

## Geološki odnosi kvartarnih naslaga okolice Erduta (istočna Hrvatska)

Josipa VELIĆ, Ivan DRAGIČEVIĆ, Eduard PRELOGOVIĆ

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6,  
YU — 41000 Zagreb*

Glinovito-siltozno-pjeskovite donjo-, srednjo- i gornjopleistocenske taložine nastale su u prostranim, plitkim močvarama uz povremene veće vodene dotoke. Prema prevladavajućem udjelu propusnih, odnosno nepropusnih slojeva izdvojeno je u bušotinama i međusobno korelirano 11 litoloških cjelina. Pri-površinsku jedinicu Erdutskog brda čine prapori — tipični kontinentalni sedi-menti najmlađeg stadijala gornjeg Würma. Načinjena je klasifikacija rasjeda po aktivnosti na osnovi ocrta u reljefu i procijenjenih skokova duž parakla-za. Prevladavaju slabo aktivni rasjedi s pokretima koji traju i danas.

The clayey-siltous-sandy deposits of the Lower, Middle and Upper Pleisto-cene originated from extensive swamps with occasional bigger streams. Ac-cording to the prevailing portion of permeable, or impermeable layers, there have been separated and mutually correlated 11 lithological units in the bore-holes. Close-to-surface unit of Erdut hill is composed of loess — the typical continental sediment of the youngest stade of the Upper Würm. The faults were classified in relation to their activity on the basis of their outline in the relief and estimated throws along the fault planes. The low activity faults with recent movements predominate.

### UVOD

U području Erdutskog brda posljednjih godina obavljena su raznovr-sna istraživanja s ciljem utvrđivanja sastava i struktura neogenskih i po-sebno kvartarnih naslaga te najnovijih tektonskih pokreta. Razmatrano područje nalazi se između mjesta Dalja, Aljmaša i Erduta i obuhvaća ve-liku okuku Dunava kojom ta rijeka obilazi Erdutsko brdo (sl. 1).

Površina terena prekrivena je kvartarnim naslagama od kojih su pro-matranju bili dostupni samo najmlađi horizonti. Određeni podaci u struk-turnom smislu dobiveni su fotogeološkim i geomorfološkim proučava-njem površine. Cjelovito upoznavanje bilo je postignuto istraživanjem du-bine. Načinjeno je osam bušotina koje su doprle do 250 m odnosno 100 m dubine. Između njih postavljena je mreža seizmičkih te geomagnetskih i geoelektričnih profila. Iz bušotina su vađene jezgre i izvršena su geo-fizička mjerenja. Navedena kompleksna istraživanja dala su obimne po-datke o sastavu i starosti naslaga, paleontološkom sadržaju i sedimenta-cijskim uvjetima. Unutar kvartarnih naslaga otkriveno je nekoliko lito-loških cjelina, a u neogenskim sedimentima praćena su tri regionalna

reperna horizonta. Posebno su značajni podaci o rasjedima, njihovoj aktivnosti i amplitudama tektonskih pokreta. U ovom radu nemoguće je opisati sve detalje, već se ističu do sada nepoznate pojedinosti koje mogu biti korisne u istraživanju kvartarnih naslaga drugih područja.

Izdanci kvartarnih taložina — osobito prapora Erdutskog brda markantna su pojava šireg područja Dalja. Svojom veličinom i raznolikošću privlačili su pozornost geologa još početkom stoljeća (Gorjanović-Kramberger, 1912). Međutim, do detaljnijih istraživanja došlo je nešto kasnije (Milojević, 1949; Marković-Marjanović, 1958), a rezultati su govorili o 11 klimatskih kolebanja ili o 6 nivoa lesa i 5 nivoa fosilne zemlje starosti od srednjeg mindela do gornjeg würma.

Na osnovi hidrogeoloških, litoloških i mikropaleontoloških razmatranja te geoelektričnog sondiranja Babić i dr. (1978) su u porječju rijeke Drave kvartarne sedimente razlučili na donjo-, srednjo- i gornjopleistocenske te holocenske. Mogućnost takve kronostratigrafske podjele potvrđena je podrobnom analizom prvih triju bušotina (od ukupno osam već spomenutih) okolice Dalja uz definiranje klimatskih uvjeta kao nepovoljnih i hladnih te sredina kao plitkih, slatkovodnih močvara (Sokač i dr., 1982). S obzirom da u zadnje vrijeme podjela pleistocena na donji, srednji i gornji gubi sve više pristalica jer nemaju strogo definirano značenje Rukavina (1983) predlaže novu stratigrafsku razdiobu prema kojoj je granica riss/würm Erdutskog prapora u bazi petog sloja fosilne zemlje (brojeći odozgo).

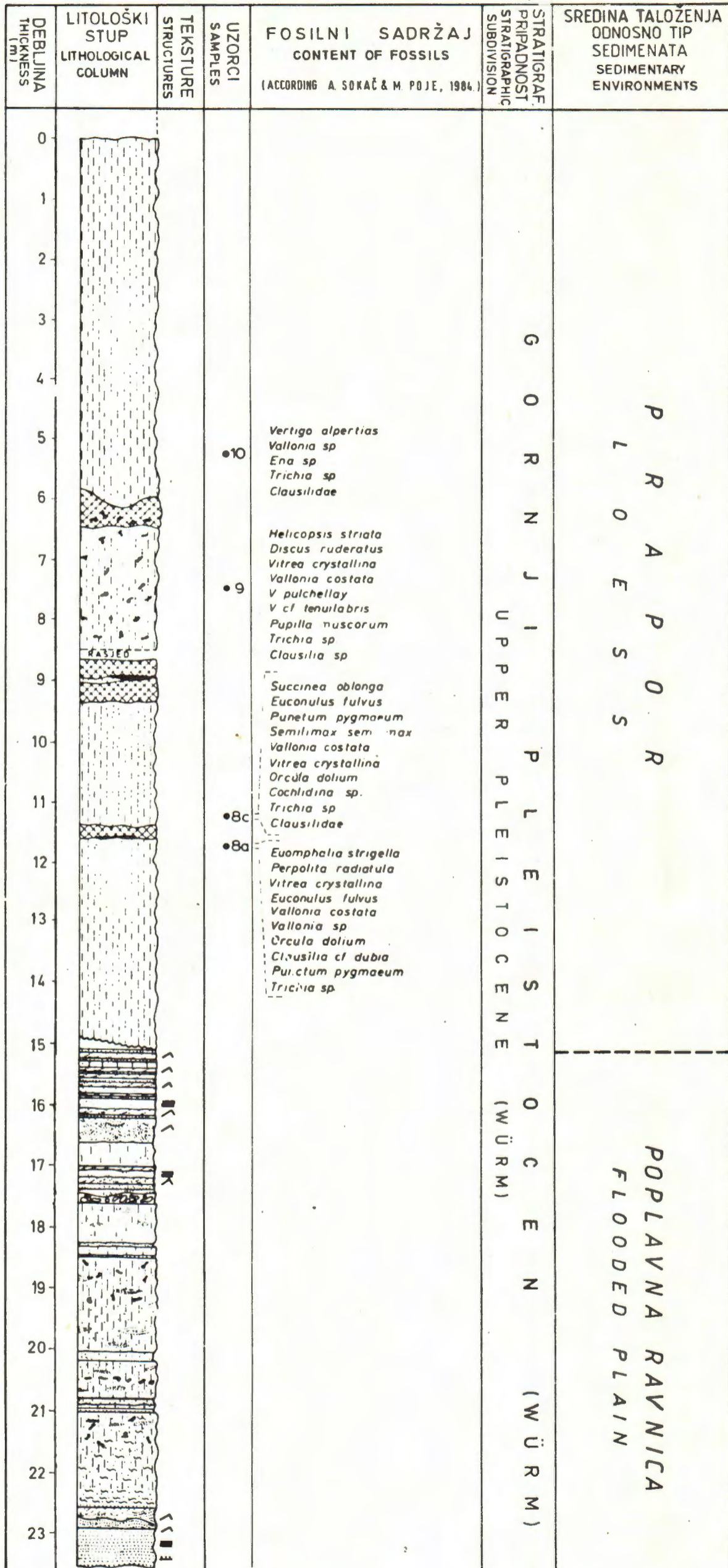
Osim stratigrafije, u nekoliko je radova tretirana i tektonika ovoga terena. Tako npr. Marković-Marjanović (1958) ističu da su se tektonski pokreti odvijali krajem pleistocena, a Hernitz (1983) da su pojedini rasjedi prisutni u najmlađim naslagama, npr. uz erdutsku uzvisinu. Prelogović i Cvijanović (1983) u prikazu neotektonske aktivnosti pišu da vertikalna i horizontalna kretanja također traju u kvartaru sve do danas a različiti hipsometrijski položaj kvartarnih taložina ukazuje na izdizanje.

