

Primjer kompleksnih geološko-geofizičkih istraživanja kvartarnih naslaga u okolici Prevlake

Zvonimir HERNITZ,¹ Stjepan KOVAČEVIĆ,² Josipa VELIĆ,¹
Blago ŽELJKO² i Marijan URLI²

¹ *Zavod za inženjersku geologiju, hidrogeologiju i geologiju nafte i ugljena,
Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6,
YU—41000 Zagreb*

² *Geofizika, Savska 64, YU—41000 Zagreb*

U širokom području oko Prevlake provedena su opsežna geološka i seizmo-
loška istraživanja, no u najužoj okolici obavljeno je detaljno ispitivanje kvar-
tarnih naslaga. Analizom geofizičkih mjerenja, paleontoloških podataka i po-
dataka bušenja kvartarne su naslage razlučene u nekoliko nivoa.

UVOD

Najuže područje Prevlake nalazi se na krajnjem jugozapadu Panonsko-
ga bazena uz granične predjele Alpa i Vanjskih Dinarida. Geografski ono
je smješteno tridesetak kilometara jugoistočno od Zagreba uz lijevu oba-
lu Save.

Teren je potpuno zaravnjen pa najveće visinske razlike iznose svega
2 m s obzirom da se vrijednosti kota kreću između 98 i 100 m. Površinski
je pokrivač u cijelosti predstavljen humusom i aluvijalnim nanosom.

Za potrebe temeljenja i izgradnje posebnog građevinskog objekta izvr-
šeno je detaljno ispitivanje kvartarnih naslaga. Na samom početku, od-
nosno već pri projektiranju istraživačkih radova bilo je nekih specifično-
sti u postupcima. Inače u dosadašnjoj praksi nismo naišli na sličan ili
identičan primjer istovremenih sustavnih i kompleksnih geološko-ge-
ofizičkih istraživanja kvartara.

U literaturi možda najviše korisnih podataka za ovu priliku našlo se
u radovima inženjerskoga i hidrogeološkoga značaja. Tako npr. Nowi-
nska i dr. (1967) te Borčić i dr. (1968) s mnogo podrobnosti opisuju
aluvijalni vodonosni horizont na užem području Zagreba. Ovdje treba
uključiti rad o crpilištu Črnkovec (Turić, 1978). Neki radovi koristeći
geofizičke i naftnoistraživačke podatke obuhvaćaju široke prostore. Tako
su Urumović i dr. (1976) dali pregled debljina srednjo- i gornjoplio-
censkih te kvartarnih naslaga za sjevernu Hrvatsku. Za istu oblast Cvij-
anović i dr. (1976) dali su niz seizmotektonskih pokazatelja.

O paleontološkim proučavanjima ostrakodske faune pisala je A. So-
kač (1978), a o stratigrafskim Šimunić & Basch (1975).

U najnovije vrijeme ovo su područje dotakli u radovima širega značenja Kranjec i dr. (1978), a Prelogović i dr. (1978) metodsko-istraživačkim sadržajem. Do nekih zanimljivih spoznaja, posebno u odnosu na korelaciju kvartarnih naslaga, došli su Batušić & Urbih (1979) i Urumović i dr. (1978) radeći u relativno dalekom području istočne Slavonije. To spominjemo stoga što se neka njihova opažanja mogu usporediti s ovdje opisanim. Međutim rad koji je u načelu prethodio ovome datira iz 1972. godine. Ondje su Kranjec i dr. sa strukturno-geomorfološkog stajališta opisali prostor između Zagreba i Siska.

Želimo još napomenuti da je dr. A. Sokač (Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb) obavila terensku determinaciju jezgara, dr. D. Srdoč (Institut »Ruđer Bošković« iz Zagreba) odredio apsolutnu starost radio-carbon metodom, dr. A. Šercelj (SAZU, Ljubljana) načinio je palinološka ispitivanja, mr. S. Mujagić (»Geofizika«, Zagreb) obradio je gravimetrijske i geomagnetske podatke, S. Koščal izradio je sve crteže, a dr. V. Kranjec (Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb) dao je niz korisnih sugestija, te se svima ovom prilikom zahvaljujemo, a također i »Elektroprivredi« iz Zagreba na dozvoli objavljivanja ovdje iznesenih rezultata istraživanja.

O ISTRAŽIVAČKIM RADOVIMA

Ispitivanja kvartarnih naslaga obuhvatila su površinu terena od oko 10 km² između selâ Prevlaka i Oborovo. Pri tome su korištene geofizičke metode, bušenje s uzimanjem jezgara i na kraju geološka interpretacija.

Geofizička istraživanja

Geoelektrična ispitivanja prethodila su ostalim terenskim radovima, a zadatak je bio obuhvatiti dubinski interval od površine do približno 150—200 m. Programirana je mreža geoelektričnih sondi s međusobnim razmakom od 150 m između profila, a isto tako između sondi na profilima. Sondiranje je izvedeno 4-elektrodnim *Schlumbergerovim* rasporedom i to pretežno do $AB/2=400$ m, ukupno 255 sondi.

Ova su mjerenja trebala u prvoj fazi ukazati na sastav naslaga. Nagle promjene u njihovu sastavu i debljini mogle su indicirati lokalne strukturno-tektonske elemente pa su time bila u načelu diktirana daljnja istraživanja, a posebno razmještaj budućih seizmičkih profila i istraživačkih bušotina.

Geoelektričnim istraživanjima izdvojene su naslage čiji se otpor kreće u prosjeku između 20 i 40 *ohm m* kao pokrovni sloj, a sastoji se od glina i prašinstih tvari. Pjeskovito-šljunkoviti kompleks ima specifične otpore između 35 i 80 *ohm m*, a glinoviti i glinovito-prašinsti u podini oko 20 i 30 *ohm m*. Prema veličini specifičnoga otpora pjeskovito-šljunkoviti kompleks podijeljen je u tri dijela kako je to vidljivo na sl. 1.

Istom su slikom prikazana dva dijagrama geoelektričnog sondiranja na lokacijama na kojima su kasnije izrađene bušotine OS-1 i OS-2. Za usporedbu dane su krivulje specifičnoga otpora (stupac a), geofizička interpretacija (b) i litološki sastav prema podacima bušenja (c), sve u dubinskom logaritamskom mjerilu. Vidljivo je da u mjerenjima nisu

izraženi pojedinačni slojevi već skupine slojeva, tzv. geoelektrične sredine s odgovarajućim prosječnim specifičnim otporom ovisnim o sastavu naslaga.

U okviru daljnje kvantitativne interpretacije izrađeno je 12 geoelektričnih profila koji povezuju sonde u najkarakterističnijim pravcima. Radi ilustracije na sl. 1 prikazana su dva, a njihove trase na sl. 2 i 3. Radi bolje preglednosti naznačene su samo neke karakteristične sonde. Pjeskovito-šljunkoviti kompleks može se kontinuirano pratiti. Ne primjećuju se izražene nagle promjene debljina mada je uspravno mjerilo 2,5 puta krupnije od vodoravnoga pa nema indikacija za rasjede. Lokalne promjene u vrijednostima specifičnoga otpora mogu se tumačiti djelomičnom bočnom promjenom litološkoga sastava.

Prostorna analiza mjernih podataka dana je kartama prividnih otpora. Na sl. 2 prikazana je karta prividnih otpora za $AB/2=10$ m (razmak elektroda za svaku mjerenu sondu) koja odražava promjene u debljini i sastavu tzv. pokrovnoga glinovito-prašinstog sloja. U jugozapadnome dijelu područja njegova je debljina mala na što ukazuju prividni otpori veći i od 50 *ohm m*. U istočnom su dijelu otpori niži od 30 *ohm m* pa se to može tumačiti nešto većom debljinom površinskoga pokrivača koja prelazi 10 m.

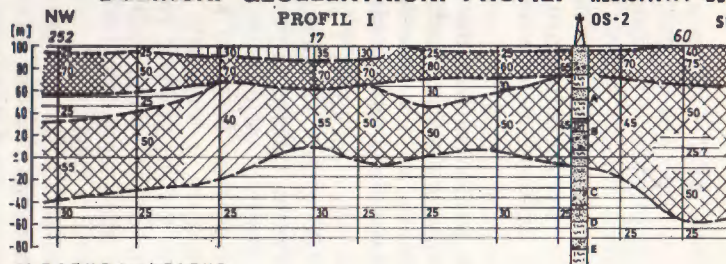
Karta prividnih otpora na sl. 3 za razmak elektroda $AB/2=150$ m ukazuje na promjene unutar pjeskovito-šljunkovitoga kompleksa do dubine od približno 100 m. Najniže vrijednosti prividnih otpora kreću se između 30 i 40 *ohm m* što odgovara naslagama s relativno malim sadržajem pijeska i šljunka kao npr. u okolini bušotine OS-2 te u krajnjem istočnom dijelu područja. Vrijednosti se prividnih otpora nepravilno mijenjaju pa se ne može izdvojiti kao niti na sl. 2 neki izraziti diskontinuitet većega protezanja koji bi ukazivao na tektonsku aktivnost.

Gravimetrijska istraživanja obuhvatila su teren približno između Zagreba i Siska, dakle mnogo šire od ovdje opisanoga područja. Radi se o reinterpretaciji podataka mjerenja iz ranijih godina, koja su izvedena radi lociranja geoloških struktura pogodnih za nakupljanje nafte i plina.

Mjerenja su načinjena gravimetrom tipa *Worden* i to 4 točke na 1 km². S vrijednošću gustoće površinskih materijala od 2,00 g/cm³ određene su korekcije kod računanja *Bouguerovih* anomalija. Prema dubini je porast gustoće veoma blag sve do donjega pontaa (*Abichi* slojevi), gdje iznosi do 0,4 g/cm³. Na karti *Bouguerovih* anomalija nisu ispoljene konture koje bi ukazivale na postojanje lokalnih geoloških struktura u tercijaru. Da bi se isključio regionalni utjecaj podzemnih stijena visoke gustoće računane su residualne anomalije *Griffinovom* metodom uz korištenje radiusa od 2 km. Prema dosadašnjem iskustvu i teoretskim analizama ovaj radius je najprikladniji za istraživanje geoloških struktura u naslagama terci-jara, odnosno residualne su anomalije odraz tektonike i promjene gustoća u sedimentima starijega pliocena. Uz uporabu manjega radiusa isticala bi se prostorno manje residualne anomalije koje potječu od pličih struktura, no za to bi bila potrebna veća gustoća mjerenih podataka.

