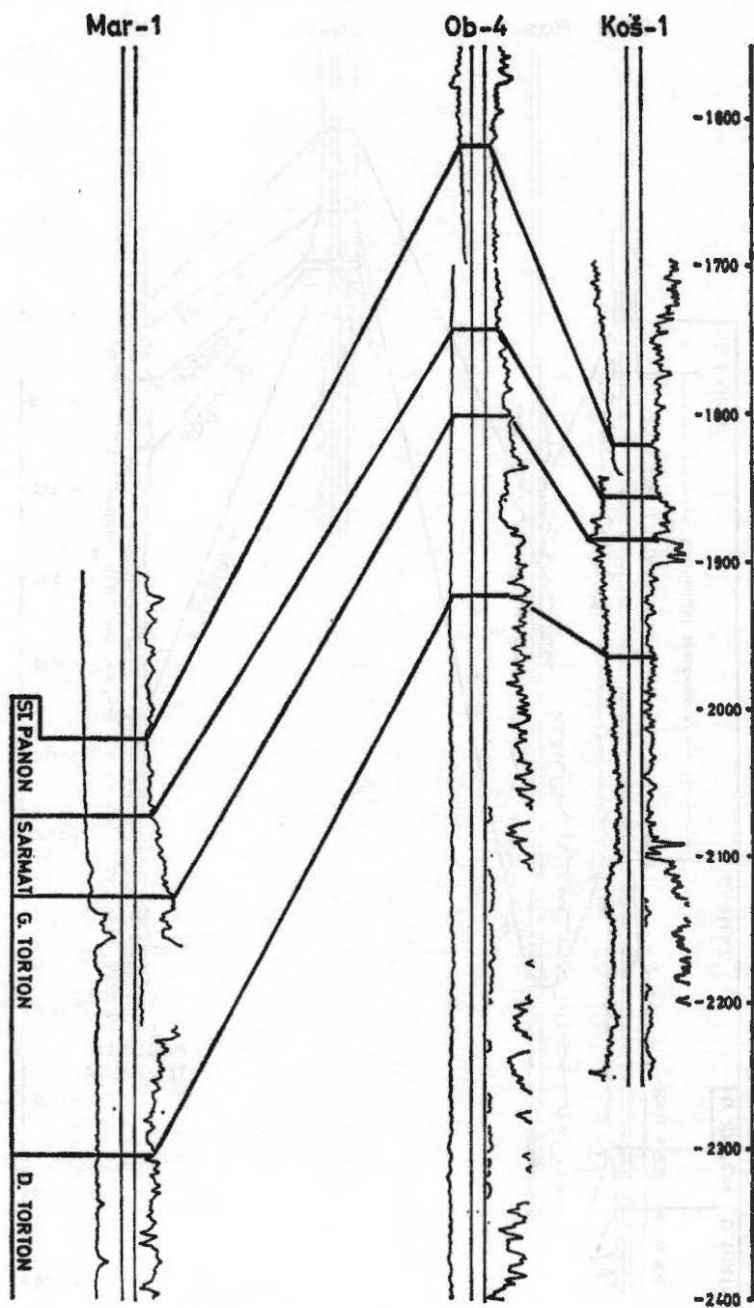
Primijetit će se naime da je ponegdje granica starijeg panona i sarmata koincidentna s poznatim reperom Rs5 ili G, a drugdje se nalazi nešto ispod njega. Što se tiče gornje granice starijeg panona, možda će se činiti da ima previsoku poziciju.