#### STRUKTURNA GRAĐA I GEOLOŠKI RAZVITAK

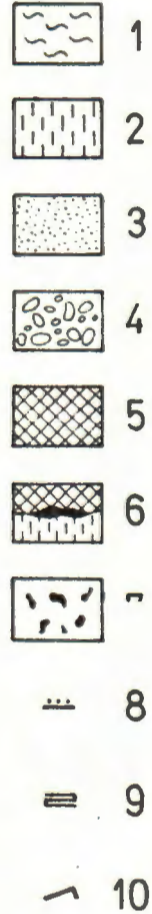
U obuhvaćenom području dominira horst Erdutsko brdo (sl. 8). Kri-  
lima horsta protežu se rasjedi koji ga odvajaju od dviju spuštenih struk-  
tura — graba koje se nalaze sjeverno i južno od Erdutskog brda. Buše-  
njem se ustanovilo postojanje preko 200 m debelih kvartarnih sedime-  
nata. Oni na jednom dijelu horsta izravno leže na miocenskim naslagama  
unutar kojih se nalaze ploče ili žice dijabaz-spilita.

U podini neogenskih naslaga nalaze se konglomerati, vapnenci i pješče-  
njaci miocenske starosti. Oni transgresivno leže preko paleozojskih ili  
mezozojskih stijena (vjerojatno gnajs-graniti, različiti škriljavci ili klasti-  
ti i karbonati). Ostali, mlađi dio neogenskih sedimenata čine pretežno la-  
pori, pješčenjaci i gline. Kvartarne naslage se sastoje iz izmjene glina,  
pijesaka i silta.

Paleostrukturalna rekonstrukcija ukazuje na taloženje miocenskih na-  
slaga u plitkoj, neporemećenoj sredini. Tada se još ne naziru konture po-  
jedinih horstova ili graba. Znatnije produbljavanje slijedi u pontu. Me-



LEGENDA:  
LEGEND:



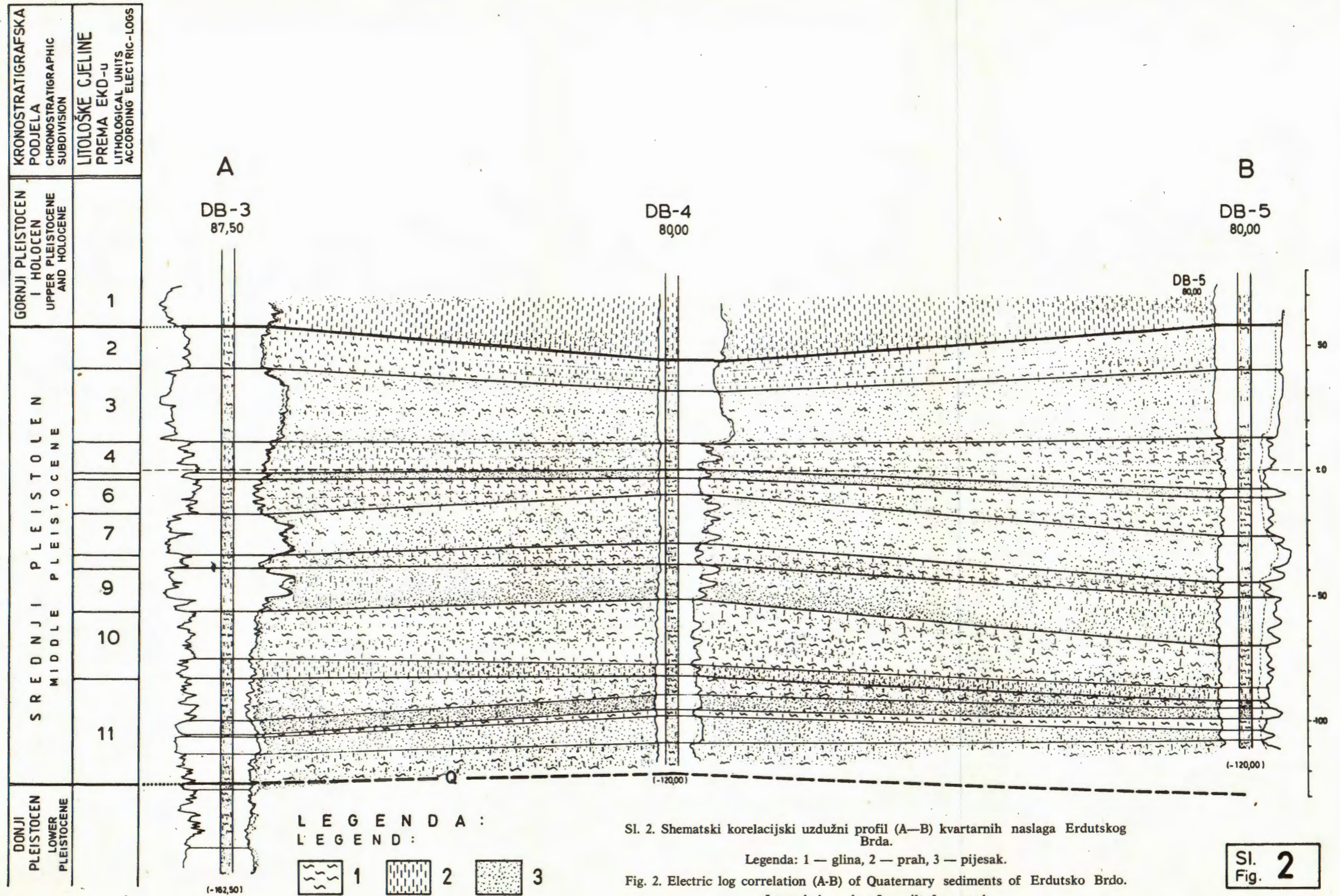
Sl. Fig. 1

Sl. 1. Detaljni geološki stup gornjopleistocenskih naslaga Busija Polje—Lazarev Čot.

Legenda: 1 — glina, 2 — prah, 3 — pijesak, 4 — šljunak, 5 — fosilno tlo, 6 — ostaci vatre, 7 — konkrecije, 8 — gradacija, 9 — paralelna laminacija, 10 — kosa laminacija

Fig. 1. Geological column of Upper Pleistocene deposits of Busija Polje — Lazarev Čot.

Legend: 1 — clay, 2 — silt, 3 — sand, 4 — gravel, 5 — brown soil, 6 — fossil site of fire, 7 — loess dolls, 8 — graded bed, 9 — parallel lamination, 10 — cross lamination

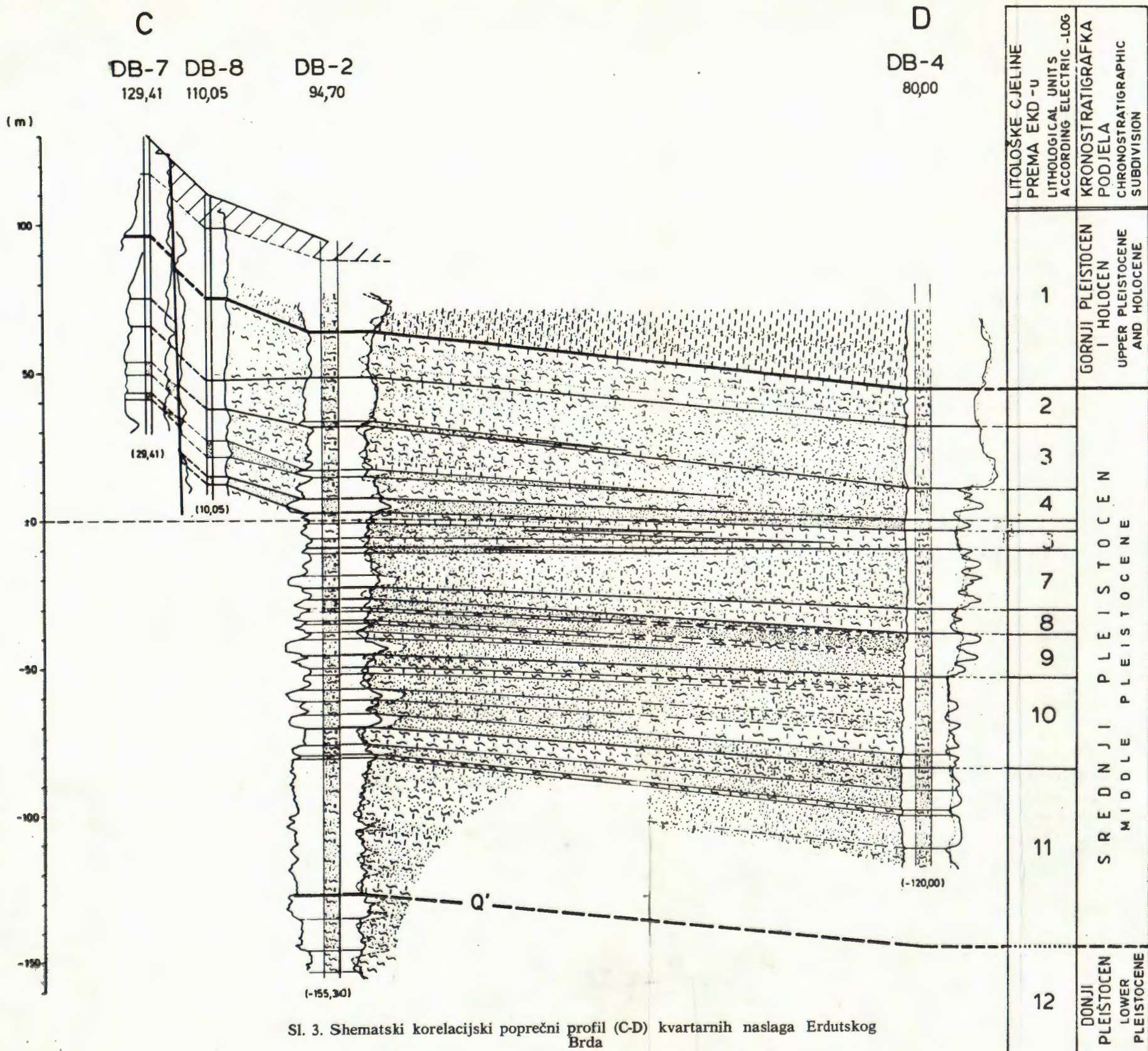


Sl. 2. Shematski korelacijski uzdužni profil (A-B) kvartarnih naslaga Erdutskog Brda.