Na karti residualnih anomalija (sl. 4) vrlo su lijepo izraženi maksimumi kod bušotina OS-2 i OS-5, koji bi načelno odgovarali antiklinalama. U istom smislu minimum kod OS-3 odgovara sinklinali. Ove konture do-

DUBINSKI GEOELEKTRIČNI PROFILI - RESISTIVITY DEPTH SECTIONS



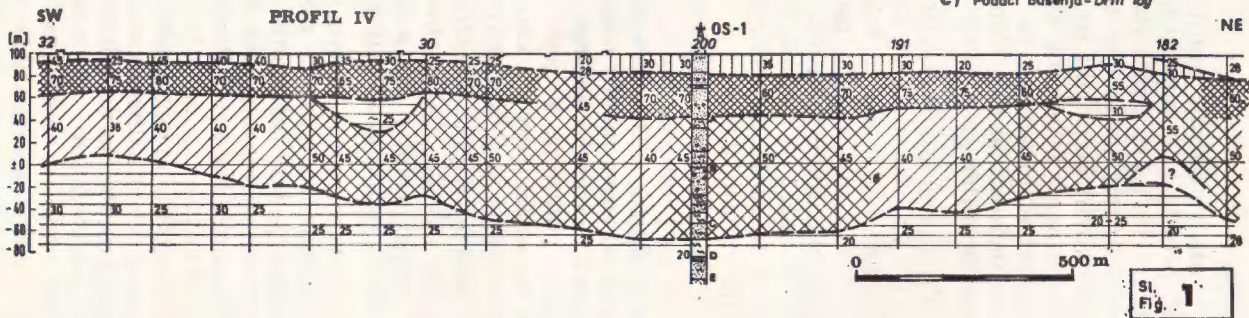
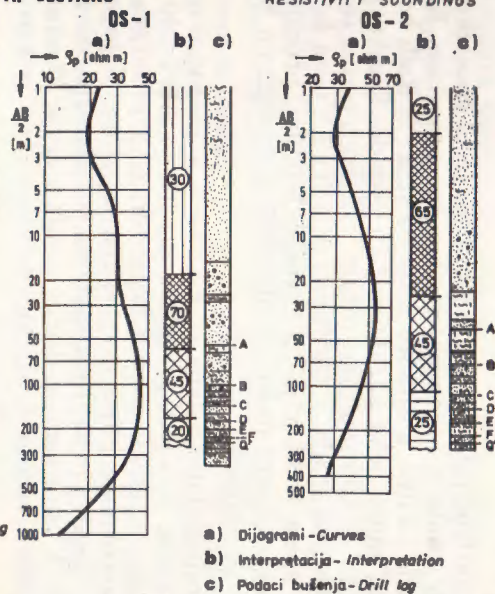
LEGENDA - LEGEND:

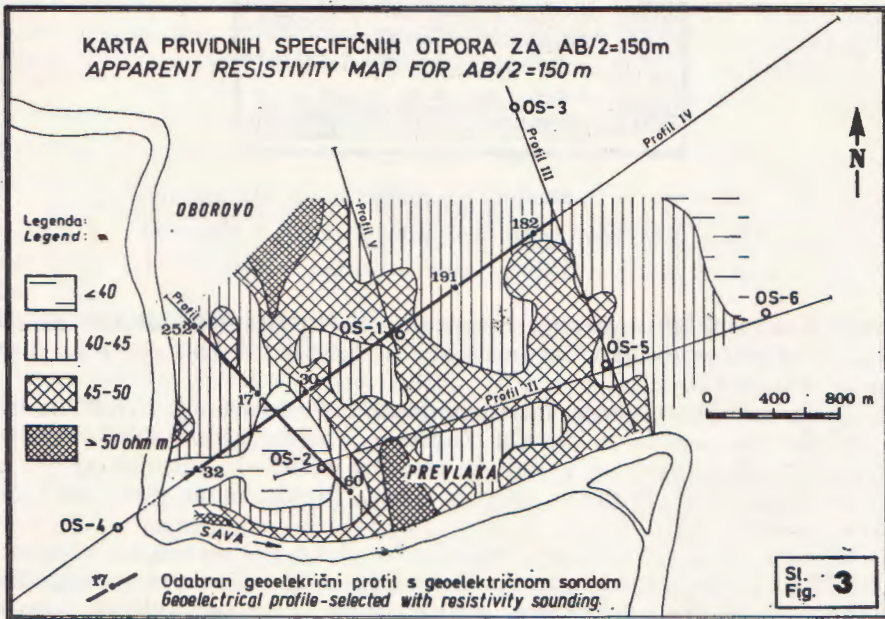
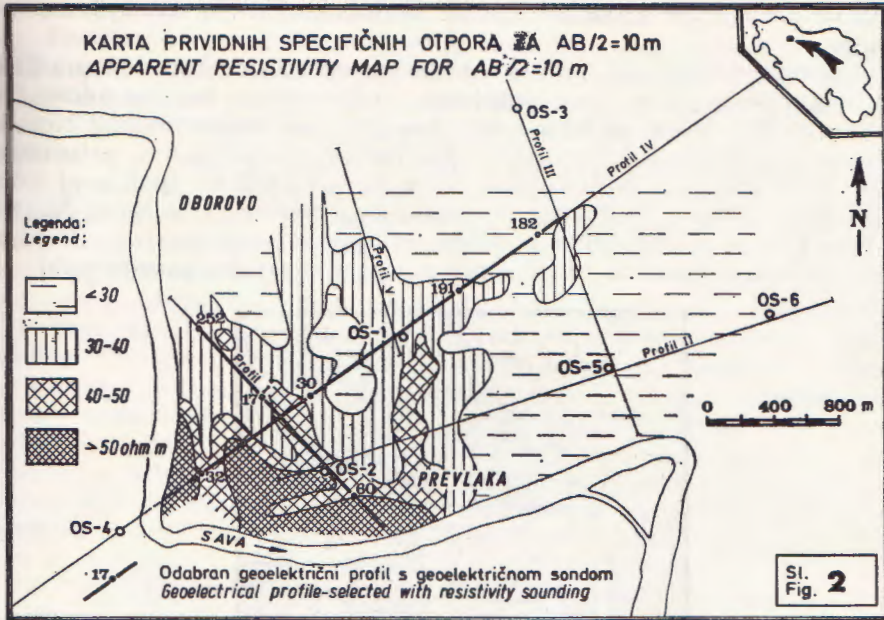


Geoelektrična sonda
Resistivity sounding

Podaci interpretacije
geoelektrične sonde
Interpretation data
of resistivity sounding

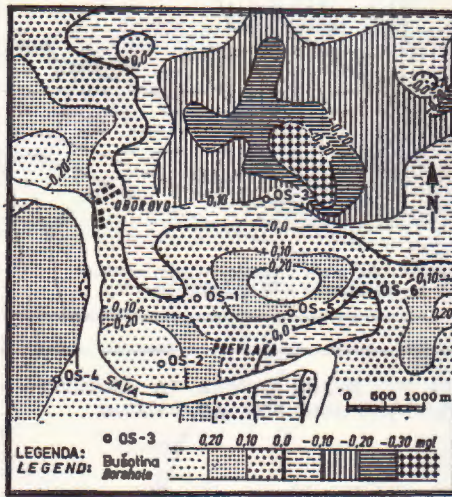
GEOELEKTRIČNA SONDIRANJA RESISTIVITY SOUNDINGS





neke su pomaknute u odnosu na stvarne oblike povijanja ploha kvartarnih uvjetnih repa (sl. 6—12), ali svakako ukazuju na njihovo postojanje.

Kod **geomagnetskih ispitivanja** mjerena je vertikalna komponenta Zemljina magnetskog polja. Nisu zamijećene neke važnije lokalne anomalije. **Maksimum** kod Oborova koji s isto takvim maksimumom kod Novaka i Mahova čini jedan izduženi hrbat posljedica je, vjerojatno, prisutnosti magnetskih masa u dubini koja se cijeni na cca 3 000 m. Ipak ovaj hrbat svojim konturama i protezanjem neodoljivo podsjeća na horst Martinska Ves, koji je u stijenama podloge tercijara veoma izražen, ali se na višim nivoima, a posebno krajem pliocena i u kvartaru, sasvim gubi.



Sl. 4. Karta residualnih anomalija (po S. Mujagiću).

Fig. 4. Anomalies of residual gravity (after S. Mujagić).

Pregled **seizmičkih mjerenja** moguće je podijeliti u tri dijela: reinterpetacija starih podataka, te snimanja na samom lokalitetu i to metodom refrakcije i refleksije.

U okviru reinterpetacije starih podataka obuhvaćen je čitav niz profila refleksivne seizmike između Zagreba i Siska gdje je bilo moguće izdvojiti najpliće refleksije, a koji bi načelno sezali do dubine od 500 m. Neki od tih profila prolazili su i uz samu Prevlaku, ali bez indicacija tektonske aktivnosti.

Međutim u toku istraživanja između Prevlake i Oborova snimljeno je pet profila ukupne dužine od oko 15 km. Na svima su izvršena mjerenja metodom refrakcije i refleksije, a njihove su trase postavljene tako da se poklapaju s trasama geoelektričnih sonde radi mogućnosti usporedbe podataka. Ova kombinacija bila je neophodna zbog potrebe ispitivanja naslaga idući od površine pa do petstotinjak metara u dubinu. Refrakcijska i refleksijska snimanja su se stoga nadopunjavala s obzirom na mogućnost dubinskoga dosega jedne i druge metode.

U okviru refrakcijskih ispitivanja postavljeno je ukupno 25 sonde s dužinom dispozitiva od 600 m. Razmak geofona iznosio je 25 m. Povećanje brzina rasprostiranja elastičnih longitudinalnih valova s dubinom bilo je moguće pratiti do dubine od oko 100 m. Na tablama I i II prikazana su dva profila s dromokronama. Zajednički nulti nivo predstavlja površinu terena, koja pak odgovara koti 100 m.

Izdvojene su četiri sredine s približno podjednakim brzinama širenja elastičnih valova. U najplićem dijelu do dubine od prosječno 5 m kontinuirano se prostire površinska rastresita zona građena od humusa i prašinastih tvari s malim brzinama rasprostiranja elastičnih valova (300 — 900 m/sek.). Slijedi refrakcijska sredina s brzinama od 1 300 do 1 450 m/sek i to približno do dubine od 20 do 30 m. Zbog litoloških promjena ovu sredinu, koja se načelno može usporediti s pokrovnim slojem prema geoelektričnim ispitivanjima, nije moguće pratiti kontinuirano. Dapače ona ponegdje nedostaje tako da u dodir s površinskim humusnim i rastresitim materijalima dolazi zona s brzinama širenja elastičnih valova od 1 500 do 1 700 m/sek. Promjenjive je debljine, a donja granica dolazi približno na dubini između 40 i 80 m i načelno odgovara uvjetnom reperu A (tabla III). To su uglavnom pijesci različite veličine zrna te se mogu usporediti s pješčano-šljunkovitom zonom na geoelektričnim profilima (60 — 80 *ohm m*).

U najdubljoj refrakcijskoj sredini brzina rasprostiranja elastičnih valova kreće se između 1 750 i 2 000 m/sek. Raščlanjivanje ove serije naslaga pa niti određivanje njezine donje granice nije bilo moguće zbog odnosa i slijeda slojeva nepovoljnih za metodu refrakcije. Ne postoje markantni slojevi s izrazitim povećanjima brzina s obzirom da prema bušotinskim podacima slijede pješčani, u gornjim partijama šljunkoviti, horizonti i u povremenoj alternaciji s glinama i prašinastim tvarima.

Povećanje brzina prvenstveno ovisi o najrazličitijem odnosu veličine i gustoće pojedinih zrna, zbijenosti, saturaciji podzemnom vodom itd. Ipak uspoređujući vrijednosti longitudinalnih brzina elastičnih valova dobivenih refrakcijskim ispitivanjima sa srednjim brzinama određenim mjerenjima u bušotinama konstatirana je dobra podudarnost njihovih vrijednosti.

Prema refrakcijskim istraživanjima područje između Oborova i Prevlake do dubine od oko 100 m odlikuje se ravnomjernom sedimentacijom bez znakova tektonske djelatnosti. Bočne promjene litološkoga sadržaja otežavaju ili onemogućuju mjestimično kontinuirano praćenje određenih refrakcijskih sredina.