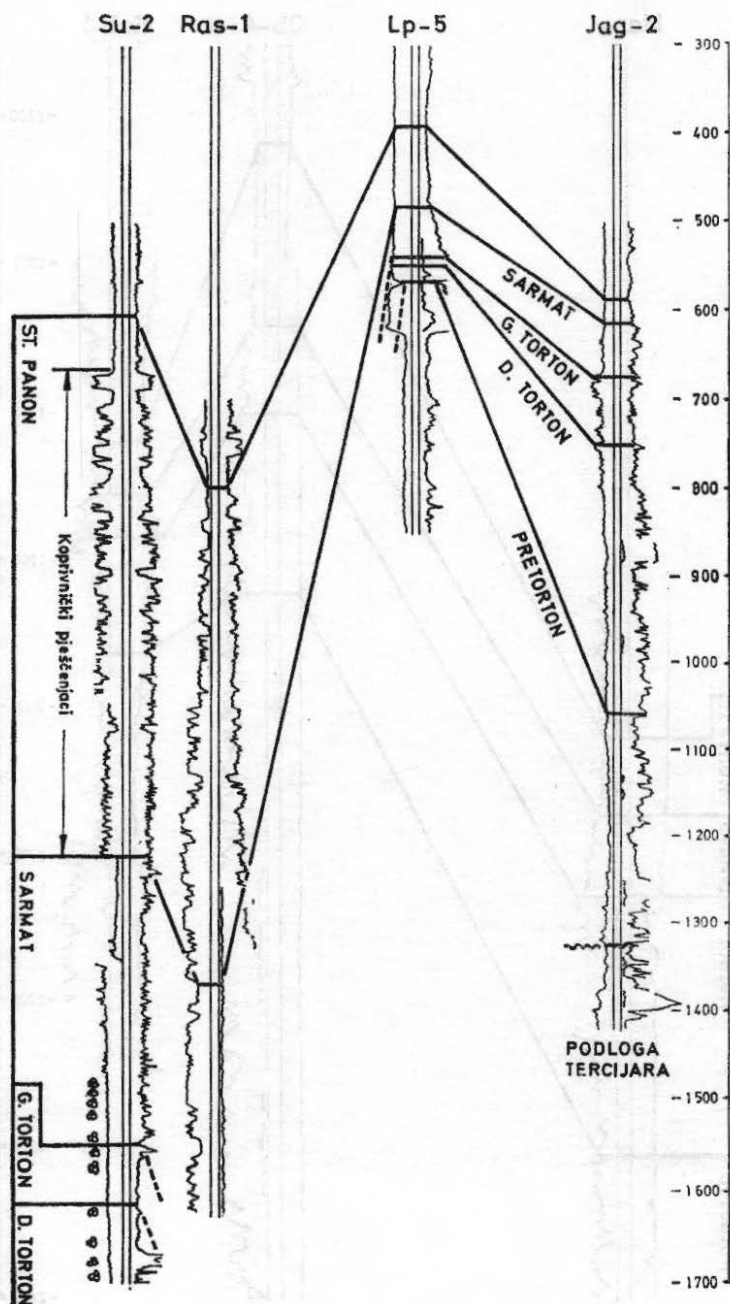
Sl. (Text-fig.) 3 Korelacijski profil plitko i dublje situiranih bušotina (lokaliteti: Grubišno Polje, Gakovo, Lončanica, Virovitica). — Section showing correlation between wells in shallow and deeper localities (Grubišno Polje, Gakovo, Lončanica, Virovitica)



Sl. (Text-fig.) 4 Korelacijski profil bušotina na strukturi Pepelana. — Section showing correlation between wells in the Pepelana structure



Sl. (Text-fig.) 5 Korelacijski profil bušotina iz istočnog dijela Dravske potoline (lokaliteti: Marjanci, Obod, Koška). — Section showing correlation between wells in the eastern part of the Drava river depression (localities: Marjanci, Obod, Koška)



Sl. (Text-fig.) 6 Korelacijski profil bušotina u zapadnom dijelu Dravske potočine (lokaliteti: Subotica, Rasinja, Lepavina, Jagnjedovac). U bušotinama Subotica-2 i Rasinja-1 utvrđeni su Koprivnički pješčenjaci. — Section showing correlation between wells in the western part of the Drava river depression. In the wells Subotica-2 and Rasinja-1 Koprivnica-sandstones have been identified