Legenda: 1 — glina, 2 — prah, 3 — pijesak.

Fig. 2. Electric log correlation (A-B) of Quaternary sediments of Erdutsko Brdo.

Legend: 1 — clay, 2 — silt, 3 — sand



Sl. 3. Shematski korelacijski poprečni profil (C-D) kvartarnih naslaga Erdutskog Brda

Legenda: 1 — prapor, 2 — glina, 3 — prah, 4 — pijesak

Fig. 3. Electric log correlation (C-D) of Quaternary sediments of Erdutsko Brdo.

Legend: 1 — loess, 2 — clay, 3 — silt, 4 — sand.

đutim, na jednom dijelu horstova uklinjuju se reporni horizonti B (približno granica donji — gornji pont) i A (približno krovina pont). To znači da je neposredno prije taloženja repernog horizonta B postojala uzdignuće, otok, koji je vjerojatno nastao prodorom dijabaz — spilita. U gornjem pliocenu i osobito kvartaru izraženo je spuštanje čitavog obuhvaćenog područja i taloženje relativno debelih sedimenata. U gornjem dijelu kvartara počinje se morfološki odražavati Erdutsko brdo. Odlazu se močvarne i riječne taložine te prapor.

Prema iznesenom razabiru se tri važne faze geološkog razvitka:

- početkom miocena u kojoj se oblikuju prve strukture;
- srednja, krajem miocena i početkom pliocena u kojoj su vjerojatno nastali izljevi dijabaz-spilita i sličnih pretežno bazičnih stijena u široj okolici razmatranog područja;
- najmlađa, gornjopliocenska i kvartarna koja je obilježena najprije stagnacijom, a onda intenzivnijim spuštanjem područja uz istovremeno izdizanje Erdutskog brda te vjerojatno sinsedimentacijskom aktivnošću rasjeda i oblikovanjem današnjeg reljefa površine.

U tretiranom terenu razlikuju se tri sistema rasjeda (slika 8):

- uzdužni, pravca pružanja istok — zapad,
- poprečni do dijagonalni, pravca pružanja sjeverosjeverozapad — jug-jugoistok i
- dijagonalni, pravca pružanja istoksjeveroistok — zapadjugozapad.

Svi rasjedi su normalni s najčešćim nagibom paraklaze  $75^{\circ}$  do  $85^{\circ}$ . Dijagonalno rezultantno pomicanje s obzirom na horizontalnu ravninu primijećeno je jedino kod rasjeda Bijelo Brdo — Sonta. U projekciji horizontalni pomak je manji od 1 km. Najmlađi tektonski pokreti izraženi su duž rasjeda uz sjeverno krilo horsta Erdutsko brdo.

#### KORELACIJA REPERNIH HORIZONATA UNUTAR KVARTARNIH NASLAGA

Detaljnijom korelacijom kvartarnih taložina nastoji se proučiti rasprostranjenost i debljine pojedinih slojeva različitog litološkog sastava, njihove bočne odnose te utvrditi pozicije neotektonski aktivnih rasjeda. Usporedba je sprovedena tako da su konstruirani shematski korelacijski profili (sl. 2, 3).

Prvenstveno na osnovi geofizičkog mjerenja u bušotinama (elektrokarotaže s krivuljama spontanog potencijala i prividnog otpora te radioaktivne karotaže s krivuljama gama, gama-gama i neutron) kao i prema determinaciji jezgara na terenu izdvojeno je 11 litoloških cjelina ili jedinica. Krovina prve cjeline nije ucrtana budući neki oblici karotaže počinju na dubini od desetak metara, no, ipak se može uvjetno poistovjetiti s površinom terena ili s granicom između tankog holocenskog pokrivača i gornjopleistocenskih taložina. U bušotinama gdje nije probušen reporni horizont Q', podina litološke jedinice 11 je pretpostavljena prema debljini iste jedinice potpuno utvrđene u najbližim bušotinama. Izdvojene

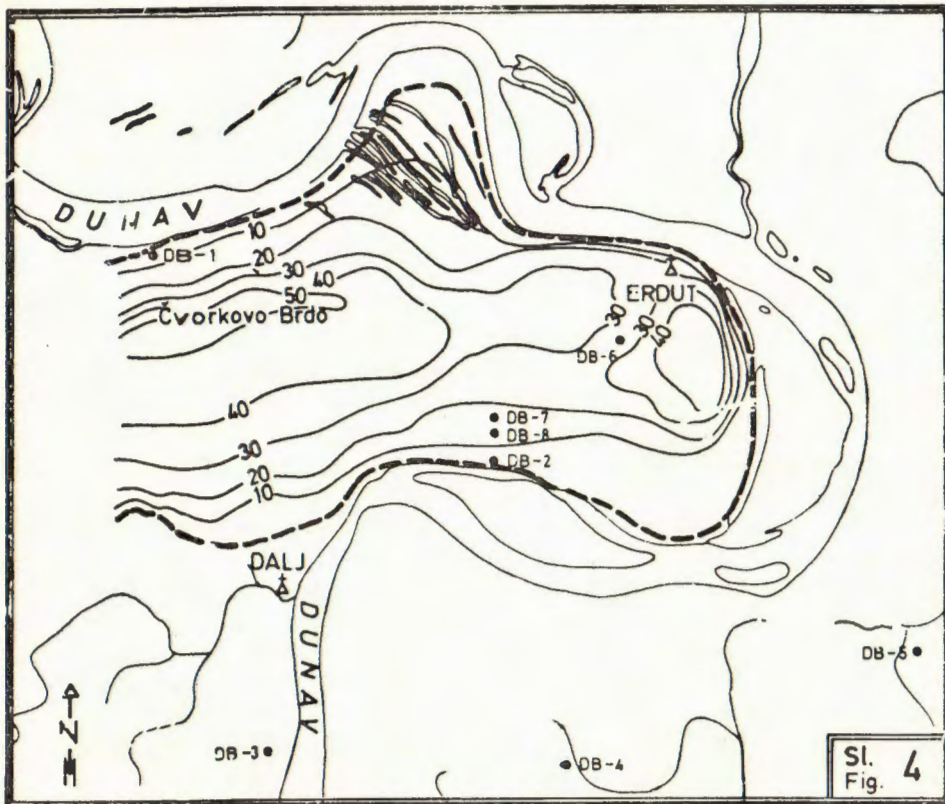
su općenito na osnovi prevladavajućeg udjela bilo propusne bilo nepropusne komponente te prema sličnosti ocrta krivulja karotažnih mjerenja uočene na većini bušotina.





Prva cjelina obuhvaća sedimente gornjeg pleistocena i vrlo tanki holocenski pokrov kojeg mjestimice čak i nema. U njezinom gornjem dijelu leži kontinentalni prapor koji prema jugu postupno uklinjava tako da u bušotinama DB-3, DB-4 i DB-5 nedostaje. Donji dio izgrađuju pretežno siltni i siltozni pijesci u tanjim izmjenama s pjeskovitim ili glinovitim siltom. U DB-6 bilo je moguće i konkretno izdvojiti 2 proslojka od po nekoliko metara siltozne gline koji se na rasjedu idući prema DB-2 gube.

Druga litološka jedinica je krovinski, najmlađi sloj sedimentata srednjeg pleistocena. Radi se o 13 do 17 m debelom siltu s dva manja proslojka pjeskovitog silta. Nešto veća propusnost karakterizira treću jedinicu, što je razumljivo uzmu li se u obzir sedimentološke laboratorijske odredbe: sastavljena je od siltoznog, sitnog i srednjozrnastog pijeska. Najveći njezin probušeni interval je u bušotini DB-3 (29 m), a manji u DB-7 i DB-8 (9 m) što je u određenoj ovisnosti od hipsometrijskog položaja ušća bušotina. Inače se povećanje debljine zapaža pretežno u spuštanjem, nizinskom dijelu čemu je pridonijela aktivnost rasjeda u vrijeme taloženja promatrane jedinice: spuštanje južnog krila, odnosno izdizanje sjevernog. Četvrta i šesta jedinica slične su utoliko što ih izgrađuju dosta heterogene taložine: siltovi s nešto gline te slabo izraženi proslojci pijesaka različitog granulometrijskog sastava. U većini bušotina u obje jedinice ističe se po jedan propusniji sloj. U postupku korelacije kao vrlo markantni istakla su se dva sloja označena s 5 i 8. Iako su relativno tanki (4 do 8 m) dobro su se mogli prepoznati na EKD-ima svih bušotina prvenstveno zahvaljujući jednoličnosti litološke građe. Jedinica broj 5 je sloj srednjozrnastog pijeska koji idući prema naviše lociranim bušotinama — prema DB-7 i DB-8 postaje sve sitniji — do sitnog pijeska. Suprotno ovome, 8. interval tvore izrazito nepropusni sedimenti: gline i siltovi u međusobno različitim omjerima. Preostale litološke cjeline (7, 9, 10 i 11) različite su debljine. Osnovna značajka im je povećani udio propusne, pjeskovite frakcije, a ponegdje čak prisutnost i šljunkovitog pijeska (bušotina DB-6, 10. litološka cjelina). Tamo gdje je bilo moguće, odijeljeni su siltozno-glinoviti slojevi i međusobno su korelirani. Međutim, s obzirom da se javljaju u različitom broju, očito se poneki slojevi uklinjuju (odnos DB-2, DB-4 i DB-6, cjelina broj 9), odnosno dolazi do bočne promjene litološkog sastava. Ovakve i slične pojave potpuno su razumljive uzmu li se u obzir utjecaji sinsedimentacijske tektonike te vertikalne i horizontalne izmjene taložnih uvjeta.

