

| | | | | |
|---------------|------|---------|----------------|--------------|
| Geol. vjesnik | 30/1 | 151—165 | 4 sl. u tekstu | Zagreb, 1978 |
|---------------|------|---------|----------------|--------------|

551.79:551.243(161.16.46)

Neke značajke kvartarnih sedimenata istraživanih na primjeru klizišta Jelenovac kraj Zagreba

Krešimir POLAK

Geotehnika, Kupaska ul. 2, YU—41000 Zagreb

Klizište je istraženo pomoću 10 bušotina do krajnje dubine 71 m kroz kvartarne sedimente sve do pliocenskih lapora. Komparacija terenskog i laboratorijskog rada dala je rezultate, čiji su zaključci zanimljivi stratigrafski, sedimentološki, paleogeografski, geokemijski i inženjersko-geološki.

UVOD

Iako je već tokom više desetljeća sjeverni brežuljkasti predjel grada Zagreba, odnosno predjel južnih obronaka planine Medvednice, poznat kao područje mnogih klizišta, što starijeg što novijeg datuma, među našim znanstvenim publikacijama nema o tome mnogo bilježaka. Malobrojni stručnjaci koji su se time bavili — i geolozi i geomehaničari — većinom su se ograničili na kratak zaključak o pogodnosti ili najjednostavnijoj sanaciji terena ili objekta, ne upuštajući se u komparativnu analizu većeg broja sličnih slučajeva; takav bi tretman naime zahtijevao znatno više vremena, veći broj analiza, izvođenje nekih analiza koje zasad ništa sigurno ne obećavaju i sl.; a s druge strane automatski bi zahtijevao i veća sredstva. Pored toga takav bi tretman zahtijevao i koordinaciju više različitih struka, što međutim do danas nije bilo uobičajeno. Ipak se je dosadašnji način istraživanja s vremenom pokazao previše subjektivan i jednostran, pa je detaljna obrada ovog klizišta koje se nalazi nedaleko od centra grada zahvaćena šire.

Samo klizište nalazi se na zapadnom obronku brijega Jelenovac po kome je dobilo ime i po čijem grebenu prolazi cesta, a podnožjem istoimeni potok (koji u tom području nije reguliran). Budući da se čitav proces klizanja odvija unutar kvartara, nastala je osobito povoljna mogućnost da se u tom području relativno slabo poznati slojevi kvartara nešto bolje upoznaju. To je tim značajnije, jer je ta serija i kod nas i u svijetu vrlo raširena i razvijena osobito u genetskim prilikama kao što je u našem primjeru, a to znači u neposrednoj okolici mnogih većih gradova, što bi bilo značajno za lakše (i jeftinije) donošenje zaključaka u problematici inženjersko-geoloških fenomena.

HISTORIJAT ISTRAŽIVANJA

Detaljnije geološko snimanje okolice Zagreba izveo je Gorjanović (1908) u čijoj geološkoj karti je istraživano područje jasno determinirano kao kvartar, odnosno točnije kao diluvij (po novijoj terminologiji pleistocen). Pitanje postanka tzv. zagrebačke terase na kojoj se istraženi lokalitet nalazi obrađivali su u novije vrijeme Roglić (1952) i Klein & Stojadinović (1971). No ta su istraživanja u centru pažnje imala postanak same terase, a ne postanak sedimenata od kojih je terasa izgrađena. Pitanju starosti terase približio se Riđanović (1968) usporedboj sa dunavskim šljuncima kod Beča. U svim navedenim istraživanjima pretežno su dakle razmatrani geomorfološki a ne geološki fenomeni i njihove posljedice. S druge strane, u pogledu određivanja starosti samih sedimenata objavljeno je vrlo malo. Pri pokušaju određivanja na temelju fosila istraženom se lokalitetu približava Malez (1961), no i taj je lokalitet (Grmoščica) udaljen cca 3 km, pa nije moguća niti indirektna korelacija odnosnih naslaga sa naslagama našeg lokaliteta. Proces slične eluvijacije primijetio je već Takšić u svom radu od 1968. U radu o Murskom Središću od 1967. isti je autor naglasio reduciranost srednjeg i gornjeg pliocena, dok je *Rhomboida*-horizont karakteriziran bogatom brakičnom faunom iznad koje se ističe oštra diskordancija (str. 314). U daljem tekstu naglašava da je te, dotadašnje »belvederske šljunke«, bolje ubrojiti u donji pleistocen. Primijetio je također da nanos (kakav se nalazi i na našem lokalitetu) dokazuje jake riječne tokove (str. 308). Vidjet ćemo da se isti argumenti mogu dobro primijeniti i na naš lokalitet, jer su pojave gotovo identične.