Unošenjem nalaza i njihovim daljnjim projiciranjem zaista je ponegdje ispalo da se EK-marker Rs5 (G) pokazuje izravno ili približno kao granica starijeg panona i sarmata, ali to je u tzv. »zbiženim« ili reduciranim slijedovima, pretežno u razvoju laporovitih vapnenaca, vapnovitih i pjeskovitih lapora s nešto pješčenjaka. Međutim ima razlika, a najveće su svakako u primjerima kad nastupaju slojevi Križevci-člana i pogotovo Koprivnički pješčenjaci, koji u ispravnoj i dosljedno provedenoj korelaciji, uz uvažavanje makar i skromnih paleontoloških nalaza, pripadaju starijem panonu. Slično smo u istočnoj polovici Dravske potoline zapazili da tzv. »Valpovačka formacija« većim dijelom odgovara sarmatu. Međutim ove primjedbe ne treba uzeti generalno, jer se istim imenima lokalno nazivalo ne baš uvijek iste naslage ili se različito imenovalo stvarno istovjetne slojeve. Uostalom u bušotini Subotica-2 dokazan je donji sarmat u nekoliko nivoa lapora, koji slijede u izmjeni s pjeskovitim laporima i pješčenjacima, ispod lijepo razvijenih Koprivničkih pješčenjaka; na našem korelacijskom profilu (sl. 6) dobro se zapažaju Koprivnički pješčenjaci u bušotinama Subotica-2 i Rasinja-1.

Evo još osvrta na gornju granicu starijeg panona. Za nju smo se odlučili na opisanom prijevojnem mjestu u EK-dijagramima prvenstveno zbog toga, jer se jedino tako može prepoznati i pratiti u dubini, kao i zbog regionalno utvrđenih sedimentacijskih odnosa (transgresivnih tendencija), što je šire stratigrafski prihvatljivo. Istina, postoji relativno mali broj nalaza, pogotovo provodnih fosila, na razini tako određene granice. Većina oblika koje se smatralo provodnim, s obzirom na distribuciju iznad i ispod granice, izgleda da određuju samo facijes, a ne detaljniju stratigrafsku pripadnost unutar panona s. str. Tako su pojedini nalazi *Congerina banatica* R. H ö r n e s situirani i nešto niže od postavljene granice; interferiraju ili se projiciraju zajedno s najviše situiranim nalazima *Planorbis dubius* G o r j . - K r a m b . U odnosnim naslagama, koje obično dolaze iznad karakterističnih pločastih kompaktnih laporovitih vapnenaca i vapnovitih lapora najnižeg dijela panona, interferiraju i nalazi starijih i mlađih »miopliocenskih« ostrakoda. Zbog svega toga, a nakon provedene korelacije, držimo da veći dio tzv. »Lipovec-lapora« (odnosno ekvivalentnih slojeva nešto drugačijeg sastava) pripada starijem panonu. Naravno, ni to se ne može uzeti generalno, pri eventualnoj usporedbi naših rezultata s neformalnim litostratigrafskim jedinicama, jer se Lipovec-laporu ili slojevima nešto drugačijeg sastava odnosno sličnog izgleda u EK-dijagramima lokalno pridavalo još neke nazive i veći ili manje raspon u vertikali.

DEBLJINE SARMATSKIH I STARIJIH PANONSKIH NASLAGA
NA OSNOVI DUBINSKOG KARTIRANJA

Nakon što su uneseni svi raspoloživi podaci i definitivno iscrtane granice jedinica u dijagramima bušotina, slijedilo je očitavanje njihovih kota relativnih dubina i izračunavanje iznosa probušenih intervala. Zatim su vrijednosti sa svih dijagrama upisivane u tabele i na kartografske podloge. Ali prije interpolacije izohora — linija koje povezuju točke s istim iznosima probušenih intervala — proučilo se i uvažilo daljnju dokumentaciju.

Već se ranijim istraživanjima u Dravskoj i Savskoj potolini spoznalo da su debljine, sastav i raspored nekih jedinica mlađeg tercijara uvjetovani u velikoj mjeri paleogeografskim odnosima u sedimentacijskom prostoru i zamašnim pokretima. Stoga se ni u ovoj prigodi nije išlo na grafička rješenja geometrizacijom problema, već se crtanje izohora vršilo u skladu s navedenim okolnostima. U tom radu stanovito su poslužile prethodno izrađene strukturne i litofacijalne karte. Istina, one nisu idealno odgovarale. No na tome se ni ne može inzistirati, jer prije kartirane litostratigrafske jedinice i u ovoj prilici izdvojene kronostratigrafske jedinice nisu podudarnih granica u prostoru i vremenu.

Za korektnu konstrukciju karata bila su dragocjena saznanja o velikim rasjedima, duž kojih u Dravskoj potolini nastupaju veće promjene u sastavu i skokovite promjene debljina.

Granice rasprostranjenosti ili nulte linije u dubini utvrđene su prema tendencijama smanjivanja debljina sedimenata odnosno jedinice, kao i nultim iznosima u bušotinama, a one na rubovima potoline ili na površini preuzete su sa listova osnovne geološke karte.