S provedenom korelacijom omogućena je procjena iznosa skokova duž paraklaze na nivoima granica litoloških cjelina te proračun približnih godišnjih pomaka. Tako je primjerice za rasjed koji brazdi južnim dijelom Erdutskog brda dobijeno da je skok na granici srednji/gornji pleistocen 7,5 m, a na donjoj granici stadijala Würma 3 do 2 m. To daje pokrete od prosječno 0,075 mm u jednoj godini, što ukazuje da spomenuti rasjed spada u skupinu malo ili slabo aktivnih.

Nakon provedene korelacije svih bušotina, određena je jedna jedinstvena litološka cjelina koja se na svim lokacijama iskazala manje-više slič-



LEGENDA :  1  2  
 LEGEND :  1  2

Sl. 4. Karta debljina prapora Erdutskog Brda.

Legenda: 1 — granica rasprostranjenosti prapora, 2 — linija jednake debljine prapora u m.

Fig. 4. Isopach map of loess of Erdutsko Brdo.

Legend: 1 — distribution boundary of loess, 2 — isopachous lines in m.

nim ocrtom krivulja raznovrsnih karotažnih mjerenja. Ta cjelina predstavlja rezultat kontinuirane sedimentacije u jednakim sredinama taloženja na cijelom promatranom području, tijekom određenog vremena. Prema različitim laboratorijskim analizama, prvenstveno paleontološkim, proučavana jedinica pripada srednjem i gornjem pleistocenu te holocenu. Nažalost, donja granica spomenute jedinstvene litološke cjeline se ne poklapa s granicom između donjeg i srednjeg pleistocena ili s dubinom uvjetnog elektrokarotažnog repa Q', jer većina bušotina do nje nije ni doprla.

Slijed naslaga za koji je provedeno litofacijelno kartiranje sastoji se od deset manjih jedinica koje su ili prevladavajuće propusne ili pretežno ne-



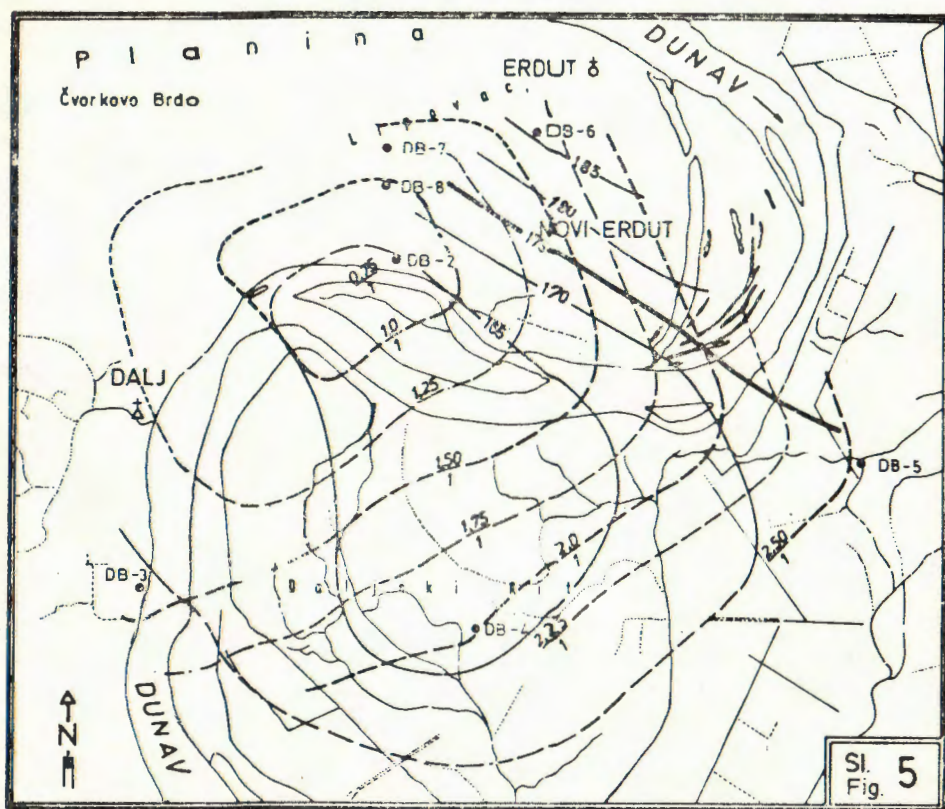
propusne. Međutim, detaljnom interpretacijom karotažnih dijagrama došlo se do daljnjih pojedinosti koje se grafički mogu pratiti na slikama 5 i 6. Konstruirane su karte za slijedeće parametre: »h« — ukupna debljina litološke cjeline starosti od srednjeg pleistocena do holocena; »ss/sh« — omjer debljina propusnih i nepropusnih intervala unutar izdvojene cjeline; »he« — ukupna debljina propusnih naslaga unutar litološke cjeline i »n« — broj samostalnih, odvojenih propusnih slojeva također unutar promatranog slijeda naslaga.

Na osnovi promatranja stijena na izdancima u Erdutskom brdu, determinacija jezgara bušotina kao i rezultata sedimentoloških laboratorijskih analiza, nepropusni i nivoi izgrađeni su od glina i siltova uz nešto sitnozrnastog pijeska u međusobno različitim omjerima, propusni pretežno od pijesaka — krupnozrnastih do sitnozrnastih — s određenim udjelom siltne komponente.

Ukupna debljina izdvojene litološke cjeline varira od 163,5 m do 186 m (sl. 5). Najmanja vrijednost vezana je za DB-4 što je ujedno i najjužnija točka u konstrukciji izolinja. Prema sjeveru, u smjeru bušotine DB-2 debljina je ujednačena, a prema istoku i sjeveroistoku postupno raste. Najveća promjena uočljiva je idući prema poziciji DB-6 što je i razumljivo jer je ovdje određena i najveća debljina. Ovakav raspored izopaha nameće pretpostavku da je tijekom sedimentacije (osobito donjih, starijih partija) topografski ovo područje izgledalo drugačije, tj. da je na mjestu današnjeg brda egzistirala manja subsidencija koja se prostirala dalje prema sjeveroistoku. Suvremeni izgled je, dakle, posljedica relativno sprijeg izdizanja Erdutskog brda s jedne strane i relativno brzog spuštanja Dravske i Bačke potoline s druge strane, izraženog tijekom gornjeg pleistocena i holocena.

Najveći udio propusnih taložina iskazan je u jugoistočnom dijelu područja, gdje na jedan metar glinovito-prašinstog materijala dolazi više od dva i pol metra pjeskovitih i pjeskovito-prašinstih taložina (sl. 5). U smjeru sjeverozapada odnos opada u korist nepropusnih naslaga tako da mjestimice doseže 1 : 1, pa čak i manji od jedan. Opisani trend se, naravno, uočava i prema izopahama propusnih taložina (sl. 6). Od pretpostavljenih 125 m ukupne debljine propusnih sedimenata u blizini DB-5, vrijednosti opadaju na samo 70 m konstatiranih u DB-2.

Linije jednakog broja samostalnih propusnih slojeva zanimljive su utoliko što se ne podudaraju s izopahama propusnih taložina i odnosima propusno/nepropusno (sl. 5). Točnije, grafički se »oponašaju« ali s divergentnim vrijednostima. Konkretno — u blizini Dalja nalazi se minimum debljina permeabilnih stijena, a maksimum broja slojeva. Ovdje je prosječna debljina jednog pješčanog sloja oko 3,5 m, a u ostalim bušotinama između 6,5 i 7 m. Razlog opisanom pojavi zasigurno je neposredna blizina neotektonski aktivne zone tj. normalnog rasjeda. Ta zona, odnosno rasjed vrlo vjerojatno ima sinsedimentacijski karakter. Njegovo sjeverno izdignuto krilo predstavlja južne padine Erdutskog brda. S obzirom na interpretaciju ukupnih debljina, spomenuti rasjed je karakteriziran postojanom i slabom aktivnošću tijekom Würma.



LEGENDA: 

175	1
170	

150	2
125	

Sl. 5. Litofacijelna karta kvartarnih naslaga okolice Erduta.