Geomehanički je lokalitet detaljno obrađen u radu Nonveillera & al. (1972), a prije toga je uzgredno spomenut u radu Fijembera (1949), a o problemu je kratko referirano i na geološkom kongresu u Hercegovom (Nonveiller & al., 1971).

PROBLEMATIKA

Dok su fundamentalna geološka istraživanja započela već u prošlom stoljeću, rješenje postavljenih problema traži kompleksno povezivanje pojava od kojih su neke donedavno bile slabo razrađene ili barem zapostavljene, a djelomično je to i stvar boljeg povezivanja raznih struka. U daljem tekstu ovog poglavlja opisani su samo problemi čija je obrada prikazana na temelju rezultata istraživanja na ovom lokalitetu, čija je gusta mreža bušotina na relativno malom prostoru — 10 bušotina na 6.500 m² — dala neke rezultate i zaključke. Ti rezultati i zaključci nisu novi u punom smislu te riječi, ali je možda noviji način njihovog povezivanja i tretmana, pa ovako skupljeni na jednom mjestu mogu dobro poslužiti prilikom eventualnih daljnjih istraživanja na sličnim problemima. Razradu ovih fenomena i procesa naći ćemo u poglavlju Diskusija pod istim brojem odlomka kao što su ovdje navedeni.

1. Starost, diskordancija i geološka tijela izvedeni su na temelju mnogih vrlo izrazitih karakteristika, premda u jezgri bušotina koje su vrlo pažljivo pregledane nisu nađeni ostaci fosila.

2. Geneza sedimenata je u ovom primjeru bila predmet osobitog interesa, jer su ti sedimenti u našoj geološkoj literaturi relativno malo obrađivani, a osobito su oskudno obrađeni u smislu inženjersko-geoloških karakteristika, te kao mjesto eventualnih poremećaja i sl. To je interesantno utoliko više, jer se stjecajem okolnosti dosta gradova — kao npr. Zagreb — i drugdje u svijetu nalazi na takvim sedimentima vjerojatno nastalim u sličnim prilikama. To nas je navelo da baš i o tom njihovom svojstvu — sterilitetu — zbog kojeg oni do danas u geološkim krugovima nisu bili predmet interesa — pažljivije razmislimo i iz toga pokušamo izvesti neke zaključke.

3. Redepozicija, odnosno sam proces eluvijacije (i iluvijacije kao prostorno drugi dio istog procesa), u pedologiji je vrlo dobro istražen i odavno poznat proces; u geološkoj literaturi je također poznat, ali mislim da tu taj proces nije još do sada našao svoje pravo mjesto; to specijalno vrijedi za literaturu o inženjersko-geološkim procesima i geomehaničkim karakteristikama — u konkretnom slučaju u klizištima.

4. Veza s procesom klizanja i sanacija. Komparacija raznih strukturnih površina u podzemlju navela nas je na izvjesne zaključke o njihovoj međusobnoj vezi, te o prirodi i karakteristikama procesa, a na temelju toga i na izvjesne sugestije za sanaciju.

U ovom radu prikazan je samo geološki dio rezultata istraživanja, te geološke posljedice koje iz njih proizlaze. Geomehaničke rezultate prikazali su Nonweiler & al. (1971) odnosno Polak & al. (1971).

REZULTATI

Stratigrafski razvoj

Što se tiče stratigrafske pripadnosti, konstatirano je da bušenjem istraživana serija pripada pretežno kvartaru, a podloga joj je srednji pliocen. Najnoviji rezultati K. Šikića & Bascha (1975) govore za pripadnost pliocenu i dijela šljunaka koji su u ovom radu tretirani kao kvartar.

Pliocen

U sigurnim pliocenskim sedimentima bušeno je samo orijentaciono radi sigurnosti, i to od 2 do najviše 9 m. Od sedimenata kvartara pliocen se već i makroskopski lako razlikuje, a razlika je očita i prema sadržaju paleontoloških dokumenata: sadrži vrlo mnogo makrofaune koja je međutim slabo očuvana pa nije pogodna za odredbu; ipak, iz malog broja sačuvanih dijelova ljuštura jasno je da se uglavnom radi o rodu *Congerina*, a mjestimično je prisutan i rod *Limnocardium*. Prema tome, kao i prema rezultatima mikropaleontološke analize, ovi sedimenti pribrojani su *Rhomboidea*-slojevima.