Spomenimo samo neke glavne karakteristike probušenih intervala, odnosno debljina naslaga, prikazanih na izrađenim kartama. S obzirom na reducirani sadržaj i njihovo smanjenje (malo mjerilo), to su praktično karte izopaha (tabla I).

U prvom redu zapažaju se značajne razlike u razvedenosti istočne prema zapadnoj polovici Dravske potoline.

Najveće debljine naslaga sarmata iznose 400—450 m u prostoru Hlebine—Peteranec—Rasinja, dok su najveće vrijednosti za starije panonske naslage — približno 900 m — izražene sjeverozapadno od Pitomače i sjeverno od Virovitice. Osobito su imponantni odnosi unutar starijeg panona, jer u tim najdubljim dijelovima prevladavaju pješčenjaci. U stvari, ono što je već naprijed napisano o oscilacijama, ritmičkoj sedimentaciji i snažanju silnih količina pijesaka u opetovano produbljavane središnje dijelove potoline, iskazano je ovdje kartografski.

Pri usporedbi karata sarmata i starijeg panona upadljiva je koncentracija taloženja u zapadnu polovicu potoline. Prema ocrtima iznosa debljina sarmata, zapaža se više manjih predjela unutar potoline, u kojima nije bilo taloženja. Postojalo je i nekoliko uleknina. Najdublja je kraj naselja Rasinja, odnosno između Koprivnice i Ludbrega. U starijem panonu spomenute se uleknine stapaju i tvore prividno cjelovitu zapadnu potolinsku zonu. Također su izrazitije skokovite promjene debljina duž rasjeda.

Inače, u detaljnijoj analizi tih i drugih ocrta ima izvanredno važnih momenata za stratigrafa, tektoničara i naftnog geologa. Tako je u panonu došlo do pomaka baze sedimentacije prema istoku, naziru se utonuća prvotnih struktura Pitomače i Peteranca, nešto je drugačija konfiguracija legradskog praga između Dravske i Murske potoline, zatim motrimo postojanost uzdignuća u paleoreljefu okolice Grubišnog Polja, nadalje promjene odnosa između uleknine južno od Ferdinandovca i one sjeverno od Virovitice, te primjetljivo ograničenje ove posljednje s istoka zbog pojave prostranog prijevoja u predjelu Cabune, Podravske Slatine i Crnca.

Nakupljanje vrlo debelih sarmatskih i starijih panonskih taložina (osobito pješčenjaka) u zapadnoj polovici potoline markira i velike tektonske blokove i druge elemente koji su predodredili odnosni taložni prostor; neki su se odrazili i u sinsedimentacijskim gibanjima i u formiranju završnih strukturno-tektonskih odnosa. Osim sistema uzdužnih rasjeda dinarskog pravca pružanja, na kartama debljina nazire se da su tu bili značajni i poprečni do dijagonalni rasjedi. Sto se tiče ovih drugih, radi se zapravo o snopovima rasjeda na istočnom-jugoistočnom obodu Kalnika i na zapadnoj psunjско-papučkoj strani.

ZAKLJUČAK

U profilima brojnih bušotina u Dravskoj potolini identificirane su sarmatske i starije panonske naslage prema paleontološkim nalazima, podacima o litološkom sastavu i elektrofizikalnim karakteristikama. Pri tome su konzultirani i kriteriji i podaci o prepoznavanju litostratigrafskih jedinica. Te elemente i njihove promjene koreliralo se i pratilo u dubini pomoću karotažnih dijagrama, koji su jedini kontinuirani profili probušenih naslaga.

Tom višestranom stratigrafskom procedurom razgraničenja omogućeno je dubinsko kartiranje i došlo se do zanimljivih saznanja o promjenama sastava i debljina sarmatskih i starijih panonskih naslaga. Promjene su uočene u odnosu prema prilikama na površini, kao i između relativno plitkih i dubokih prostora Dravske potoline.