Legenda: 1 — izopahe, 2 — linije jednakog odnosa pijesak/glina.

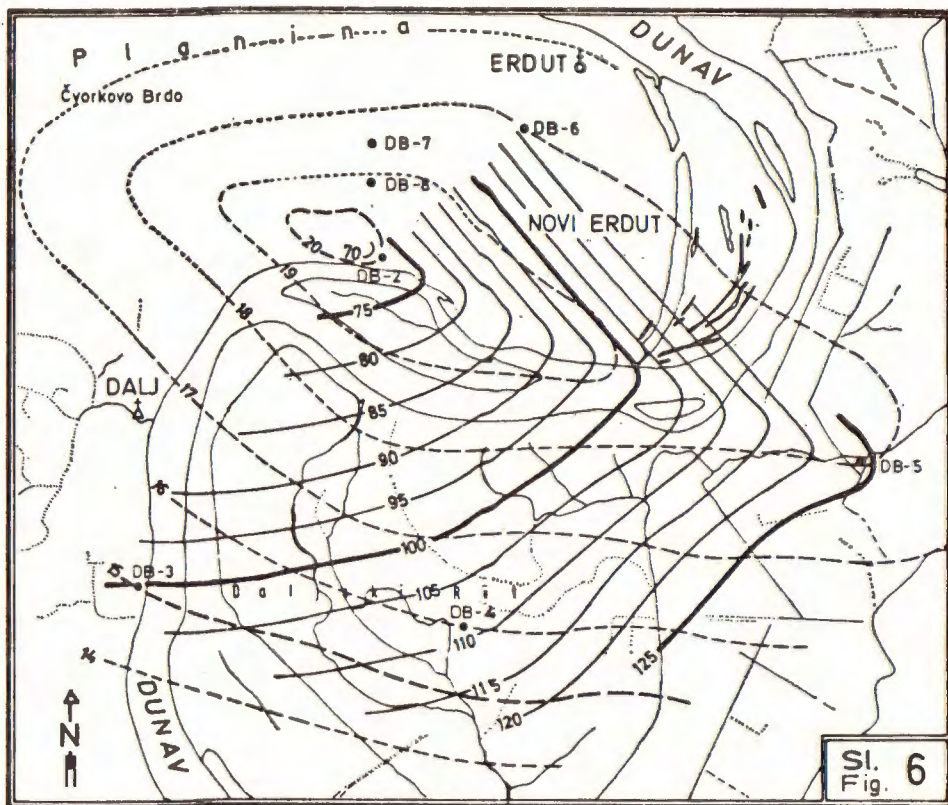
Fig. 5. Lithofacies map of Quaternary sediments in surroundings of Erdut.

Legend: 1 — isopachous lines in m, 2 — lines of equal ratio sand/clay

#### SASTAV NASLAGA I SEDIMENTACIJSKI UVJETI

U kvartaru okolice Erduta moguće je razlikovati naslage donjeg, srednjeg i gornjeg pleistocena te holocena. Njihova stratigrafska pripadnost potvrđena je brojnim nalazima mikromoluska, ostrakoda i polena (Šokač et al., 1982).

Taložine donjeg pleistocena ustanovljene su u bušotinama DB-1, DB-2 i DB-3 ali se nije doprlo do njihove podine. Srednji pleistocen je ustanovljen u svim bušotinama, no samo u DB-2 i DB-3 u cjelosti s debljinama do 185 m. Gornjopleistocenske naslage nalaze se u cijelom istraživanom području. Najčešće dopiru do površine. Samo su mjestimice pokrivene



LEGENDA: 

—95—	1
—100—	

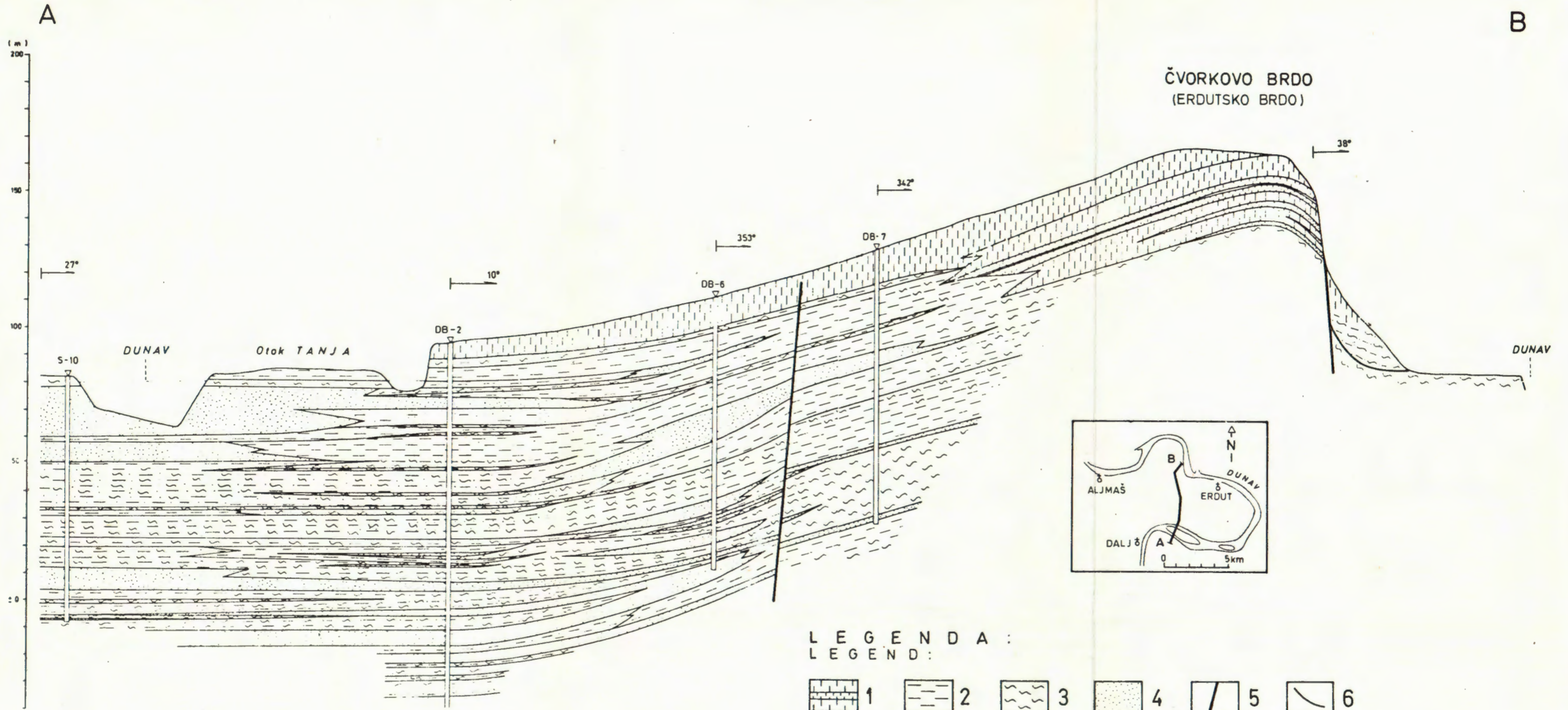
—16—	2
—75—	

Sl. 6. Litofacijna karta kvartarnih naslaga okolice Erduta.  
 Legenda: 1 — izopahe propusnih taložina u m, 2 — linije jednakog broja propusnih slojeva.

Fig. 6. Lithofacies map of Quaternary sediments in surroundings of Erdut.  
 Legend: 1 — isopachous lines in m of sandy sediments, 2 — lines of equal number of sandy beds.

holocenskim nanosima. Debljina probušenih intervala im varira od 21 m u bušotini DB-5 do 48 m u bušotini DB-6.

U litološkom pogledu najčešći su glina, silt i pijesak, a u gornjem pleistocenu još i prapor (sl. 7). Gotovo da nikada ne dolaze kao čiste frakcije, izuzimajući pijeske i prapor. Pijesci pokazuju najpostojaniji sastav, debljinu i horizontalnu rasprostranjenost. U njima je zapažena vertikalna gradacija te paralelna i kosa laminacija što ukazuje da su taloženi iz tekuće vode. U srednjem pleistocenu nađeni su i zaobljeni komadi drveta, 2—12 cm u promjeru, koji potvrđuju transport vodom. Gline predstavljaju autohtoni sediment i obično ih se nalazi u tanjim proslojcima



LEGENDA :  
LEGEND :

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6

Legenda: 1 — prapor s fosilnim tlima, 2 — prah, 3 — glina, 4 — pijesak, 5 — rasjed, 6 — klizište.

Legend: 1 — loess and brown soil, 2 — silt, 3 — clay, 4 — sand, 5 — fault, 6 — landslide.

Fig. 7. Geological cross-section of Erdutsko Brdo.

i lećama. Kontinentalni prapor, osim nekoliko nivoa fosilnog tla, ne pokazuje nikakvu slojevitost.