Snimanja metodom plitke reflektivne seizmike izvedena su tako da pruže što više podataka do dubine od 0,5 sek dvostrukoga vremena, tj. o najmlađim neogenskim i kvartarnim naslagama. Korišten je raspon geofonskih grupa od 10 m sa 100% -tnim podzemnim prekrivanjem. Za izvor elastičnih valova korišten je 1 kg eksploziva na dubini od 10 m kako bi se postigao povoljan odnos korisnoga signala i smetnje. Razmak točaka paljenja iznosio je 120 m, a trase seizmičkih profila međusobno su se sjekle u pet točaka.

Snimljeni terenski podaci obrađeni su na analognom seizmičkom procesoru uz slijedeće operacije: energetska izjednačavanje, dinamičko korigiranje, analogno filtriranje i izrada vremenskih presjeka.

Statičke korekcije nisu računane radi zanemarljivo malih varijacija nadmorskih visina i jednolike površinske rastrošene zone na čitavom području, tako da je površina zemlje smatrana nivoom svođenja (nulto vrijeme).

Analizom značajki materijala u istraživačkim bušotinama, kao i mjerenjima brzina širenja elastičnih valova u njima ustanovljeno je da ne postoje dovoljno izražene litološke promjene, a što je uvjetovalo nepostojanje izrazitoga horizonta — reflektora. Zbog toga nije bilo moguće izraditi strukturnu kartu koja bi se temeljila isključivo na podacima reflektivne seizmike pa je s geofizičkog stajališta bilo praktičnije dati ocjenu za svaki profil pojedinačno.

Profil II (tabla I) kao cjelina kvalitetno je ujednačen. U najplićim dijelovima vremenskog presjeka, približno do dubine 0,5 sek dvostrukoga vremena, nisu jače izraženi refleksi. Djelomično se vide seizmički nailasci koji upućuju na izvjesni kontinuitet. Litološke se i tektonske promjene na temelju ovih fragmentarnih refleksa ne mogu odrediti.

Profil III (tabla II) po svojim je značajkama u seizmičkome smislu veoma sličan profilu II. Plitki refleksi nisu kontinuirani, ali ostavljaju dojam paralelnosti te se može zaključiti da je bio normalan slijed taloženja bez tektonskih poremećaja.

Gotovo identično može se iznijeti i za ostale profile. Možda se donekle izdvaja profil IV koji je najduži. Na njegovu jugozapadnom dijelu kod Save poremećen je kontinuitet refleksa. Poremećaj je najvjerojatnije posljedica prisutnih naplavina i nanosa koji uzrokuju veliki gubitak seizmičke energije. Još dalje prema jugozapadu zanimljive su promjene seizmičkih rezultata što upućuje na bočne litološke promjene ili eventualno na fleksurni položaj slojeva kao odraz djelovanja rasjeda na bliskome horstu Martinska Ves.

Istraživačko bušenje

Izrađeno je 6 bušotina koje se nalaze na trasama seizmičkih profila, odnosno njihovim sjecištima, a ujedno se poklapaju s geoelektričnim sondama. Dubina najpliće iznosi 251 m, a najdublje 425 m. Ukupna dužina bušenja iznosi 1 846 m. Na bušotini OS-1 jezgra je uzimana kontinuirano od 0 do 354 m tj. do dna, a također i na ostalim lokalitetima u prvih pedesetak metara radi geomehaničkih ispitivanja. Dalje je uzeto u prosjeku oko 2 m (najmanje 1 m) jezgre na svakih 10 m bušenja.

Nakon završenoga bušenja izvršena su geofizička ispitivanja (karotaža) i proširivanje bušotina radi ugradnje pijezometarskih cijevi.

Geofizička ispitivanja u bušotinama obuhvatila su mjerenje spontanoga potencijala (SP), prividnoga specifičnog otpora sondama mala normala (R_a , 16") i velika normala (R_a , 64"), a na OS-1, -2 i -3 i sondom lateral 6". Radioaktivna ispitivanja izvršena su metodom mjerenja intenziteta prirodnoga polja gama zračenja (γ karotaža). Obavljena su još i temperaturna mjerenja, kao i mjerenja brzine širenja elastičnih valova.

Usporedbom podataka bušenja i interpretacijom karotažnih krivulja vrlo jasno su se mogli izdvojiti pjeskoviti i pjeskovito-šljunkoviti slojevi od glinovitih i prašinastih kako je prikazano na tabli III.

Podaci mjerenja brzina širenja elastičnih valova služili su kasnije za određivanje dubine granica sredina različitih elastičnih svojstava, odnosno za određivanje seizmičkih svojstava tla.

Mjerenja su izvedena tako da su određeni karakteristični nivoi u bušotini pomoću karotažnih ispitivanja (litološke promjene), a zatim su na ta mjesta stavljeni geofoni, dok se jedan geofon nalazio neposredno uz ušće bušotine. Eksplozivna punjenja postavljena su u plitke bušotine dubine 2 m na udaljenostima 50 m i 60 m od ispitivane bušotine.

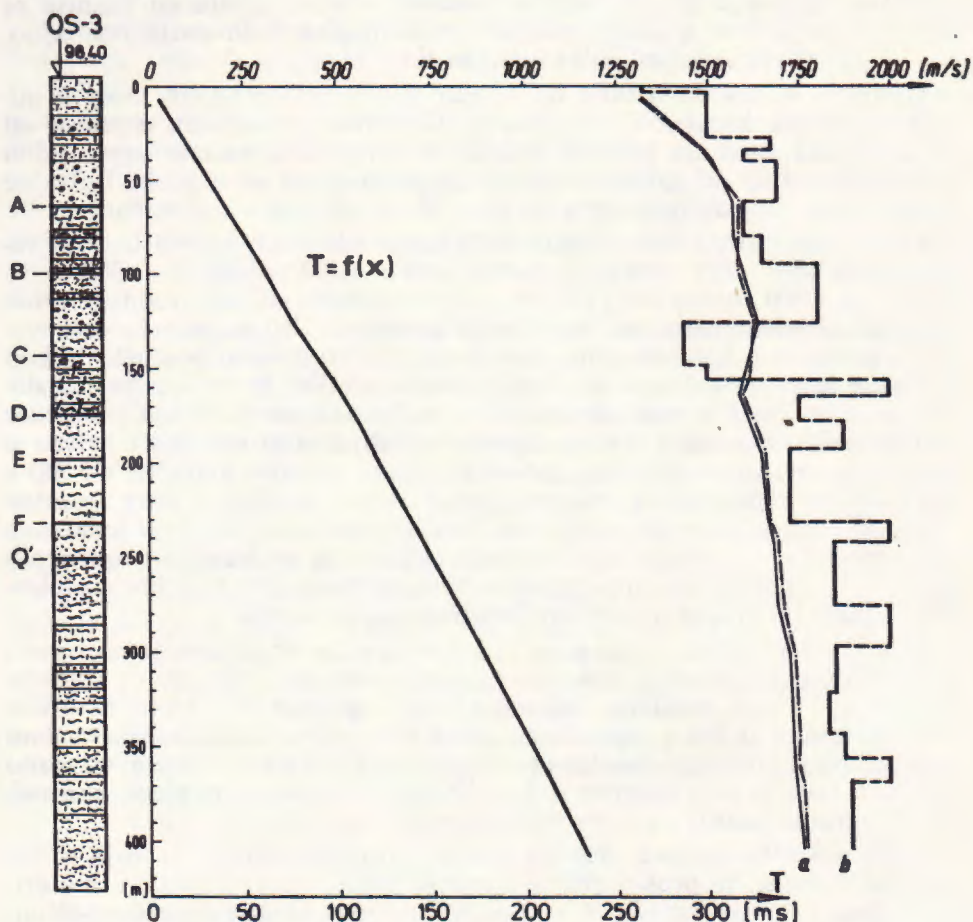
Vrijednosti brzina širenja elastičnih longitudinalnih valova u sloju variraju od oko 1 250 m/sek do nešto preko 2 000 m/sek, a najčešće se kreću od 1 500 m/sek do 1 800 m/sek. Izračunate su još srednje brzine i brzine određene metodom najmanjih kvadrata. Dijagram ovisnosti vremena (milisekunde) s obzirom na dubine (metri) $T=f(x)$ poslužio je kod geološke interpretacije plitkih reflektivnih profila. Brzine se prema dubini povećavaju i to podjednako na svim lokalitetima. Možda su u tom smislu najilustrativniji upravo spomenuti dijagrami ovisnosti brzina o dubinama. Svi su međusobno gotovo identični, pa npr. krivulja $T=f(x)$ s OS-3 (sl. 5) reprezentira mjerenja na svih 6 bušotina i zbog izuzetne sličnosti gotovo da može zamijeniti bilo koju od njih. Ovakvu jednoznačnost moguće je tumačiti ujednačenim fizikalnim osobinama probušenih naslaga ili drugim riječima ujednačenim rasporedom pojedinih litoloških članova po dubini u čitavom istraživanom prostoru.

Litološka determinacija jezgara obavljena je na terenu kontinuirano za vrijeme bušenja te su djelom istovremeno, a dijelom naknadno vršena različita laboratorijska ispitivanja. Uspoređivanjem svih podataka u toku terenskoga rada i kasnijim kabinetskim radom omogućena je korelacija naslaga te je određeno 7 uvjetnih repera, odnosno markera koje je bilo moguće nakon litološke analize i pregleda karotažnih dijagrama pratiti na svim bušotinama (tabla III).

Prvih nekoliko metara pripada površinskoj rastesitoj zoni koja se sastoji od humusa te prašiniastih glinovito-pjeskovitih tvari. Slični materijali slijede dublje između 10 i 20 m. Nakon toga nastupa pješčano-šljunkovita serija. U njezinu gornjem dijelu do uvjetnoga repera A prevladavaju šljunci i uglavnom krupnozrnasti pijesci s jednim nešto izraženijim glinovitim slojem. Ispod A do uvjetnog repera Q' dosta pravilno izmjenjuju se pješčani i glinoviti horizonti, ali s jasnim prevladavanjem pješčane komponente. Veličina zrna se prema dubini smanjuje tako da se šljunci gube približno do dubine od 150 m, te daljnih stotinjak metara do uvjetnoga repera Q' prevladavaju pijesci. U donjem dijelu šljunkovito-pjeskovite serije nalazi se i najmarkantniji glinoviti sloj čija se debljina kreće oko 30 do 50 m između repera E i F. Opisane promjene litoloških odlika vrlo se dobro mogu uočiti na karotažnim dijagramima po oscilacijama krivulja.

Ispod uvjetnog repera Q' krivulja kao da se smiruje, a sadržaj uzetih jezgara ukazuje na prevladavanje glinovite komponente. Pješčani slojevi su rjeđi i često izmiješani s glinama.

Ovaj sažeti prikaz slijeda naslaga moguće je dati s obzirom da se radi o relativno malom području istraživanja od svega desetak četvornih kilometara. Svakako da bi se u širem prostoru osjetile promjene, bilo u detaljima, bilo u općem rasporedu naslaga. Ipak nije naodmet spomenuti



Sl. 5. Dijagram srednjih (a) i intervalnih (b) brzina u bušotini OS-3.

Fig. 5. Diagram of average (a) and interval (b) velocities in borehole OS-3.

da se osnove značajke ovoga slijeda taložina mogu pratiti i mnogo dalje kao npr. u istočnoj Slavoniji prema podacima *Urumovića i dr. (1978)* te *Batušića i Urbihe (1979)*.