U pogledu sastava i maksimalnih debljina sarmatskih naslaga u Dravskoj potolini postoje analogije samo s Tuzlanskom potolinom, koju se i inače smatra poučnom ili uglednom u Panonskom bazenu, jer ima relativno potpun slijed miocenskih naslaga. Ipak najveći iznosi debljina (400—450 m) u najdubljim dijelovima Dravske potoline premašuju one u Tuzlanskoj potolini (300—350 m). U drugim predjelima debljine sarmata su mnogo manje. Treba međutim primijetiti da se redukcije u slučaju sarmata često više odnose na debljinu nego li na raznolikost taložina. Takve su pojave poznate na površini, a slično se zapazilo i prigođom korelacije EK-dijagrama sarmatskih naslaga. Usporedbe su izvođene postupno, idući od plićih u dublje prostore Dravske potoline i pri tome smo uočili izvanredno lijepe primjere istih ritmova sedimentacije ili iste sekvence, koje su odražene različitim debljinama na različitim mjestima.

Slatkovodne starije panonske taložine (panon s. str.) u Dravskoj potolini redaju se također — generalno uzevši — regresivno, kao i brakične sarmatske naslage. To je vrlo lijepo odraženo na EK-dijagramima s određenim likovima krivulja otpora i spontanog potencijala. Postoje neke sličnosti sa sedimentima predjela, koji se nalaze u blizini ili podalje. Međutim ima i značajnih razlika. Po rubovima Dravske potoline dotične su naslage utvrđene pretežno u facijesu laporovitih vapnenaca i vapnovitih lapora te rijetko u facijesu pješčenjaka, dok idući u dublje prostore motrimo unutar vapnenaca-lapora sve učestalije uključivanje pješčenjaka. U središnjim dijelovima, odnosno najdubljim sektorima, pješčenjaci skoro sasvim dominiraju. Te razlike u sastavu navele su inženjere INA-Naftaplina iz Zagreba da pridaju odnosnim naslagama različita imena. U pojedinim slučajevima većih razlika i specifičnosti u sastavu to je stratigrafski opravdano i prihvatljivo, jer tako postupaju i geolozi pri osnovnim geološkim snimanjima, ukoliko su takve pojave dobro otkrivene na površini i nisu već prije negdje opisane. Inače je detaljnije litološko diferenciranje nužno u geologiji nafte više nego u drugim domenama proučavanja. Takva je izvanredna pojava Koprivničkih pješčenjaka. Za njih smo korelacijom biostratigrafskih, litostratigrafskih i elektrokarotaznih podataka ustanovili da pretežno pripadaju starijem panonu. Maksimalne debljine samih pješčenjaka dosižu 900 m. Tako velike debljine i specifičan sastav sedimenata starijeg panona nisu dosad bili poznati u drugim predjelima. Vrlo su male analogije s nižim dijelom naslaga, taloženim po tipu donjih kongerijskih slojeva.

Ovim se proučavanjem uočilo i druge detalje lateralnih odnosa sinhroničnih a litološki manje ili više različitih intervala naslaga unutar sarmata i starijeg panona, kao i onih pojedinosti koje se

tiču prisutnosti tektonsko-erozijskih diskordancija prividno litološki kontinuiranih slijedova. Osim toga, rezultati dobiveni dubinskim kartiranjem određeno pridonose poznavanju paleogeografske razvedenosti i tektonskih gibanja u prostoru Dravske potoline.

Primljeno 27. 01. 1976.

Zavod za inženjersku geologiju, hidrogeologiju
i geologiju nafte i ugljena,
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Sveučilišta u Zagrebu,
Pierottijeva 6, 41000 Zagreb