U donjem pleistocenu prevladavaju glinoviti do glinovito-siltozni sedimenti. Javlja se i nekoliko nivoa srednjozrnastih do krupnozrnastih pijesaka. Srednji pleistocen karakterizira povećanje udjela pijeska kako brojem i debljinom slojeva tako i horizontalnom rasprostranjenošću (sl. 7). U gornjem pleistocenu generalno uzevši pretežu pijesci i prapor kojeg je moguće izdvojiti kao posebnu genetsku cjelinu. Pješčani slojevi odlikuju se postojanom debljinom i lateralnim prostiranjem (sl. 7). Obično su čisti, odnosno s malo primjesa gline i silta.

U mineraloškom pogledu nema značajnijih promjena unutar litološkog stupa što ukazuje na isto izvorno područje materijala tijekom cijelog kvartara. Dominira kvarc, muskovit, feldspati i odlomci kristalastih škrljavaca i granitoida. Asocijacija minerala u teškoj frakciji (granati, epidot, opaki minerali, klorit) upućuje na kristalaste škrljavce niskog i srednjeg stupnja metamorfizma kao matične stijene (Sokač *et al.*, 1982).

Paleogeografski uvjeti u kojima su nastale taložine donjeg, srednjeg i dijelom gornjeg pleistocena nisu se bitnije mijenjali kroz cijelo vrijeme. Ove su odlagane u prostranim plitkim močvarama u koje su povremeno većim vodenim tokovima, za vrijeme visokih voda, donošane značajnije količine pijeska. Njegova količina kao i debljina sloja ovisili su o intenzitetu dotoka vode i trajanju poplave. Treba napomenuti da su i najmanje leće pijeska koje se nalaze unutar glinovitih i siltoznih slojeva također istaložene iz vode tekućice. Dio siltoznih taložina, pogotovo krupnozrnastijih, donesen je vodom, a dio vjetrom s prostranih poplavnih ravnica. Gline uglavnom predstavljaju autohtoni materijal. U tankim su slojevima i vrlo rijetko čiste. Spomenute močvare mogle su biti s vremena na vrijeme isušene, ali nikada nije nastao kopneni prostor značajnije površine i trajanja. Tip naslaga kao i njihovo jednolično izmjenjivanje ukazuje na polagano tonjenje sedimentacijskog prostora i zadržavanje sličnih paleogeografskih uvjeta sve do u početni dio gornjeg pleistocena. Nakon toga prilike se postupno mijenjaju.

U predjelu između Aljmaša i Erduta stvara se kopneni prostor koji egzistira kroz gornji pleistocen do danas. Na njemu se odlaže tipični kontinentalni prapor, čestice kojeg su donešene vjetrom, a padale su istovremeno na novoformirano kopno i u močvare. Dimenzije kopnenog prostora ovisile su o tektonskim promjenama (uglavnom brzini izdizanja) te o količini vode u močvarama. Sigurno je da je kopno imalo najmanju površinu za vrijeme visokih voda kada se prvenstveno odlažu pijesci.

Na sjevernim padinama Erdutskog brda u području Busija polje — Lazarev Čot snimljen je detaljni stratimetrijski stup mlađih kvartarnih naslaga (sl. 1). Moguće je razlikovati dvije sredine odlaganja klastičnih naslaga. Donji dio stupa prikazuje taložine koje su nastale u sličnim uvjetima kao i one iz donjeg i srednjeg pleistocena. Gornji dio stupa (sl. 1) obuhvaća tipični kontinentalni prapor. Osim nivoa tzv. fosilnog tla ne zapaža se nikakva slojevitost. Granulometrijski sastav je jednoličan. To su zrnca veličine silta. Vrlo dobro su sortirana što je osobina prapornih sedimentata. Sadržaj karbonatne komponente se kreće od 6 do 25 % o čemu ovisi stupanj litifikacije. Debljina mu varira od 0 do 55 m u istraži-

vanom području (sl. 4). Mjestimično je bogat ostacima kopnenih mikro-moluska. U najmlađim nivoima fosilnog tla nađeni su ostaci fosilnih ognjišta (sl. 1). Materijal za prapor donesen je odnosno premješten iz prostranih poplavnih ravnica u neposrednoj blizini.

Novija publicirana djela (Sokač et al., 1982; Rukavina, 1983) kao i rezultati do kojih se došlo terenskim radovima pokazuju da kopneni prapor i njegovi močvarni ekvivalenti pripadaju najmlađem stadijalu u okviru gornjeg würma od kasnog glacijala, a fosilna tla toplim razdobljima u kasnom würmu. Donja vremenska granica gornjeg würma padala bi u vrijeme prije približno 30 000 godina, a najmlađi nivo fosilne zemlje u vrijeme prije približno 16 500 godina.

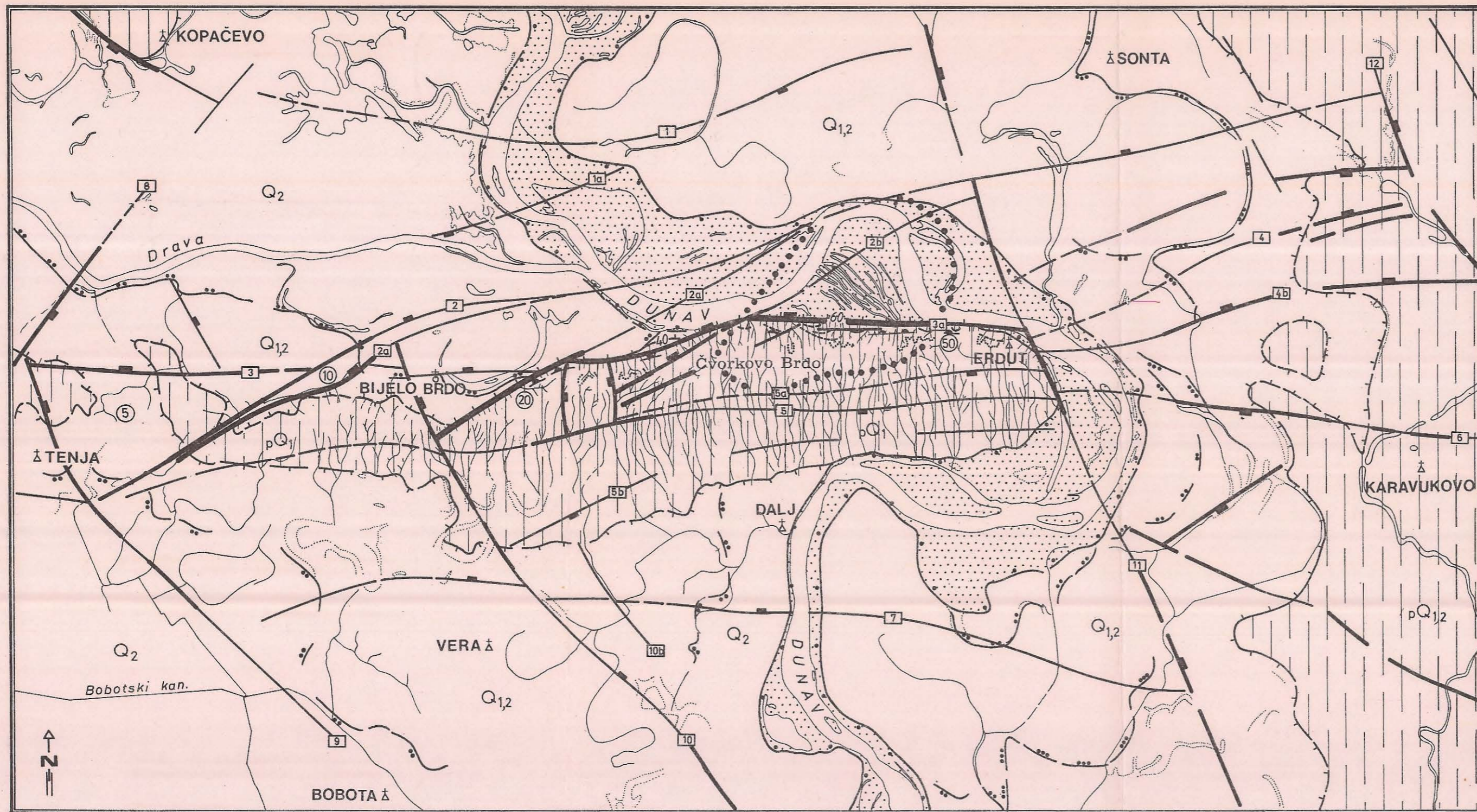
Holocenske su starosti naplavine Dunava i Drave. Čine ih pijesci, ilovine, mulj i šljunci. U petrografske-mineraloškom pogledu ne razlikuju se od pleistocenskih sedimenata. Izgrađuju najmlađe terase i relativno su malih debljina.

#### KVARTARNI TEKTONSKI POKRETI

Najvažniji u strukturnom sklopu je južni rubni rasjed Dravske potoline (sl. 8) koji graniči velikim strukturnim jedinicama. Ostali uzdužni rasjedi protežu se duž manjih horstova i graba. Ti rasjedi se ujedno iskazuju kao najstariji, makar je kod nekih prisutno obnavljanje tektonskih pokreta (prvenstveno uz rasjed Osijek — Aljmaš — Erdut — Bogojevo). I uz rasjede ostala dva sistema moguće je obnavljanje pokreta, makar se dijagonalni rasjed Bijelo Brdo — Sonta (2) iskazuje kao najmlađi. U smislu praćenja aktivnosti kao primjeri izdvajaju se dva rasjeda: Osijek — Aljmaš — Erdut — Bogojevo (3), s vjerojatnim nastavkom u rasjed Erdut — Mostonga (4) i Tenja — Dalj — Odžaci (5) uključujući dionicu kod Karavukova (6). Prvi imenovani rasjed malo je aktivan u neogenu. Izrazito obnavljanje tektonskih pokreta duž njegove zone počinje u mlađem dijelu kvartara i traje do danas. Rasjed uz južno krilo horsta Erdutsko brdo aktivan je u neogenu, osobito pliocenu. U kvartaru su pokreti u stagnaciji. Sve manji pomaci, skokovi stijena, očituju se i u najmlađem kvartaru.