Detaljni prikaz profila probušenih naslaga (skraćeni opis) pogledajmo na primjeru OS-1, gdje je uzimana jezgra kontinuirano duž čitava kanala bušotine. Velikim tiskanim slovima označena su mjesta na kojima se nalaze uvjetni repери.

- | | | |
|--------|------|---|
| 0,00 — | 2,40 | Humus, a zatim prašinstva glina i pjeskoviti prah žutosmeđe boje. |
| 2,40 — | 4,90 | Prašinstva pijesak sive boje. |

4,90 — 11,00	Glina siva do sivoplava, prašinstava s 10% pijeska.
11,00 — 17,70	Pijesak sive boje jednoličnoga granulometrijskog sastava s 22% prašinstavih i 8% glinovitihi čestici.
17,70 — 27,60	Šljunak sitno — do srednjozrnast, pretežno sive boje. Valutice mjestimice i do 80 mm promjera.
27,60 — 32,50	Glina siva, prašinstava. Prvih 1,40 m treset i ugljevita glina. Radio-carbon analiza ukazuje na starost od $\geq 45\ 000$ godina, a palinološkom analizom određen je polen četinjača.
32,50 — 56,10	Pijesak sitnozrnast do krupnozrnast sa šljunkom i nešto praha. Valutice do 30 mm promjera. U intervalu 47,50—47,60 m određena je ostrakodska zajednica srednjopleistocenske starosti po A. S o k a č, 1978.

A

56,10 — 56,30	Glina sivozelena, masna.
56,30 — 66,00	Pijesak u izmjeni s pjeskovitim prahom sive boje. Obilje mikrofosilnih ostataka, a mjestimice i biljnih tragova.
66,00 — 87,10	Pijesak sive boje sa šljunkom. U nekoliko nivoa zamjećuje se gradacija zrna. Npr. u prvih 2 m dolazi šljunkoviti pijesak, a pri dnu ovoga intervala (80 m) dolaze valutice promjera 10 mm, ali ima ih i do 20 mm. Kvarcnoga su i karbonatnoga sastava. Na dubini od 69 m te između 86,80 i 87,10 m dolaze ugljevite gline i treset. Radio-carbon analiza dala je u oba slučaja podatak $\geq 45\ 000$ godina starosti, a palinološkom je dobiven nalaz polena četinjača.
87,10 — 101,00	Glina i prašinstava glina s 3 m debelim proslojkom pijeska i šljunka u središnjem dijelu. U intervalu 90,00 — 90,10 m nađena je srednjopleistocenska zajednica ostrakoda koju karakteriziraju brojni kandonski oblici (A. S o k a č, 1978).

B

101,00 — 124,40	Pijesak srednjozrnast, sive boje sa šljunkom kremena i karbonatnoga sastava. Promjer valutica od 10 mm do 20 mm. U središnjem dijelu sloj glinovitog praha debljine 40 cm.
124,40 — 132,60	Glina prašinstava sive boje. Na dubini od 127 m tamnosmeđa do crna ugljevita glina s proslojcima treseta. Palinološkom analizom utvrđen veći udjel četinjača u odnosu na listopadno drveće. Zanimljiva je prisutnost velikoga broja spora paprati <i>Osmunda</i> , što inače nije čest slučaj.
132,60 — 138,60	Pijesak srednjozrnast do sitnozrnast sive boje.

138,60 — 151,40 Glina sive boje. U gornjem vršnom dijelu intervala 1 m tamnosmeđe do crne ugljevite gline s polenom četinjača i bogat srednjopleistocenskom ostrakodskom mikrofaunom: *Candona neglecta*, *C. albicans*, *Cyclocypris leavis*, *C. ovum*, *Scottia tumida*, *Ilyocypris bradyi* i *Paralimnocythere compressa* (A. S o k a č, 1978).

C

151,40 — 157,50 Pijesak sa sitnozrnastim šljunkom i ostacima unionida pri dnu.

157,50 — 161,00 Glina siva, prašinasta s vapnenim konkrecijama.

161,00 — 168,30 Pijesak siv, srednjo- do krupnozrnast. Pri dnu prašinate tvari s bogatom srednjopleistocenskom mikrofaunom sličnoga sadržaja kao u prethodnome intervalu (A. S o k a č, 1978).

168,30 — 173,70 Glina sivozelenkasta do smeđasta, masna s ostacima organske tvari i uklopcima sličnim tresetu. U donjem dijelu javlja se nešto pijeska. U uzorku s dubine od 172,20 m dolazi *Quercu-Carpinetum*. Kao i prije veliki je udjel četinjača, posebno bora, a zanimljivo je da od listopadnoga drveća nedostaje bukva.

D

173,70 — 196,00 Pijesak srednjo- do krupnozrnast. U središnjem dijelu proslojak gline debljine 2 m s vapnenim konkrecijama.

E

196,00 — 232,60 Glina siva, plavičasta, smeđa do tamnosmeđa, mjestimice pjeskovita ili prožeta sitnozrnastim pijeskom. Česti fosilni nalazi. Interval od 211 m do 215 m obiluje unionidima. U uzorku s 201,10 m i dublje zamijećuje se promjena u sastavu faune ostrakoda. Karakterizirana je učestalijom prisutnošću roda *Scottia* pored kojega dolaze i kandonski oblici — srednji pleistocen (A. S o k a č, 1978).

F

232,60 — 250,20 Pijesci krupnozrnasti u izmjeni s djelomice zaglinjenim sitnozrnastim pijescima.

Q'

250,20 — 253,10 Glina.

- 253,10 — 267,20 Pijesci sitnozrnasti, glinoviti u izmjeni s prašinstim glinama. Mikrofosilni sadržaj u uzorku s 258,20 m određen je kao donjopleistocenski. Javljaju se *Scottia ex gr. tumida*, *S. gagicæ* s *Candona neglecta*, *C. stupeљи*, *Ilyocypris slavonica* (A. S o k a č, 1978).
- 267,20 — 276,00 Glina pretežno siva, prašinstava do sitnopjeskovita s vapnenim konkrecijama.
- 276,00 — 282,00 Pijesak srednjozrnast sive boje. U uzorku s 277,20 m uz *Quercu-Carpinetum* nađeni su tercijarni elementi kao *Carya*, *Tsuga*, *Cupressaceae* i *Fagus*.
- 282,00 — 334,00 Glina u gornjem dijelu često sitnopjeskovita, a u donjem prašinstava. Mikropaleontološki sadržaj upućuje na pripadnost donjem pleistocenu (A. S o k a č, 1978). Prema analizi polena povećao se udjel liščara *Quercu-Carpinetum*, a srazmjerno smanjio udjel četinjača.
- 334,00 — 342,70 Pijesak u izmjeni s glinom i prašinstom glinom sive i smeđe boje.
- 342,70 — 343,70 Glina.
- 343,70 — 354,00 Pijesak u alternaciji s glinom.

Detaljna geomehanička ispitivanja obavljena su na svim bušotinama do dubine pedesetak metara. Ustanovljeno je da je tlo nehomogeno, uslojeno, a sastoji se od debljih slojeva propusnoga materijala koji je uglavnom slabe do srednje zbijenosti s tanjim proslojcima koherentnoga, malopropusnoga materijala. Nivo podzemne vode registriran je vrlo visoko i nalazi se na svega 2 do 3 m ispod površine terena.

Od mikropaleontoloških ispitivanja izvršene su mikrofaunističke i mikroflorističke analize radi utvrđivanja stratigrafske pripadnosti i korelacije naslaga.

Određivanje mikrofaune izvršeno je na ukupno 227 uzoraka iz svih 6 bušotina i to metodom muljenja. Uzorci su odabirani ovisno o lito-loškom sastavu, ali u prosjeku uzet je po jedan uzorak na svakih 9 m bušenja.

Probušene naslage pripadaju pleistocenu i to donjem, srednjem i gornjem prema detaljnim određivanjima ostrakodskih zajednica. Ukupno je utvrđeno 54 vrste od kojih su 4 nova oblika (A. S o k a č, 1978).

Međusobna usporedba mikrofaune u analiziranim bušotinama dala je dobre rezultate posebno stoga što je bilo moguće usporediti nalaze na približno podjednakim nivoima.

Palinološkim istraživanjima obuhvaćena su 22 uzorka s bušotina OS-1 i OS-3 radi utvrđivanja sastava polenskoga spektra, odnosno paleoflorističkih karakteristika za vrijeme taloženja ispitivanih naslaga.

Radio-carbon analiza (C-14) izvršena je na ukupno 5 uzoraka s bušotina OS-1, OS-3 i OS-4. Uzorci su po sastavu uglavnom odgovarali tresetima s većom ili manjom primjesom gline. Kako je već izneseno u 3 intervala iz OS-1 određena je starost $\geq 45\ 000$ godina (granica mogućnosti mjerenja), a to se odnosi i na jezgru s 31,30 m dubine iz OS-3. Jedino na ugljevitog glini iz OS-4 (5,10 m) određena je starost od 20 000 godina.

GEOLOŠKA INTERPRETACIJA

Analizom svih podataka istraživanja omogućena je korelacija probušenih naslaga, odredba njihove stratigrafske pripadnosti uz odgovarajuću kartografsku interpretaciju.

Korelacija naslaga temelji se na podacima bušenja, a posebno na karotažnim snimanjima u bušotini. S obzirom da je u bušotini OS-1 uzimana jezgra od ušća do dna za vrijeme čitava procesa bušenja bilo je moguće izvršiti osnovnu usporedbu litoloških značajki s karotažnim krivuljama. Ovim su se opažanjima priključili i podaci mikrofaunističkih i palinoloških ispitivanja. Prepoznavanjem istih slojeva u bušotinama izdvojeno je 7 uvjetnih repernih horizonata. To su idući odozdo prema gore Q', F, E, D, C, B i A (tabla III). Lokalnoga su značaja te su nazvani uvjetnima s obzirom na relativno malu površinu istraživanja, pa za sada nije moguće odrediti njihove značajke u širem prostranstvu. Prema naftno-geološkim istraživanjima najplići regionalni reper na čitavom teritoriju Panonskoga bazena u SR Hrvatskoj je *a'*. Približno odgovara granici paludinskih i rhomboidejskih slojeva. No, čini se, da je moguće razlikovati bar još jedan viši horizont (Q'). Na mogućnost njegova izdvajanja ukazali su Urumović i dr. (1976), a zatim su u istočnoj Posavini kartirali naslage koje sežu od njega do površine terena nazvavši ih »rastresitim pokrivačem« (1978). Batušić & Urbih (1979) obilježili su ga brojkom 1 u predjelu Donjega Miholjca, a HERNITZ i dr. (1980) izdvojili su ga u Savskoj potolini, svuda uglavnom analizirajući i uspoređujući karotažne dijagrame dubokih naftnoistraživačkih bušotina.

Ovaj reper ukazuje na izvjesnu promjenu unutar sredine taloženja. To se dobro manifestira na karotažnim krivuljama, posebno onim spontanoga potencijala i prividnoga otpora s obzirom da svojstva fizikalnih, odnosno elektrofizikalnih značajki naslaga imaju jasni odraz na karotažnim krivuljama. Opći je vizualni dojam da su krivulje ispod Q' relativno smirene ili blago »treperave« kako je to vidljivo na OS-1 i OS-5. Litološki sastav je manje-više ujednačen i karakteriziran uglavnom sitnoklastičnim materijalima. Pretežu gline. Iznad Q' su krivulje »nemirne«, naglih otklona i velikih amplituda. Ovdje pretežu propusni gruboklastični materijali.