LITERATURA

- Boškov-Štajner, Z. (1962): Poređenje stratigrafskih stepenica neogena Savske i Dravske potoline i problem stratigrafskih granica u njima. — V Savetovanje Sav. geol. društava Jugosl., 1, 169—179, Beograd.
- Boškov-Štajner, Z. & Marinović, Đ. (1971): Stratigraphy of oil and gas fields in the territory of Yugoslavia. — Nafta, 22/6, 524—532, Zagreb.
- Boškov-Štajner, Z., Pleničar, M., Reščec, T. & Rijavec, L. (1969): Stratigraphic units of the southern part of Pannonian basin in the territory of S.F.R. Yugoslavia. — Committee Mediterranean Neogene Stratigraphy, 4th Session (Bologna, 1967), Giornale di Geologia, (2), 35/4, 287—296, Bologna.
- Boškov-Štajner, Z., Reščec, T. & Prpić, N. (1966): Metode stratigrafske diferencijacije stijena u dubokim bušotinama. — Nafta, 17/3, 75—79, Zagreb.
- Eremija, M. (1969): O položaju volinskih naslaga u sjevernoj Bosni. — III Simp. Dinarske Asoc. (Zagreb, 1968), Izd. Inst. geol. istraž., 1, 35—42, Zagreb, 1969.
- Eremija, M. (1970): Neke paleogeografske karakteristike tortonskih sedimentata sjeverne Bosne. — Zbornik VII Kongresa geologa Jugosl., 91—102, Zagreb.
- Jagačić, T. (1963): Stratigrafski, paleogeografski i tektonski odnosi istočnog dijela Slavonije na osnovu dubokih istražnih bušotina. — Geol. vjesnik, 15/2, 341—354, Zagreb.
- Jenko, K. (1944): Stratigrafski snošaj pliocena južnog pobočja Požeške gore i Kasonja brda. — Vjestnik Hrv. drž. geol. zav. i geol. muz., 2—3, 89—159, Zagreb.
- Kranjec, V. (1969): Geološka građa šireg tuzlanskog područja. — Poseb. izd. Inst. rud. i hem.-tehnol. istraž., 1—2, 1—284, Tuzla.
- Kranjec, V. (1974): Naslage mlađeg tercijara i pojave ugljikovodika na površini sjeveroistočnih obronaka Kalnika. — Zbornik Rud.-geol.-naftnog fak. Sveuč. u Zagrebu u povodu 35. god. rada, 63—69, Zagreb.
- Kranjec, V., Amšel, V., Pavlovsky, M. & Kochansky-Devidé, V. (1960): Prilog geologiji i paleontologiji neogena Dobošnice. — Geol. vjesnik, 13, 97—108, Zagreb.
- Kranjec, V., Hernitz, Z. & Prelogović, E. (1973): Prilog poznavanju mlađih tercijarnih naslaga Medvednice. — Geol. vjesnik, 25, 65—100, Zagreb.

- Kranjec, V., Hernitz, Z., Prelogović, E. & Blašković, I. (1970): Dubinsko litofacijelno kartiranje područja istočne Slavonije i bosanske Posavine. — Zbornik Rud.-geol.-naftnog fak. Sveuč. u Zagrebu u povodu 30. god. rada, 165—174, Zagreb.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Prelogović, E., Blašković, I. & Simon, J. (1969): Geološki razvoj Đakovačko-vinkovačkog platoa. — Geol. vjesnik, 22, 111—120, Zagreb.
- Kranjec, V., Hernitz, Z. & Velić, J. (1975): Miocenske naslage Dravske depresije. — Fond struč. dok. INA-Naftaplin, Zagreb.
- Kranjec, V., Prelogović, E., Hernitz, Z. & Blašković, I. (1971): O litofacijelnim odnosima mlađih neogenskih i kvartarnih sedimenata u širem području Bilogore. — Geol. vjesnik, 24, 47—56, Zagreb.
- Moos, A. (1944): Neue Funde von Limnaeiden, insbesondere von Valenciennesiiden im Pannon Kroatiens. — Vjestnik Hrv. drž. geol. zav. i geol. muz., 2—3, 341—390, Zagreb.
- Ožegović, F. (1944): Prilog geologiji mlađeg tercijara na temelju podataka iz novijih dubokih bušotina u Hrvatskoj. — Vjestnik Hrv. drž. geol. zav. i geol. muz., 2—3, 391—491, Zagreb.
- Papp, A. (1954): Paläontologische Beobachtungen im Pannon von Podsused bei Zagreb. — Geol. vjesnik, 8—9, 67—79, Zagreb.
- Pletikapić, Ž. (1969): Stratigrafija, paleogeografija i naftoplinonosnost Ivanić Grad formacije na obodu moslavačkog masiva. — Poseb. izd. Rud.-geol.-naftnog fak. Sveuč. u Zagrebu, 1—71, Zagreb.
- Pletikapić, Ž., Gjetvaj, I., Jurković, M., Urbiha, H., Hrnčić, Lj. (1964): Geologija i naftoplinonosnost Dravske potoline. — Geol. vjesnik, 17, 49—78, Zagreb.
- Soklić, I. (1955): Fauna moluska marinskog sarmata sjeveroistočne Bosne i njen stratigrafski značaj. — Geol. glasnik, 1, 61—143, Sarajevo.
- Stevanović, P. (1951): Donji pliocen Srbije i susjednih oblasti. — Poseb. izd. Srp. akad. nauka, 187, Geol. inst., 2, 1—361, Beograd.
- Stevanović, P. (1953): Nomenklatura tercijarnih slojeva u prvom redu domaćih neogenih terena. — I Savjetovanje geologa Jugosl., 121—148, Zagreb.
- Stevanović, P. (1957): Značaj proučavanja panona i ponta severne Bosne za objašnjenje pojma facija i utvrđivanje broja horizonata u kongerij-skim naslagama Panonskog basena. — II Kongres geologa Jugosl., 155—176, Sarajevo.
- Stevanović, P. (1960): Das Neogen in Jugoslawien in seinen Beziehungen zum Wiener Becken. — Mitt. geol. Ges., 52, 189—201, Wien.
- Stevanović, P. & Eremija, P. (1960): Miocen Donje Tuzle. — Geol. anali Balk. Pol., 27, 45—102, Beograd.
- Šikić, L. (1967): Torton i sarmat jugozapadnog dijela Medvednice na osnovu foraminifera. — Geol. vjesnik, 20, 127—136, Zagreb.
- Šikić, L. (1968): Stratigrafija miocena sjeveroistočnog dijela Medvednice na osnovu faune foraminifera. — Geol. vjesnik, 21, 213—228, Zagreb.
- Simon, J. (1973a): O litostratigrafskom stupu tercijarnih naslaga u području istočne Slavonije. — Nafta, 24/3, 119—127, Zagreb.
- Simon, J. (1973b): O nekim rezultatima regionalne korelacije litostratigrafskih jedinica u jugozapadnom području Panonskog basena. — Nafta, 24/12, 625—630, Zagreb.
- Simon, J. & Batušić, V. (1974): O litostratigrafskom stupu naftnog polja Beničanci. — Nafta, 25/9, 459—473, Zagreb.