Sigurno su ustanovljeni ogranci kod tri rasjeda: Bijelo Brdo — Sonta (2) dva ogranka u predjelu Bijelog Brda, Osijek — Aljmaš — Erdut — Bogojevo (3) jedan uz obronke Erdutskog brda i Tenja — Dalj — Odžaci (5) južno od kote Čvorkovog brda i Erduta — također jedan ogranak. Prateći rasjedi primjećeni su opet kod spomenutih rasjeda, te kod rasjeda Bijelo Brdo — Vera (10). Zbog tih pratećih rasjeda izdvajaju se šire zone koje dosižu kod rasjeda Bijelo Brdo — Sonta 1000 do 3000 m, uz rasjede Tenja — Dalj — Odžaci 1200 do 2000 m i rasjed Osijek — Aljmaš — Erdut — Bogojevo 700 m (Bijelo Brdo) do 2000 m (Mostonga).

Manji broj rasjeda ustanovljen dubinskim kartiranjem istraživaog terena siječe samo neogenske naslage (npr. rasjedi 7 i 5b iz sl. 8). Većina je aktivna i u kvartaru. Ta je aktivnost različitog intenziteta i na osnovi toga pretežan broj rasjeda spada u kategoriju vrlo slabe aktivnosti. Veći ili aktivniji rasjedi dopiru do površine. S obzirom na održavanje na površini rasjedi su svrstani u dvije kategorije kod kojih su dionice slabo ili



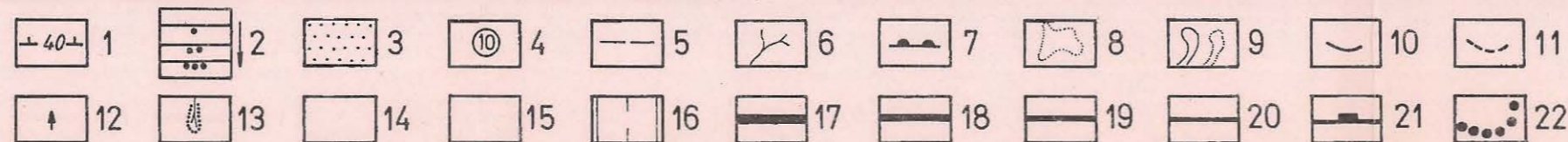
Sl. 8. Inženjerskogeološka karta šire okolice Erduta.

Legenda: 1 — terasni odsjek s naznakom veličine deformacije, 2 — sve mlađe terase unutar najmlađih pleistocenskih i holocenskih naslaga, 3 — recentna terasa Dunava, 4 — vertikalna raščlanjenost reljefa (u m), 5 — razvodnice, 6 — doline (jaruge), 7 — strmo odsječene padine, 8 — močvarišta, 9 — stare meandre, mrtvaje, 10 — aktivna klizišta, 11 — stara klizišta, 12 — smjer kretanja klizne mase, 13 — povećana erozija dolina, 14 —  $Q_2$  HOLOCEN: naplavine rijeka (pijesci, ilovine, šljunci, mulj), močvarni i povremeno poplavljeni predjeli, obradive površine, 15 —  $Q_{1,2}$  NAJMLAĐI PLEISTOCEN-HOLOCEN: pretežno pretaloženi prapor, te pijesak, glina i šljunak u sastavu terasa, pješčani nanosi, pjeskovite gline, mulj i pijesak mrtva-ja, 16 —  $pQ_1$  PLEISTOCEN: prapor i močvarni prah, RASJEDI — odražavanje na površini (prema geomorfološkim i fotogeološkim podacima) 17 — dionice rasjeda jasno izražene u reljefu, 18 — dionice rasjeda slabo izražene u reljefu, 19 — dionice pokrivene najmlađim naslagama, 20 — važniji (neaktivni) rasjedi u dubini, 21 — rasjedi s naznakom relativno spuštenog bloka, 22 — granica dijabaz-spilita.

Fig. 8. Engineering geological map.

Legend: 1 — terrace section with deformation value, 2 — ever younger terraces within the youngest Pleistocene and Holocene deposits, 3 — Recent terrace of the river Danub, 4 — vertical relief abundance (in metre), 5 — watershed, 6 — valley (ravine), 7 — steep slope, 8 — swampy lands, 9 — old meander, 10 — active landslides, 11 — old landslides, 12 — slide direction, 13 — increased erosion of vallies, 14 —  $Q_2$  Holocene: alluvium (sand, clay, gravel, silt), swampy and periodically overflow areas, agriculturally treated areas, 15 —  $Q_{1,2}$  the youngest Pleistocene — Holocene: predominantly resedimented loess, sand, clay and gravel incompomed in terraces, sands, sand clays, silt and sand, 16 —  $pQ_1$  Pleistocene, loess, Faults (according geomorphological and photogeological data), 17-fault sections clearly expressed in relief, 18 — fault section slightly expressed in relief, 19 — sections covered with the youngest sediments, 20 — more important (inactive) faults in depth, 21 — faults with relatively subsidet block, 22 — diabaz-spilite boundary.

LEGENDA :  
LEGEND :



Sl.  
Fig. 8

jasno ocrtane u reljefu (sl. 8). Mjerodavni za tu klasifikaciju bili su podaci s aerostimaka i geomorfološkog kartiranja npr. strme i odsječene padine, pravocrtne usječene doline, terasa i meandara, anomalije vodotoka, deformacije razvodnica i nizovi malih uzvišenja. Slabo izražene dionice u reljefu bile su prepoznatljive prema jednom ili najviše dva navedena pokazatelja. Najbolje se ocrtavaju slijedeće dionice (sl. 8):

- rasjed Bijelo Brdo — Sonta i to glavna zona, ogranci i prateći rasjedi na dionicama presjecanja horsta Erdutskog brda;
- rasjed Osijek — Aljmaš — Erdut — Bogojevo i to dionica od Bijelog Brda do Erduta uz sjeverne, strme obronke Erdutskog brda.

Na temelju provedenih istraživanja utvrđeno je vrijeme zadnjeg pomaka po rasjedima. Ono obuhvaća razdoblje posljednjih 130 000 godina (würm i holocen) ili čak manje, 30 000 i 16 500 godina. Za pretpostaviti je da su izdvojeni rasjedi aktivni i u najnovije vrijeme.

U kategoriju umjereno aktivnih spadaju tri rasjeda. Evo redom njihovih važnijih značajki.

Rasjed Osijek — Aljmaš — Erdut — Bogojevo i to dionica Bijelo Brdo — Erdut uvrštena je u ovu skupinu iz dva razloga: izdizanje terase Erdutskog brda od početka würma do danas (130 000 godina) iznosi 60 do 65 m, što znači 0,046—0,05 cm/god., a skok po ogranku rasjeda na nivou fosilne zemlje (16 500 godina) unutar prapora (stratimetrijski profil, sl. 1) iznosi 8 m ili 0,048 cm/god.

Drugi je takav rasjed Bijelo Brdo — Sonta i to dionica oko Bijelog Brda budući da iskazuje horizontalni pomak od početka pliocena od 700 m, što znači 0,01 cm/god. i vertikalni pomak terase od početka würma (130 000 godina) od oko 20 m ili 0,015 cm/god.

Erdutski rasjed i to dionica kod Erduta je treći iz kategorije umjereno aktivnih i to zbog izdizanja terase Erdutskog brda oko 30 m od početka würma (130 000 godina) ili 0,02 cm/god. (uz napomenu da je taj iznos problematičan, jer se ne može razlučiti koliki udio u uzdizanju terase otpada na aktivnost i pomake rasjeda uz sjeverno krilo horsta Erdutsko brdo).

U grupu malo aktivnih pribraja se rasjed Tenja — Dalj — Odžaci i to iz više razloga. Neki od njih su: strmi nagib podinske plohe neogenskih naslaga u njegovoj zoni iznosi 1000 m ili 0,004 cm/god; na nivou podinske plohe würma taložene prije 130 000 godina skok iznosi 7,5 m ili do danas 0,008 cm/god; na nivou repernog horizonta taloženog u kvartaru prije 30 000 godina skok iznosi 2 m, odnosno 0,007 cm/god.