Zapaža se kako ovdje tako i na dijagramima dubokih naftno-istraživačkih bušotina i to i u Savskoj i u Dravskoj potolini da neposredno ispod uvjetnoga repera Q' dolazi gotovo redovito nepropusni, a iznad propusni sloj.

Možda Q' nema sve značajke pravoga elektrokarotažnog repera prema najstrožim kriterijima s obzirom da nema svuda i na svakom mjestu izraženih i u svakoj prilici identičnih oblika otklona, odnosno »pikova« na karotažnim krivuljama. Ipak taj nivo dobro je uočljiv na nizu lokaliteta i odlikuje se time što odjeljuje dva kompleksa naslaga različitoga litološkog sadržaja i to tzv. »rastresiti pokrivač« od manje propusne podine. Stoga je ipak prepoznatljiv zbog promjene litoloških karakteristika dviju skupina naslaga, i prema dosadašnjim nalazima približno odgovara granici srednjega i donjega pleistocena. Nadamo se da će se daljim istraživanjima doći do potpunijih podataka i novih saznanja.

Sa stratigrafskoga stajališta naslage ispod Q' načelno odgovaraju donjem pleistocenu (Urumović i dr. 1978, Sokač A.,

1978). Zastupane su glinama, prašinstim glinama i sitnozrnastim do srednjozrnastim pijescima. Ponekad su to jasno izdvojeni slojevi, ali često su po dvije ili više litoloških komponenata izmiješane uz prevladavanje jedne od njih. Neposredno ispod Q' nalazi se glinoviti sloj koji na niže prelazi u prašinstu glinu, a zatim se javljaju sitnozrnasti pijesci, često s nešto gline. Mjestimično dolaze tamne gline s pougljenjenim biljnim ostacima pa i nešto treseta.

Javlja se obilje mikrofosila, ma da je fauna ostrakoda osiromašena vrstama. Prema A. Sokač (1978), susreću se *Scottia ex gr. tumida*, *S. longa*, *Candona stupelji*, *C. albicans*, *C. fabaeformis*, *Ilyocypris monstrosa*, *Cyprinotus salinus* itd.

Granicu između gornjega pliocena i donjega pleistocena za sada nije bilo moguće sa sigurnošću postaviti po mikrofaunističkim podacima, no najvjerojatnije se bar dio naslaga ispod Q' može smatrati prijelaznim, pa je ovdje teško govoriti o debljinama donjopleistocenskih naslaga.

Prema palinološkim analizama načelno prevladavaju četinjače, ali ne izrazito, od kojih se susreću *Pinus* (bor) i *Picea* (smreka). Listopadno drveće zastupano je u najvećoj mjeri polenom *Alnus* (joha), *Ulmus* (brjesta) i *Carpinus* (grab), no javlja se i paprat *Osmunda*.

Zanimljiv je nalaz polena *Nyssa* i *Taxodiaceae* (*Taxodium*, *Sequoia*, *Cupressus* — čempres) na OS-3 (interval između 339 i 420,50 m) koja je za čitavih 130 m dublja od OS-1. Prema tome spomenuti bi se interval možda mogao svrstati u tercijar, međutim sva ostala vegetacija ne ukazuje na naročito termofilne uvjete pa se vjerojatno radi o fazi temperaturnih oscilacija iz predgünškoga perioda, odnosno vilafranka. Stoga i prema ovim ispitivanjima najdublji probušeni slojevi između 300 i 400 m odgovaraju prijelazu pliocen/pleistocen.

Ovdje je možda zanimljiva usporedba s nalazima Špoljarića (1952), koji je istraživao pliocenske lignite sjeverne Hrvatske. Prema tim podacima četinjače su dominantna polenska skupina po množini i po broju rodova. Postotni udjel četinjača, od kojih su najbrojniji *Taxodium* i *Sequoia*, često prelazi 80% u odnosu na lisnato drveće, te vodeno i zeljasto bilje.

Naslage srednjega pleistocena leže iznad repera Q'. Probušene su u cijelosti svim bušotinama. Odlikuju se znatnom propusnošću zbog obilja pješčanoga i šljunkovitoga materijala, dok glinovitih slojeva ima manje i tanji su. Idući od nižih prema višim nivoima krupnoća zrna raste. Približno od 150 m na više javljaju se šljunci uglavnom sitno- i srednjozrnasti, promjera valutica između 10 i 20 mm, no ima i onih od 30 mm. Iznad 50 m javljaju se i veće valutice čiji promjer doseže 80 mm, a kod »samaca« i 100 mm.

Taložine srednjega pleistocena uglavnom su ujednačenih debljina, koje se kreću približno između 220 i 260 m. Najtanje su između OS-1 i OS-2, a prema OS-3 i OS-4 zadebljavaju.

Za ove naslage, s obzirom da su u cijelosti probušene, bilo je moguće načiniti relativno detaljnu raščlambu. Idući od Q' na više izdvojeno je sedam intervala po litološkim i elektrofizikalnim značajkama.

Između uvjetnih repera Q' i F dolazi pješčani interval, tanak, ali ujednačenih debljina koje iznose 20 do 30 m.

Iznad F do E slijedi siva do plavičasta, katkada smeđa glina s prahom, a ponegdje (OS-1, OS-5) dolazi nešto sitnozrnastih pijesaka. Debljina varira između 20 i 45 m, a najveća je kod OS-2.

Između E i D nalazi se srednjo- do krupnozrnasti pijesak. Idući od OS-1 prema OS-4 počinju se u gornjem dijelu javljati glinoviti materijali s prahom. Debljine u prosjeku iznose oko 20 m.

Taložine karakterizirane glinovito-pjeskovitom alternacijom ispunjavaju interval do repera C. U središnjem dijelu između OS-1 i OS-3 nalaze se dva pješćana i dva glinovita sloja, od kojih se po jedan gubi idući prema zapadu (OS-4) i istoku (OS-6) vjerojatno radi bočne promjene. Dubine do uvjetnoga repera C iznose oko 125 do 150 m te se uglavnom u gornjem dijelu ovoga intervala počinju javljati veće količine šljunaka.

Donekle slične litološke značajke imaju naslage između uvjetnih repera C i B. Debljine ovoga intervala u prosjeku iznose oko pedesetak metara. U njegovu gornjem dijelu nalaze se sive gline, mjestimično tamnosmeđe do crne, ugljevit. Iznad su sitnozrnasti pijesci s uloškom gline i šljunkom promjera zrna od 10 do 20 mm, a javlja se i treset.

Interval B — A u donjem dijelu je glinovito-prašinstvo, a u gornjem dolazi sivozelena, masna glina. Između bušotina OS-2 i OS-3 nalazi se pješćano-šljunčani uložak s nešto gline i treseta. Debljina intervala znatno varira i to od 25 m kod OS-4 do 50 m u središnjem dijelu, tj. u predjelu najvećih debljina pješćano-šljunčanoga uložka.

Debljina naslaga od A do površine terena kreće se između 50 i 80 m. Vrlo je teško izvršiti korelaciju s obzirom na malu sličnost karotažnih krivulja. To je posljedica čestih bočnih litoloških promjena ili lećastih oblika taložina. U vršnom je dijelu određena prema mikrofaunističkim nalazima granica s gornjim pleistocenom.

Između A i gornjega pleistocena istaloženi su uglavnom rahli pijesci i šljunci, najčešće jednolični do slabo granulirani. U središnjem dijelu javljaju se gline s nešto prašinstva srednje do visoke plastičnosti.

Srednjopleistocenske naslage bogate su mikrofaunističkim nalazima. Po A. S o k a č (1978) najznačajniji su oblici rodova *Scottia*, *Ilyocypris* i *Candona*. Osobito su česte *Scottia tumida*, *S. browniana* i *S. gagicae*, *Ilyocypris slavonica*, *I. malezi* i *I. bradyi*. Od kandonskih oblika zapaža se *Candona neglecta*, a dolazi i *C. compressa*, *C. albicans* i *C. fabaeformis*. Sreću se još *Cytherissa lacustris*, *Metacypris cordata*, a rod *Virgatocypris* nalazi se obilno i u gornjem pleistocenu.

Analizirani fosilni sadržaj ostrakodskih zajednica ukazuje da su se pleistocenske naslage taložile u plitkim stajacim slatkim, rjeđe slaboslanim vodama i u stenotermnoj hladnoj klimi.

Prema palinološkim ispitivanjima kod flore dolazi do izvjesnih promjena u odnosu na onu ispod Q'. Četinjače izrazito prevladavaju nad listopadnim drvećem, pa ako se međusobno usporede, onda učešće polena četinjača doseže u prosjeku 80% i više. Najčešći je rod *Pinus* (do 70%), no dolazi još *Picea*, *Juniperus* (borovica) i *Abies* (jela). Međutim unatoč brojnosti četinjača nedostaju *Taxodiaceae*.

Od lisnatoga drveća nađeni su *Alnus*, *Betula* (breza), *Corylus* (lijeska), *Tilia* (lipa), *Quercus* (hrast) i *Carpinus* (grab).

U uzorku s dubine od 126,70 m na OS-1 nađeno je obilje spora paprati *Osmunda*, koja inače nije česta. Taj je nalaz zbog sličnosti polenskoga spektra korelativan s uzorkom uzetim iz dubine od 132,80 m na OS-3.

Elementi *Quercus-Carpinetum* ukazuju na posljednji interglacijal (R/W) koji su tipični u čitavoj Evropi. Općenito palinološki podaci isto kao i mikrofaunistički ukazuju na hladnu pleistocensku klimu.

Na sva 4 uzorka na kojima je izvršeno mjerenje radio-carbon metodom, a ubrajaju se u srednji pleistocen, određena je starost $\geq 45\ 000$ godina, što odgovara granici mjerenja, pa broj godina može biti i veći. Na OS-1 taj podatak izmjeren je već na uzorku iz dubine od svega 27,60 m.

Interpretacijom geofizičkih podataka, a posebno seizmičkih snimanja načinjene su karte po plohama uvjetnih repera Q' — A (sl. 6—11). Iako na pojedinim kartama postoje određene varijacije, osnovna zapažanja mogla bi se svesti na slijedeće: najistaknutiji, odnosno najviši dio nalazi se kod OS-2, a također i kod OS-5. Na plohama repera F, E, D, C i B međusobno su povezani prijevojem ili izduženim strukturnim sedlom. Ono se prema prikazima na kartama ploha F, E, D i donekle C gotovo pod pravim kutom »lomi« kod OS-2 nastavljajući se prema sjeveru duž profila I. Približno slično tome se ponaša i tok Save.