V. KRANJEC, Z. HERNITZ, T. REŠČEC and J. VELIC

ON THE SARMATIAN AND OLDER PANNONIAN SEDIMENTS
IN THE RIVER DRAVA DEPRESSION (PANNONIAN BASIN)

Complex subsurface geological mapping is being performed in the River Drava depression with the aim of a more detailed stratigraphical and structural-tectonic elaboration. The greatest attention is paid to the younger Tertiary deposits due to the great interest shown by the oil industry. Namely, the most important reservoir rocks are situated in several stages and sub-stages of the Pliocene and the Miocene.

Earlier boreholes in the River Drava depression were placed rather shallowly, i.e. more on the rims of the depression, while the new locations were chosen in its deeper parts. The latest excellent finds of oil and gas have been achieved in more deeply situated deposits. New or partly new stratigraphical data have been obtained in such conditions. In relation to the earlier experience, we have especially observed the differences in the composition and the thicknesses of sediments, which have been noticed in several members of the Neogene. Only some results are widely known. There are some published works by the engineers of INA-Naftapljin from Zagreb and their collaborators. But these authors give more details for the Younger Pannonian and Pliocene deposits. Moreover, during the earlier local and regional subsurface mapping, only informal lithostratigraphical units (formations and members) have been regularly separated and not the units of chronostratigraphical elaboration.

We have also taken part in some earlier subsurface structural and lithofacies mapping, during which certain parts of the depression were covered. Recently however, we have mapped the whole area of the River Drava depression (on the territory of SR of Croatia) in such a way that chronostratigraphical units have been shown. In this article we describe our results in a somewhat limited scale. They refer only to the sediments of the Sarmatian and the older Pannonian. We have considerably more data about them.

The identification of the Sarmatian and the older Pannonian sediments was made according to biostratigraphical finds, petrographical data and the electrophysical characteristics of the drilled rocks. These elements and their changes were correlated and followed in space by means of the electric log of boreholes. During the projection or transfer of the paleontological finds to the corresponding intervals of the drilled deposits (into the electric logs of boreholes where there were no results of analyses), the authors have relied on the continuity of succession of layers, i.e. they have observed the characteristic sequences of beds (groups) and individual markers. Some boreholes have served especially as exceptional supports or checking points, because extensive research was performed in them and more data were available.