#### SAŽETAK

Interpretacijom rezultata brojnih geofizičkih mjerenja, bušenja, terenskih geoloških i geomorfoloških opažanja te laboratorijskih analiza postignut je bolji uvid u sastav naslaga i otkriven je strukturni sklop neogenskih i kvartarnih taložina te je kvantitativno određena najmlađa tektonska aktivnost. Na taj su način upotpunjene dosadašnje spoznaje o geološkim odnosima Erdutskog brda s okolicom temeljene najvećim di-



jelom na ispitivanjima površinskih pojava i izdanaka. Najznačajniji doprinosi povezani su s utvrđivanjem:

- triju faza geološkog razvoja tijekom neogena i kvartara,
- prevladavajućih rasjednih sustava,
- protezanja i bočnih odnosa slojeva različitog litološkog sastava kvartarne starosti s naglaskom na litofacijske relacije propusnih i nepropusnih taložina,
- paleogeografskih uvjeta i
- stupnja tektonske aktivnosti tijekom kvartara nekih rasjeda važnih u strukturnom sklopu.

Obuhvaćeno područje karakterizirano je razvojem u tri faze:

- starija miocenska, kada se oblikuju prve strukture,
- gornjomiocenska-donjopliocenska s izljevima dijabaz-spilita i drugih sličnih bazičnih stijena u široj okolici,
- gornjopliocenska i kvartarna kada prvo nastupa stagnacija pa zatim intenzivno spuštanje, sinsedimentacijsko rasjedanje i konačno oblikovanje reljefa. Erdutsko brdo se postupno izdiže tijekom gornjeg Würma.

Tektonski pokreti odvijaju se duž rasjeda triju sustava. To su: uzdužni, pravca pružanja istok — zapad, poprečni do dijagonalni pružanja sjever-sjeverozapad — jugjugoistok te dijagonalni protezanja po pravcu istok-sjeveroistok — zapadjugozapad.

U litološkom pogledu kvartarne taložine najčešće sadrže gline, siltove i pijesak te prapor u najmlađem nivou. Prvi tri frakcije gotovo su uvijek izmiješane u međusobno različitim omjerima. Pijesci su najpostojanijeg sastava, debljine i horizontalne rasprostranjenosti, s vertikalnom gradacijom te paralelnom i kosom laminacijom. Sedimentacijski uvjeti tijekom donjeg, srednjeg i dijela gornjeg pleistocena bili su dosta ujednačeni. Naime, glinovito-siltozno-pjeskoviti materijal odlagan je u prostranim, plitkim močvarama u koje su povremeno prodirali veći vodeni tokovi noseći značajnije količine krupnozrnastih klastita. U gornjem pleistocenu, između Aljmaša i Erduta izdiže se kopno na koje se talože čestice donešene vjetrom s okolnih poplavnih ravnica — dakle prapor.

Korelacijom unutar kvartarnih naslaga, a prema podacima bušenja i krivuljama više karotažnih metoda kao i laboratorijskim analizama, ustanovljena je rasprostranjenost, debljina slojeva i lateralni odnosi članova raznovrsnog litološkog sastava te veličina skokova duž nekoliko rasjeda. Izdvojeno je 11 cjelina s prevladavajućim bilo propusnim, bilo nepropusnim materijalom. Prva pripada gornjem pleistocenu i holocenu, a sastoji se od kontinentalnog prapora koji prema jugu uklinjava te silta i siltoznih pijesaka s tankim prosljocima gline. Ostalih 10 litoloških jedinica srednjopleistocenske je starosti, od kojih su 3, 5, 7, 9, 10. i 11. jače propusne budući u sastav dolaze uz silt i gline, srednjozrnasti pijesci i mjestimice šljunak. Nakon sprovedene korelacije i proračuna otkriven je pomak duž južnog rasjeda Erdutskog brda (imenovan kao Tenja — Dalj — Odžaci) od oko 0,07 mm/god, tijekom srednjeg i gornjeg pleistocena, odnosno za zadnjih približno 1 milijun godina.

Većina rasjeda okolice Erduta aktivna je u kvartaru i to različitog intenziteta. Određen broj spada u kategoriju s vrlo slabo izraženom aktivnošću. Svakako su zanimljiviji veći ili aktivniji s dosezanjem do površine terena, od kojih su neki slabo, a neki jasno ocrtani u reljefu. S tog stajališta su nakon interpretacije podataka s aerosnimaka i korelacije geomorfološkog kartiranja izdiferencirani umjereno aktivni u koje spadaju:

- rasjed Osijek — Aljmaš — Erdut — Bogojevo, dionica Bijelo Brdo — Erdut,
- rasjed Bijelo Brdo — Sonta i to dionica oko Bijelog Brda te
- Erdutski rasjed, dio trase kod samog mjesta.

U kategoriju malo aktivnih uvršten je rasjed Tenja — Dalj — Odžaci.

Primljeno: 15. 6. 1984.

#### LITERATURA

- Babić, Ž., Čakarun, I., Sokač, A. i Mraz, V. (1978): O geologiji kvartarnih naslaga porječja rijeke Drave. *Geol. vjesnik*, 30/1, 43—61, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1912): Iz prapornih predjela Slavonije. a) Praporna stepenica Đakovačka b) Praporni hrbat Erdutski. *Vijesti Geol. povj.* (1911), 2, 20—30, Zagreb.
- Hernitz, Z. (1983): Dubinski strukturno-tektonski odnosi u području istočne Slavonije (disertacija). Jugosl. komitet svjetskih kongresa za naftu, »Nafta«, 1—221, Zagreb.
- Marković-Marjanović, J. (1958): Stratigrafija i geneza Erdutskog Brega kod ušća Drave u Dunav. *Zbornik radova Geol. inst. »J. Žujović«, 10*, 167—188, Beograd.
- Milojević, Ž. (1949): Baranjska lesna Zaravan. *Geograf. glasnik*, 11—12, 39—44, Beograd.
- Prelogović, E. i Cvijanović, D. (1983): Prikaz neotektonske aktivnosti dijela Slavonije, Baranje i Bačke. *Geol. vjesnik*, 36, 241—254, Zagreb.
- Rukavina, D. (1983): O stratigrafiji gornjeg pleistocena s osvrtom na topla razdoblja i njihov odraz u naslagama na području Jugoslavije. *Rad Jugosl. akad. znan. umjet., knj. 404 (Razred za priv. znan., knj. 19)*, 199—221, Zagreb.
- Sokač, A., Dragičević, I. i Velić, J. (1982): Biostratigrafske i litološke odlike neogenskih i kvartarnih sedimenata nekih bušotina okolice Osijeka. *Geol. vjesnik*, 35, 9—20, Zagreb.

### Geological Relations of Quaternary Deposits of Erdut Environs (Eastern Croatia)

J. Velić, I. Dragičević, E. Prelogović

In the Erdut environs, various geological-geophysical investigations have been carried out with the aim to establish the composition and structure of Neogene and Quaternary deposits, and the youngest tectonical activity. The comprised area is characterised by the three evolutionary phases as follows:

- the Older Miocene phase when the first structure had been formed,
- the Upper Miocene — Lower Pliocene phase with outflows of diabase-spilite and other similar alkaline rocks in wider area and
- the Upper Pliocene and Quaternary phase when stagnation starts first followed by intensive down-throwing, sinsedimentary faulting and finally relief shaping. Erdut hill as gradually uplifted during the Upper Würm.

Tectonical movements act along the faults of three systems. These are: longitudinal of the east-west strike, transversal to diagonal of the northwest-southeast strike, and diagonal of the east-northwest to west-southeast strike.

Lithologically, the Quaternary deposits contain clays, silt and sand mostly; and loess in the youngest level. The first three sediments are usually mixed at various rates. Sands are of the most stable composition, thickness and horizontal extent, with vertical gradation and parallel and horizontal laminations. The sedimentary conditions were quite uniform during the Lower, Middle and part of the Upper Pleistocene. In other words, the clayey-siltous-sandy material has been deposited in extensive swamps into which occasionally penetrated bigger streams carrying the significant quantities of coarse-grained clastics. In the Upper Pleistocene, between Aljmaš and Erdut, the land was uplifted where the particles brought by wind from the neighbouring flood planes were sedimented — i. e. loess.

By correlation within the Quaternary deposits, and according to the drilling data and curves of the various hole logging methods, as well as to the laboratory analyses, the extent, thickness of layers and lateral relations of different lithological units were established. Even 11 units were separated either with permeable material prevailing or impermeable one. The first unit belongs to the Upper Pleistocene and Holocene, and is composed of continental loess, which thins out southwards, and siltous sand with thin clay interlayers. The other 10 lithological units are of the Middle Pleistocene age. The units 3, 5, 7, 9, 10 and 11 are more permeable because they contain medium grained sand and occasionally gravel besides silt and clay. After the completed correlation and calculation, the movement along the south fault of Erdut hill (referred to as Tenja-Dalj-Odžaci fault) was established, with the rate of 0,07 mm/year during the Middle and Upper Pleistocene, in other words during the past ca 1 million years.

Most of the faults in the Erdut environs are active in the Quaternary, but of different intensity. The certain number of faults belongs to the category of very low intensity. The bigger or more active faults, reaching the surface, are more interesting. Some of them are poorly and some well marked in the relief.

From this point of view, after the interpretation of data from the aerial photographs and correlation of geomorphological mapping, the moderately active faults were differentiated including the following:

- the fault Osijek—Aljmaš—Erdut—Bogojevo, section Bijelo Brdo—Erdut,
- the fault Bijelo Brdo—Sonta, section around Bijelo Brdo and
- the Erdut fault, part of the trace at the place itself.

The category of low activity faults included the fault Tenja—Dalj—Odžaci.