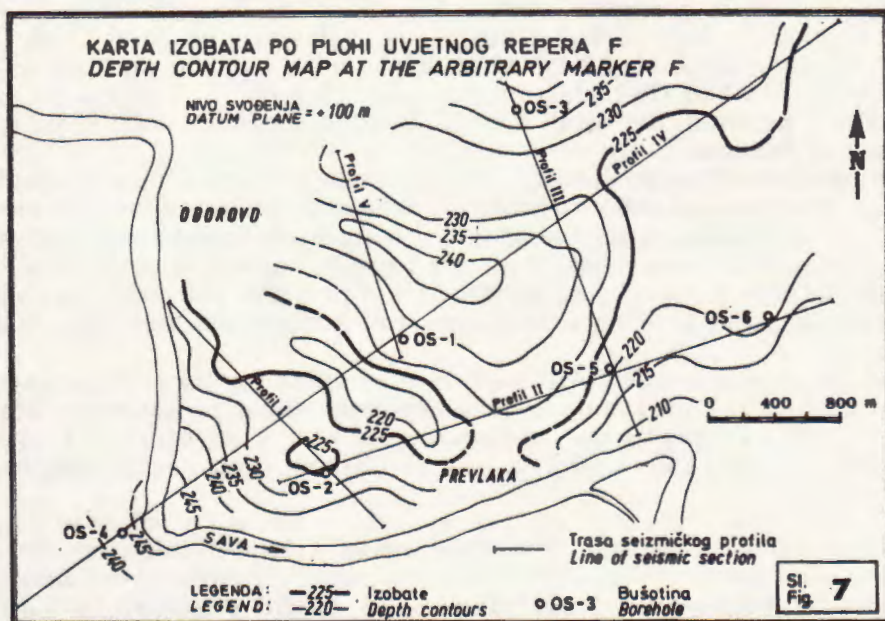
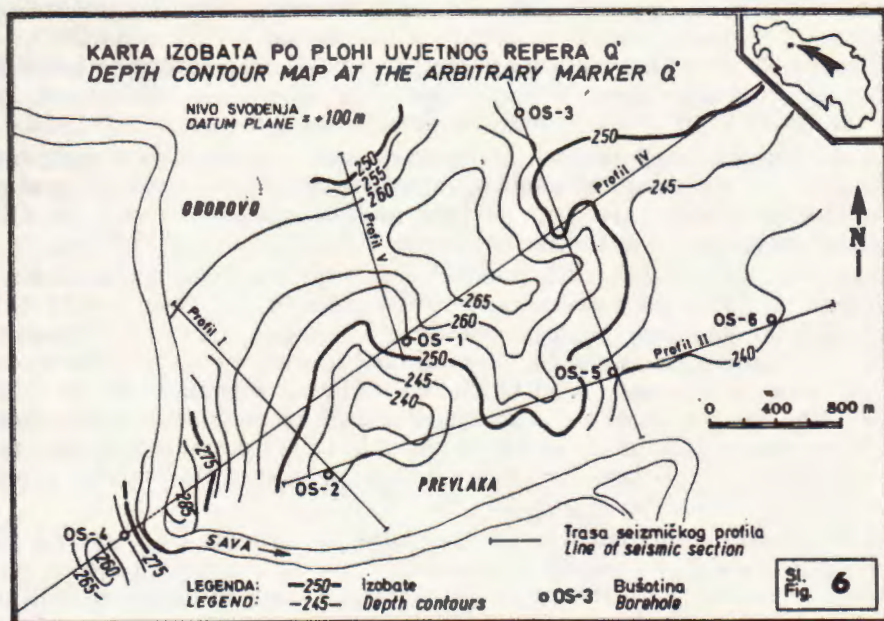
Najdublje uleknine vidljive su kod OS-4 te između OS-1 i OS-3 (Q', sl. 6). Prva se nalazi na oštroj okuci Save južno od Oborova, te je na svim kartama situirana približno na istom mjestu. Druga je promjenljivih oblika i protezanja. Na karti repera F (sl. 7) nešto je izduženija u odnosu na Q', a zatim je proširena prema istoku (E, sl. 8). Na plohi D (sl. 9) nazire se dioba u dvije uleknine, što je još naglašenije na plohi C (sl. 10). Najplići nivoi B (sl. 11) i A (sl. 12) zadržavaju sve osnovne konture, ali je sada uleknina kod OS-1 plića od istočnoga ogranka, koji je znatno produbljen i proširen. Svi ostali detalji dovoljno su dobro uočljivi na spomenutim kartama.

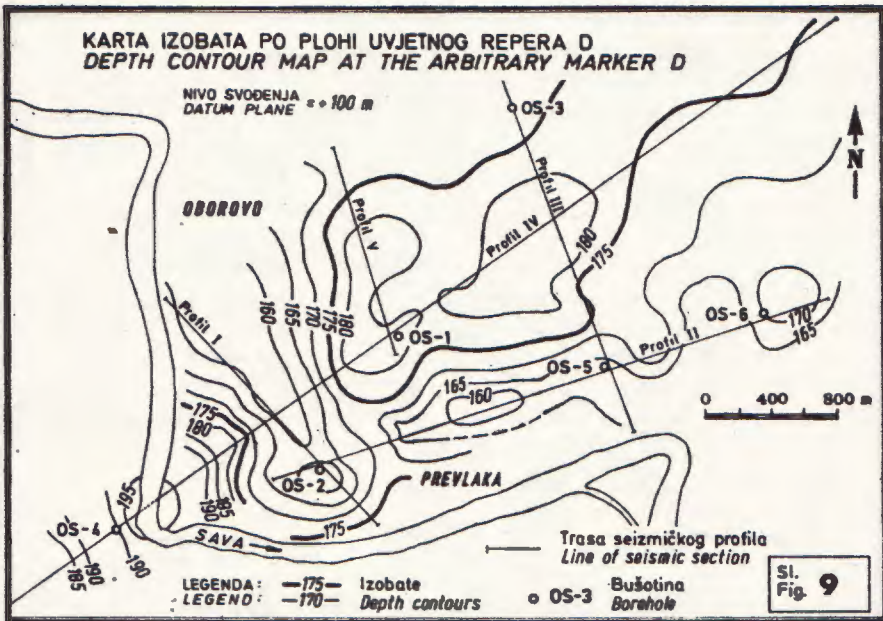
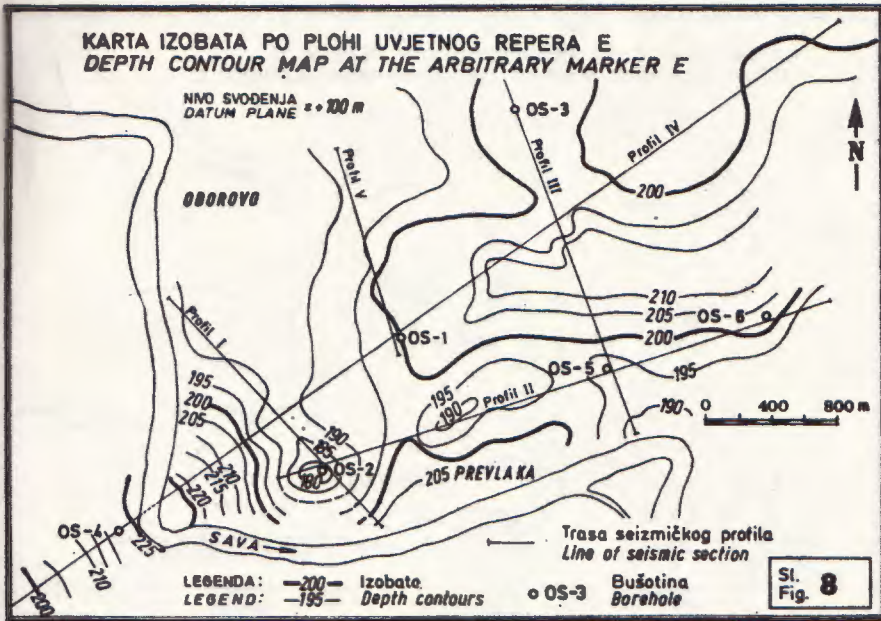
Opisane značajke povijanja ploha repernih horizonata nisu posljedica neke intenzivne tektonske djelatnosti lokalnoga značenja, već su vjerojatno nastale odlaganjem materijala u starom plitkovodnom i močvarišnom prostoru. Tome u prilog govore i nagibi kartiranih ploha, koji i u »najstrmijim« dijelovima ne prelaze 5° , a u prosjeku jedva dosežu 1° , što je toliko zanemarljivo, da se može smatrati horizontalnim položajem slojeva.

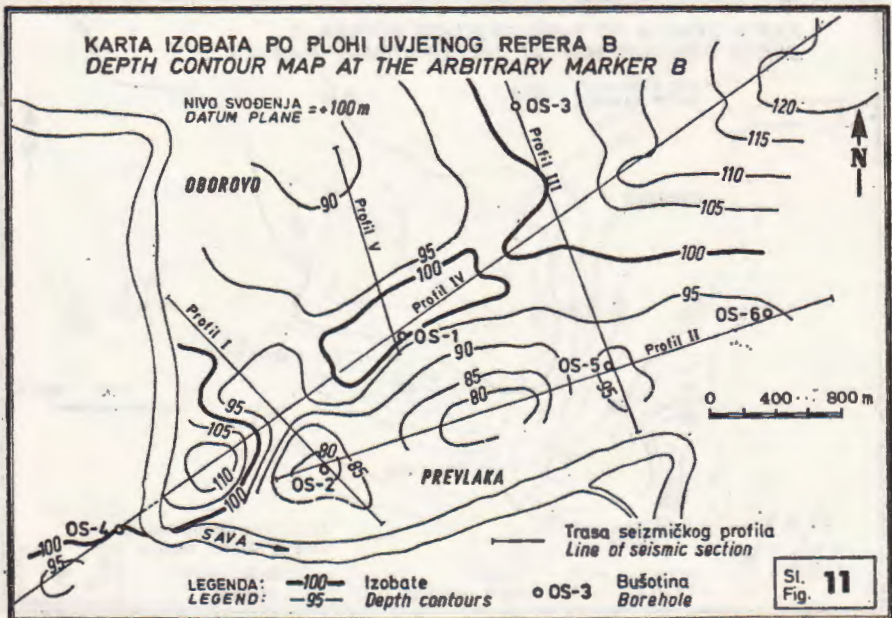
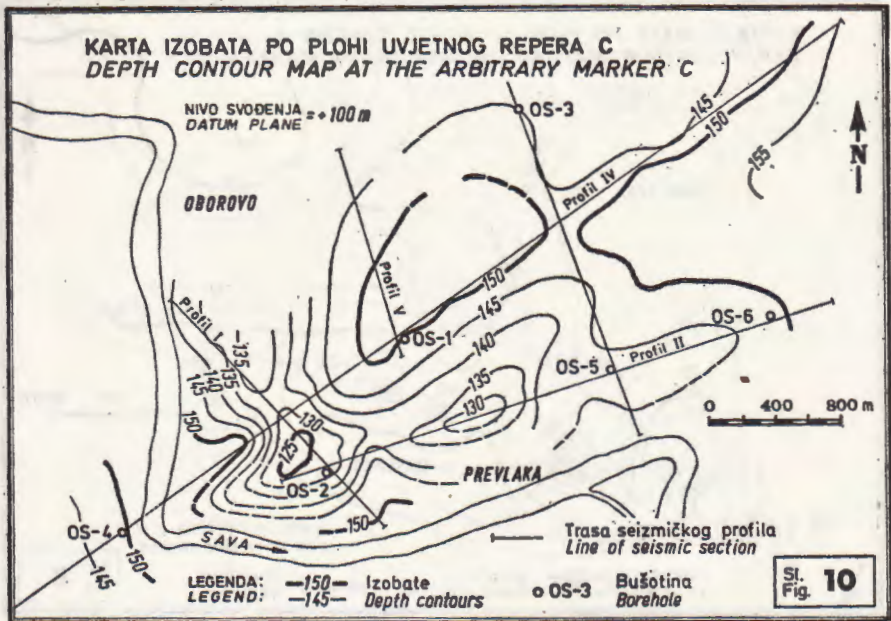
Analizom svih izvedenih ispitivanja nisu uočene nikakve disjunktivne deformacije. Tek na krajnjem jugozapadnom dijelu refleksivno-seizmičkoga profila IV zamijećene su izvjesne indikacije mogućega fleksurnog položaja slojeva, kao odraza rasjeda na bliskom rubu horsta Martinska Ves.