The delimitation of layers was easier in relatively shallow situations. There we also had numerous faunistic determinations. In fact the finds of microfauna dominated, while macrofauna was seldom found and analysed. Some determinations were very precise. In some cases boundary levels or zones were emphasized: e. g. the beds between the Tortonian and the Sarmatian. We have determined the boundary between the older and the younger Pannonian after an extensive stratigraphical analysis of the presence of certain species of fossils and after analysing the ratio of the Croatica- and Banatica-layers and the ratio of the Lower Congeria-layers in our part of the Pannonian basin. It was finally determined in a complex manner

according to the frequent appearances of *Congeria banatica* R. Hörnés, *Planorbis tenuistriatus* Gorj.-Kramb., and according to an exceptionally visible regional marker on the curve of resistivity and on the curve of spontaneous potential in almost all electric logs of boreholes. This regional marker marks the end of the regressive older Pannonian layers and the appearance of the younger Pannonian with transgressive tendencies. However in deeper regions of the depression the delimitation between the Sarmatian and the older Pannonian was a little more difficult. This was the result of changes in the composition and thicknesses of the older Pannonian and Sarmatian layers. Otherwise the boundary locally coincides with the regional electric log marker Rs5, or is a little below it. Certain occurrences of the Pannonian species *Planorbis dubius* Gorj.-Kramb., *Radix croatica* Gorj.-Kramb. and others appear a little below that marker.

Following these remarks concerning the boundaries of mapping units, here are the most important conclusions referring to the observations in shallow situations and those in deeper parts.

According to the faunistic and lithologic characteristics, it can be clearly seen that the Sarmatian and the older Pannonian layers form a regressive succession of beds, in the first a poor brackish fauna and in the second a poor freshwater fauna having been found. Besides, in relatively shallow regions these layers have mainly been discovered in the facies of limy marls and marly limestones, with very little sandstones. But going towards the central and the deepest parts of the depression, an increasing number of sandstone beds appear in marl and limestone. The compressed or rudimentary sequences appear in the electric logs of boreholes at the depression rims, whereas extended or more developed sequences were registered in the deeper parts. The regression of these sediments is also marked in electric logs. The figures of the two main curves are especially characteristic: the curves of resistance and the curves of spontaneous potential. The resistivity gradually decreases going from the Sarmatian to the older Pannonian marly limestones and limy marls (this is due to the gradual decrease of the CaCO₃ component in their composition), while the values of the spontaneous potential in the same direction approach the basic line of the spontaneous potential. Such a trend of curves is ideal when the marly limestones and limy marls dominate, but it is also noticed in the deep parts of the depression, where sandstones appear increasingly and where the corresponding curve intervals are more denticulated in electric logs.

The main accumulations and the marked rhythmicity of the Sarmatian and the older Pannonian sediments have been established along the main faults in the depression. Thus the maximum thicknesses of the Sarmatian layers (400—450 m) in the area Hlebina—Peteranec—Rasinja are shown in the sub-surface maps (see the enclosed maps — Plate I), while the highest values for the Older Pannonian layers (900—1,000 m) are shown north of Pitomača and Virovitica. The base of sedimentation was first situated more in the West (towards Mt. Kalnik and the Mura depression), and later — in the Lower Pannonian — it moved a little eastwards.

Especially interesting are oscillations and sedsedimentary movements, which have caused not only repeated moving of the base of sedimentation, but also the cyclic sedimentation. Then great masses of sands were transported into deeper areas. A splendid phenomenon is the s.c. »Koprivnica sandstone«. By correlating the biostratigraphical, lithostratigraphical and electrophysical data we have discovered that it belongs mainly to the Older Pannonian, reaching a thickness of 900 m.

Such thicknesses and the specific composition of sediments of the older Pannonian and the Sarmatian have not so far been known in other regions of the Pannonian basin. Something similar has been noticed in the River Sava and the Drava depressions, but in the example of the Lower Pontian or Abichi deposits. They also have great thicknesses in the deepest parts (1,500 m and more) and numerous beds of sandstones are interbedded among marls going from the rims towards the centre of the depression.

Received 27 January 1976

*Department of Engineering, Hydro-, and
Oil- & Coal Geology, Faculty of Mining,
Geology & Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, 41000 Zagreb*