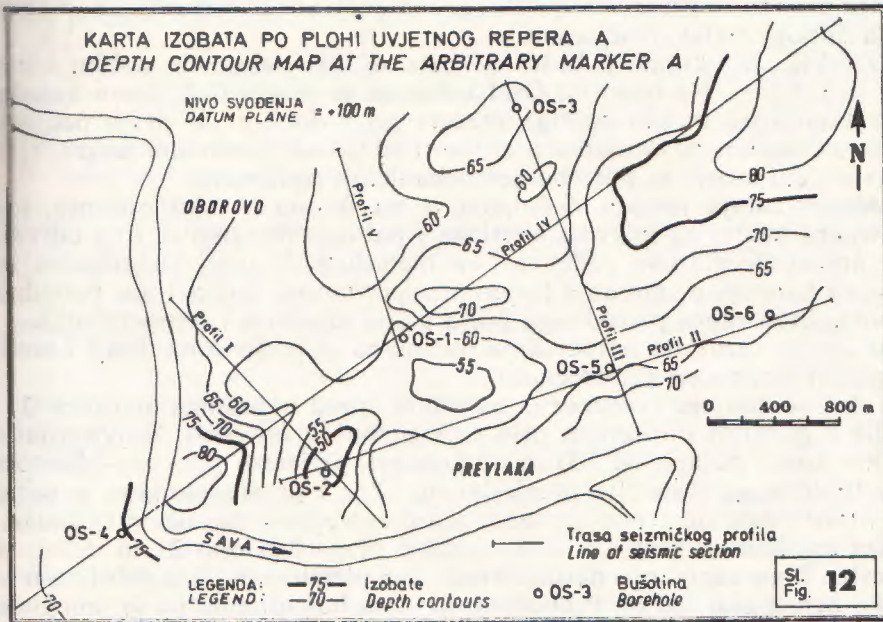
Naslage gornjega pleistocena i holocena nalaze se u gornjem dijelu završnoga intervala iznad repera A. Nije ih bilo moguće razlučiti i promatrati odvojeno. Relativno su tanke i vjerojatno im debljina ne prelazi dvadesetak metara. Mogu se usporediti s pokrovnim slojem prema geoelektričnim snimanjima, odnosno s refrakcijskom sredinom u kojoj su zabilježene brzine između 1 300 i 1 450 m/sek po seizmičkim podacima.

Litološki je sastav neujednačen kako bočno tako i vertikalno pa je teško načiniti korelaciju. Dolaze gline, prašinate gline ili gline s pijeskom,









pijesci, šljunkoviti pijesci i šljunci. Najviši dio sačinjavaju prašinate gline iznad kojih još dolazi humusni pokrivač debljine do 0,5 m. Mjestimično se javljaju biljni ostaci i treset.

Na uzorku s dubine od svega 5,10 m na OS-4 radio-carbon metodom određena je starost od 20 000 godina $\pm 1 000$ godina, što posredno potvrđuje pretpostavku o vrlo maloj debljini holocenskih naslaga.

Mikrofaunistički nalazi na temelju kojih je određena gornjopleistocenska starost uzeti su s malih dubina: na OS-4 sa 6,70 m, na OS-5 s 4,90 m i na OS-6 s 13,60 m. Faunu ostrakoda, karakteriziranu bogatstvom oblika, opisala je A. Sokač (1978). Česte su *Candona candida*, *C. weltneri*, *C. neglecta* i *C. marshica*, dok su *Typhlocypris eremita*, *Eucypris crassa* i *Herpetocypris reptans* ograničeni isključivo na gornji pleistocen. Vrste *Cyclocypris ovum* i *C. laevis* mada se nalaze i u srednjem pleistocenu, susreću se često i u gornjem. Prisutnost roda *Scottia* je rijetka.

ZAKLJUČAK

U površinski malom području između Oborova i Prevlake od desetak četvornih kilometara na lijevoj obali Save načinjena su opsežna terenska i laboratorijska istraživanja kvartarnih naslaga. Namijenjena su izradi geološke osnove za projektiranje i izgradnju posebnoga građevinskog objekta.

Od geofizičkih radova izvedena su geoelektrična ispitivanja te plitka refleksijska i refrakcijska snimanja. Istovremeno je načinjena reinterpretacija

tacija prijašnjih gravimetrijskih i geomagnetskih istraživanja, kao i podataka duboke reflektivne seizmike.

Izrađeno je ukupno 6 bušotina, čija se dna nalaze na dubini između 251 m i 425 m. Na bušotini OS-1 uzimana je jezgra duž čitava kanala, a kod ostalih na svakih desetak metara po 1 do 2 m. U prvih pedesetak metara na svim bušotinama u cijelosti je također uzimana jezgra, tj. neporemećeni uzorci za potrebe geomehaničkih ispitivanja.

Determinacija jezgara načinjena je na terenu u toku bušenja, te su izdvojeni uzorci za mikrofaunističke i palinološke analize i za određivanje apsolutne starosti radio-carbon metodom. U svim bušotinama izvršena su karotažna snimanja (mjerenje spontanoga potencijala, prividnoga otpora, intenziteta prirodnoga polja gama zračenja i temperature).

Analizom rezultata istraživanja načinjena je podjela na donji i srednji te gornji pleistocen s holocenom.

Taložine donjega pleistocena nalaze se ispod uvjetnoga markera Q', no dodir s gornjim pliocenom nije sa sigurnošću određen. Najvjerojatnije slojevi ispod dubine od 300 m odgovaraju prijelazu pliocen—pleistocen.

S litološkoga stajališta prevladavaju gline i prašinate gline u odnosu na sitnozrnaste do srednjozrnaste pijeske. Neposredno ispod Q' nalazi se dosta markantan glinoviti sloj, a iznad njega leži oko 25 m debeli sloj pijeska. Time započinju naslage srednjega pleistocena, čija debljina u prosjeku iznosi oko 250 m. Probušene su svim bušotinama pa je omogućena korelacija i izdvajanje još 6 uvjetnih repernih horizonata.

Od Q' do granice s gornjim pleistocenom izmjenjuju se glinoviti i pješčani slojevi, ali uz prevladavanje glinovite komponente. Približno na dubini od 150 m pa na više počinju se u znatnoj mjeri javljati šljunci, čije valutice u najvišim partijama dosežu i do 100 mm promjera.

Taložine gornjega pleistocena i holocena nije bilo moguće razlučiti. Debljine teško da prelaze dvadesetak metara. Litološki sastav je neujednačen pa nije bilo lako komparirati slojeve koji se sastoje od glina, praha, pijeska i šljunka. Na glini s biljnim ostacima iz dubine od 5,10 m određena je starost 20 000 godina radio-carbon metodom, dok su sva ostala mjerenja u srednjem pleistocenu dala podatak od $\geq 45 000$ godina.

Slojevi su gotovo horizontalni, jer nagibi u prosjeku iznose svega 1°, a »najstrmiji« jedva dosežu 5°.

Svi podaci ukazuju na relativnu stabilnost ovoga područja kroz donji i srednji pleistocen uz povremeno blago spuštanje. Taloženje se odvijalo u plitkoj slatkovodnoj, možda dijelom oligohalinoj sredini. Početkom gornjega pleistocena nastupa okopnjavanje uz postojanje brojnih močva-rišta. Tektonska djelatnost se jedva zamjećuje.

LITERATURA

- Batušić, V. & Urbiha, H. (1979): O primjeni podataka iz naftnih bušotina za pridobivanje termomineralnih voda u Vuka-formaciji pliocena na području Donjeg Miholjca. — *III godišnji naučni skup sekcije A ZSN Jugosl. akad., Novi Sad 1977, Zbornik radova*, knj. I, 273—284, Zagreb.
- Borčić, D., Capar, A., Čakarun, I., Kostović, K., Miletić, P. & Tufekčić, D. (1968): Prilog daljnjem poznavanju aluvijalnog vodonosnog horizonta na širem području Zagreba. — *Geol. vjesnik* 21, 303—309, Zagreb.

- Cvijanović, D., Prelogović, E. & Skoko, D. (1976): Seismotektonska karta područja SR Hrvatske. — *Acta seismologica Jugosl.* 4, 11—23, Beograd.
- Hernitz, Z., Velić, J., Kranjec, V. & Najdenovski, J. (1980): Prikaz diferencijalnih i maloamplitudnih struktura s primjerima iz Savske potoline (Pannonski bazen). — *Nafta* 7—8, 399—409, Zagreb.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Velić, J. & Prelogović, E. (1978): Neke karakteristike dubinske geološke građe u zapadnom dijelu Savske potoline. — *IX kongres geologa Jugoslavije, Zbornik radova*, 87—102, Sarajevo.
- Kranjec, V., Prelogović, E. & Hernitz, Z. (1972): Strukturno-geomorfološko proučavanje neotektonskih gibanja u dijelu Posavine između Zagreba i Siska, te obziri kod planiranja gradnji. — *II simpozij o hidrogeol. i inž. geol., knj. II*, 163—186, Sarajevo—Beograd.
- Nowinska, N., Miletić, P., Borčić, D. & Tufekčić, D. (1967): Prilog poznavanju aluvijalnog vodonosnog horizonta na užem području Zagreba. — *Geol. vjesnik* 20, 293—301, Zagreb.
- Prelogović, E., Cvijanović, D., Kranjec, V., Skoko, D., Fritz, F., Bojanić, L., Zagorac, Z., Hernitz, Z., Velić, J., Ivičić, D. & Marić, K. (1978): Primjeri definiranja projektnih parametara učinka seizmičkih sila povezani s geološkom građom u SR Hrvatskoj. — *V simpozij o hidrogeol. i inž. geol., knj. II*, 215—234, Beograd.
- Sokač, A. (1978): Pleistocene ostracode fauna of the Pannonian Basin in Croatia. — *Paleont. Jugosl.*, 21, 1—51, Zagreb.
- Šimunić, A. & Basch, O. (1975): Stratigrafija kvartarnih sedimenata zagrebačkog posavlja. — *Geol. vjesnik* 28, 153—164, Zagreb.
- Špoljarić, Z. (1952): Anatomski i polenanalitički istraživanja nekih lignita iz sjeverne Hrvatske. — *Jugosl. akad., Prirodoslovna istraž.* 26, 129—226, Zagreb.
- Turić, G. (1978): Studija područja Črnkovec kao potencijalnog crpilišta vodovoda grada Zagreba. — *Zbornik referata Simpozija o istraživanju, eksploataciji i gospodarenju podzemnim vodama*, 33c—45c, Zagreb.
- Urumović, K., Hernitz, Z. & Šimon, J. (1978): O kvartarnim naslagama istočne Posavine (SR Hrvatska). — *Geol. vjesnik* 30/1, 297—308, Zagreb.
- Urumović, K., Hernitz, Z., Šimon, J. & Velić, J. (1976): O propusnom mediju kvartarnih te gornjo- i srednjopliocenskih naslaga sjeverne Hrvatske. — *IV simpozij o hidrogeol. i inž. geol., knj. I*, 395—410, Skopje.

An example complex geological-geophysical investigations of Quaternary deposits in the surrounding of Prevlaka

Z. Hernitz, S. Kovačević, J. Velić, B. Zeljko and M. Urli

Comprehensive field and laboratory investigations of Quaternary deposits have been performed in the area between Oborovo and Prevlaka of a few tens square kilometers, situated at the left bank of the Sava river. The investigations were undertaken to obtain a geological basis for projecting and construction of a large civil-engineering object.

Geophysical investigations included geoelectrical explorations as well as shallow seismic reflection and refraction measurements. Simultaneously, the data of previously executed gravity and magnetic survey and the deep reflection seismic measurements were re-interpreted.

Within the investigation area 6 boreholes were drilled, to the depth between 251 and 425 m. The drill cores were collected from the total length of the borehole OS-1, the other boreholes were sampled 1—2 m per 10 meters. The drill cores from all the boreholes were collected within the uppermost fifty meters, i. e. the undisturbed samples for geomechanical investigations.

The core determination was done during the drilling operation in place and samples were selected for microfaunistic and palynologic analyses and for the age ascertainment by the radio-carbon method. The well logging was performed in all the boreholes (spontaneous polarization, apparent resistivity, intensity of natural gamma radiation, temperature).

By the analysis of results of all the investigation works, the embraced deposits have been divided into the Lower, Middle and Upper Pleistocene with Holocene.

The deposits of the Lower Pleistocene are lying below the arbitrary marker Q' but the boundary with the Upper Pliocene could not be determined with any certainty. Most probably, the deposits below the depth of 300 m correspond to the transition zone Pliocene/Pleistocene.

From the lithologic point of view clays and silty clay are predominant in the deposits with regard to fine- to medium-grained sands. Immediately below the marker Q' lies a rather remarkable clayey layer, and above Q' a sand layer with a thickness of some 25 m. It is the beginning of deposits of the Middle Pleistocene having the thickness of some 250 m on an average. These deposits have been drilled through with all the boreholes what made possible to define and to correlate the other 6 arbitrary markers.

Clayey and sandy layers alternate from the marker Q' to the boundary with the Upper Pleistocene, but with the predominance of the sandy component. Gravels appear in greater portion at the depth of approx. 150 m and upwardly; their pebbles in the highest levels reach 100 mm in diameter.

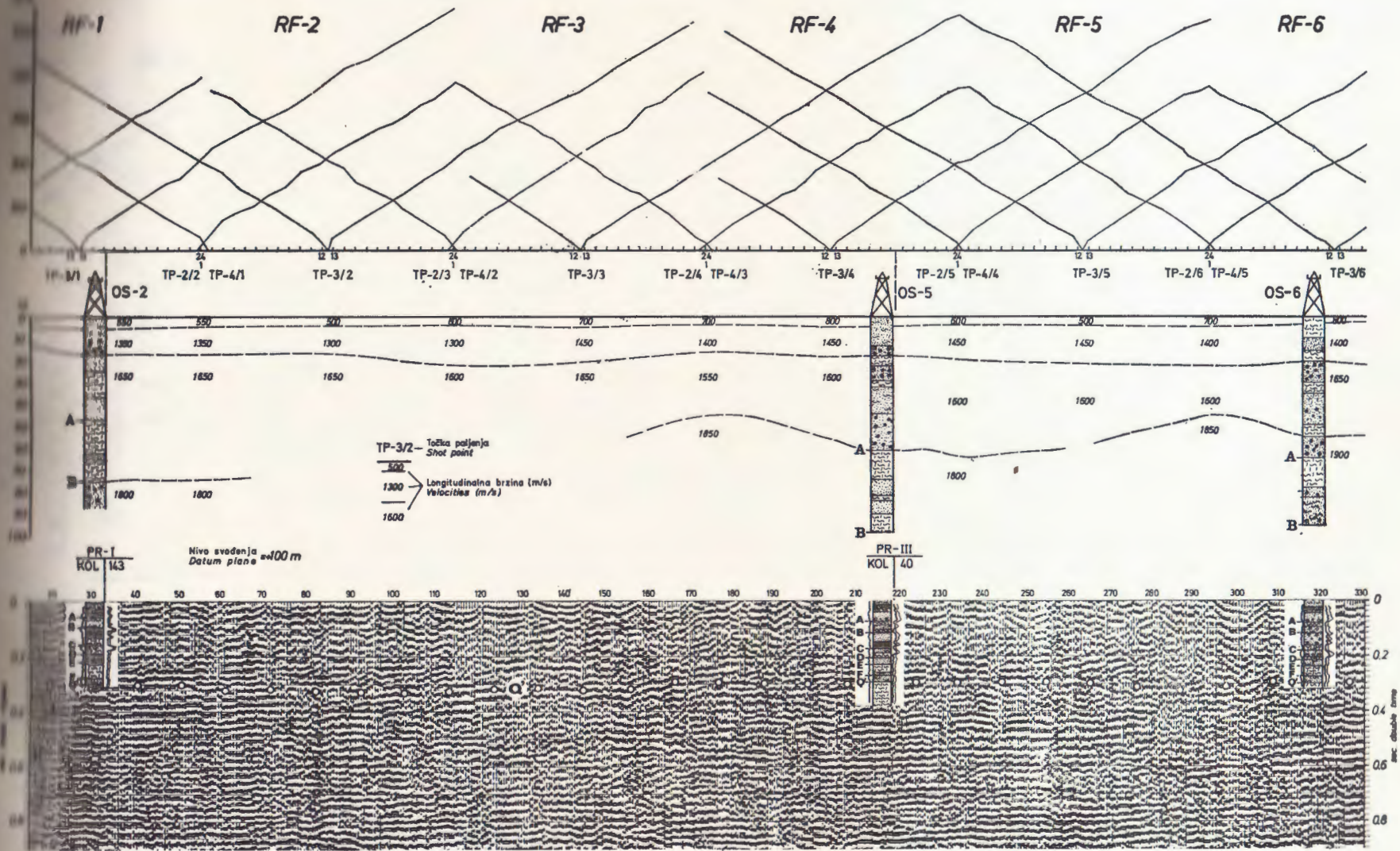
The deposits of the Upper Pleistocene and of the Holocene could not be divided and their thickness exceed 20 m hardly. The lithologic composition varies and the correlation of the layers composed of clays, silts, sands and gravels was not possible. The age of 20 000 years has been determined by the radio-carbon method of a clay sample containing plant relicts, from the depth 5,10 m. The other age determinations of the samples belonging to the Middle Pleistocene gave an age of 45 000 years or more.

The layers are almost horizontal, the dips are approximately 1°, the greatest dips do not exceed 5°.

All the relating data point out to the relative stability of the investigated area during the Lower and Middle Pleistocene, with only slight and temporary subsidence. The sedimentation occurred in shallow freshwater, partly oligohaline environment. With the beginning of the Upper Pleistocene the final emersion began which gave rise to numerous swamps.

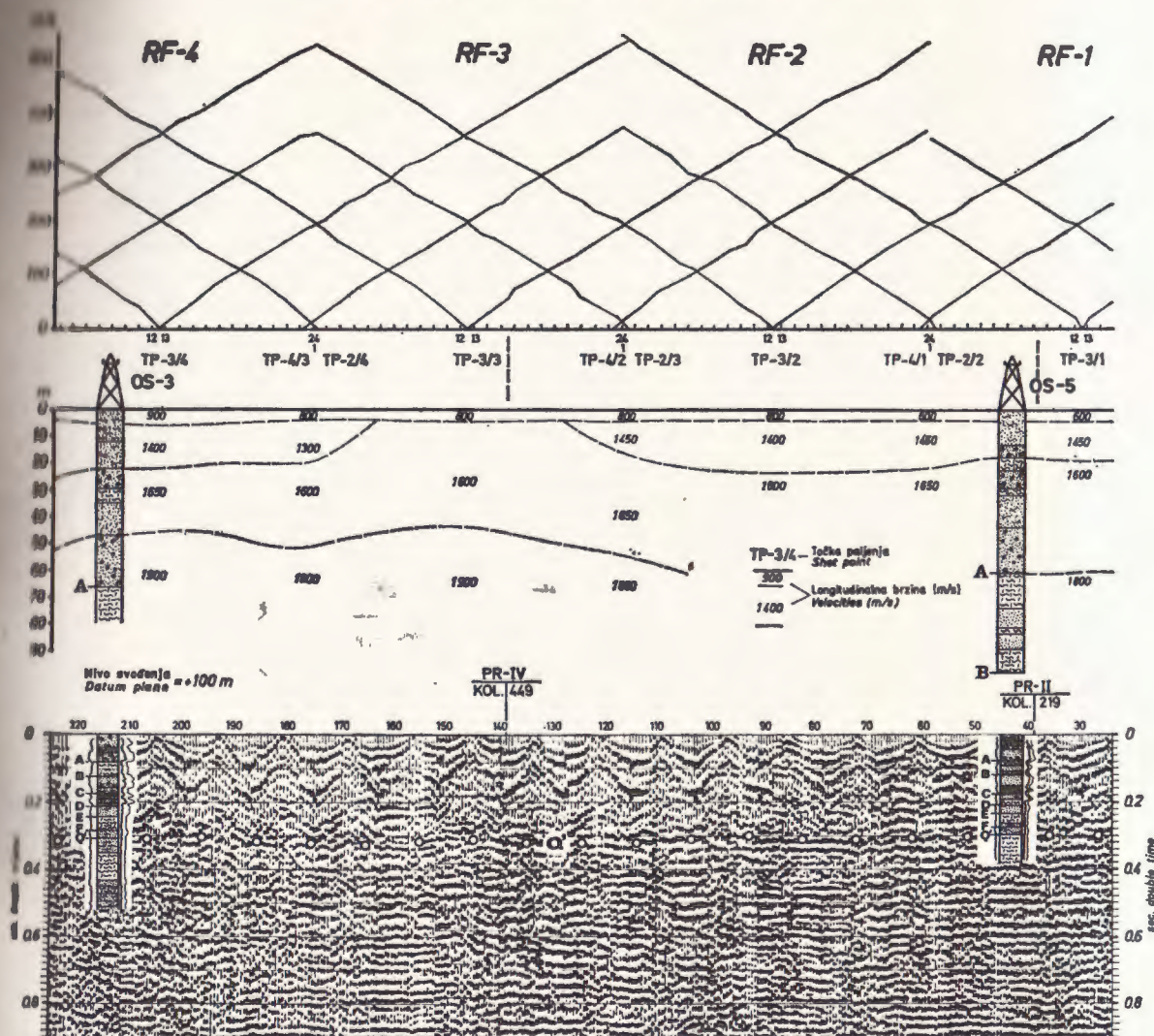
Tectonic activities is hardly noticeable.

SEIZMIČKI REFRAKCIJSKI PROFIL II SEISMIC REFRACTION SECTION II



SEIZMIČKI REFLEKSIJSKI PROFIL II SEISMIC REFLECTION SECTION II

SEIZMIČKI REFRAKCIJSKI PROFIL III SEISMIC REFRACTION SECTION III



SEIZMIČKI REFLEKSIJSKI PROFIL III SEISMIC REFLECTION SECTION III

ELEKTROKAROTAŽNA I LITOLOŠKA KORELACIJA U BUŠOTINAMA
 ELETRIC LOG AND LITHOLOGIC CORRELATION IN BOREHOLES