Kvartar

Kvartarni sedimenti imaju neočekivanu debljinu: u bušotini G-2 (koja je locirana gotovo na grebenu) nabušen je pliocen tek na dubini 64 m.

Stratigrafsko određivanje mlađih sedimenata nije bilo moguće standardnom paleontološkom metodom; izvršeno je na temelju bitne facijelne različitosti od pliocenske podloge — ovi sedimenti ne sadrže niti tragova bilo kakvih fosila — kao i razlike u litološkim karakteristikama: bez traga su vapnene komponente, te izričito klastičnog sastava.

U kvartarnim sedimentima boja je vrlo značajna, ali ne kao kriterij za stratigrafsko odjeljivanje (čak niti kao indicacija), nego samo za određivanje stupnja odnosno faze i intenziteta procesa oksidacije; značajna je intenzivna plavozelena boja donjeg (neoksidiranog) dijela kvartarnih naslaga, odnosno smeđa ili crvena do žuta boja gornjeg (oksidiranog) dijela, koji je pun čvrstih željeznih konkrecija vrlo oštrog lučenja u nepravilnim formama.

Litološki sastav

Litološki sastav pažljivije je obrađivan radi utjecaja na inženjersko-geološke karakteristike, a zanimljiv je i sedimentološki.

Lapor

Samo se stariji (pliocenski) sedimenti sastoje od lapora izrazito sive boje. U prelaznom dijelu prema kvartaru su slabo zelenkaste nijanse koja vjerojatno potječe od postupnog migriranja (difuzije) težih minerala (fero-silikata) iz krovine, tj. kvartarnih horizonata. Zbog toga ta granica između tercijara i kvartara nije svagdje oštra, već difuzna u visinskoj razlici 3 do 8 m.

Glina

Prava glina, bez primjesa drugih frakcija i jasno omeđena graničnim slojnim površinama, nije nađena u kvartarnim sedimentima; nađena je samo kao primjesa u drugim frakcijama, te kao izolirani komadi jezgre odvojeni od podine i krovine.

Prah i pijesak

To su u kvartaru glavni sastojci, i to u dimenzijama od vrlo sitnog praha do sitnog pijeska; krupan je pijesak vrlo rijedak. Iz petrografske analize vidljiv je mineralni sastav ove frakcije: kvarc, albit, epidot i klorit. Taj sastav jasno pokazuje njegovo neposredno porijeklo od zelenih škriljaca kao i da je donešen iz nevelike udaljenosti njihovog primarnog ležišta, što se vidi po vrlo dobro očuvanom kvalitativnom sastavu, po kvantitativnom odnosu komponenata i po angularnoj formi najkrupnijih čestica (Šćavnićar, 1968).

Šljunak

Nađen je u različitim oblicima, mineralnom sastavu, granulaciji, sfericitetu, s raznim primjesama i bez primjesa, s prevlakom limonita i bez nje; međutim ni jedna od spomenutih osobina nije stratigrafski provodna, pa smo se pri interpretaciji geoloških profila orijentalirali na druge kriterije, kao što su debljina i broj uložaka jednog facijesa u drugom,

izgled krovine ili podine i, dakako, visina od granice s tercijarom. U početku je ta interpretacija uzimana s rezervom, dok se nije potvrdila korelacijom svih bušotina, te korelacijom s uzdužnim profilom.

Iz profila je vidljivo prilično facijalno lateralno mijenjanje pojedinih uložaka: vrlo izraženi šljunčani horizonti u zapadnom dijelu (prema potoku) jedva se naziru u istočnom dijelu profila kao »šljunkoviti prah«. Pored toga, prema istoku vidimo isklinjavanja tih šljunčanih uložaka.

Dakle drugim riječima šljunak se prema istoku smanjuje na dva načina, stanjivanjem i lateralnom izmjenom facijesa.

Na prikazanom profilu pojedini šljunčani ulošci radi bolje preglednosti označeni su brojevima od I—VIII od starijih prema mlađima.

Oblici pojavljivanja

Korelacijom susjednih bušotina dolazimo do nedvojbenog zaključka da su geološka tijela (šljunčana i pješćana) pretežno razvijena u obliku leća. Interpretirani geološki profil (slika 1) pokazuje te leće u vrlo razvučenim formama koje se približavaju formi sloja, jer je ta forma najvjerojatnija kao posljedica prikazanih prilika sedimentacije (riječni tokovi), a viđena je i u susjednim terenima u zagrebačkoj okolini.

Prostorni položaji

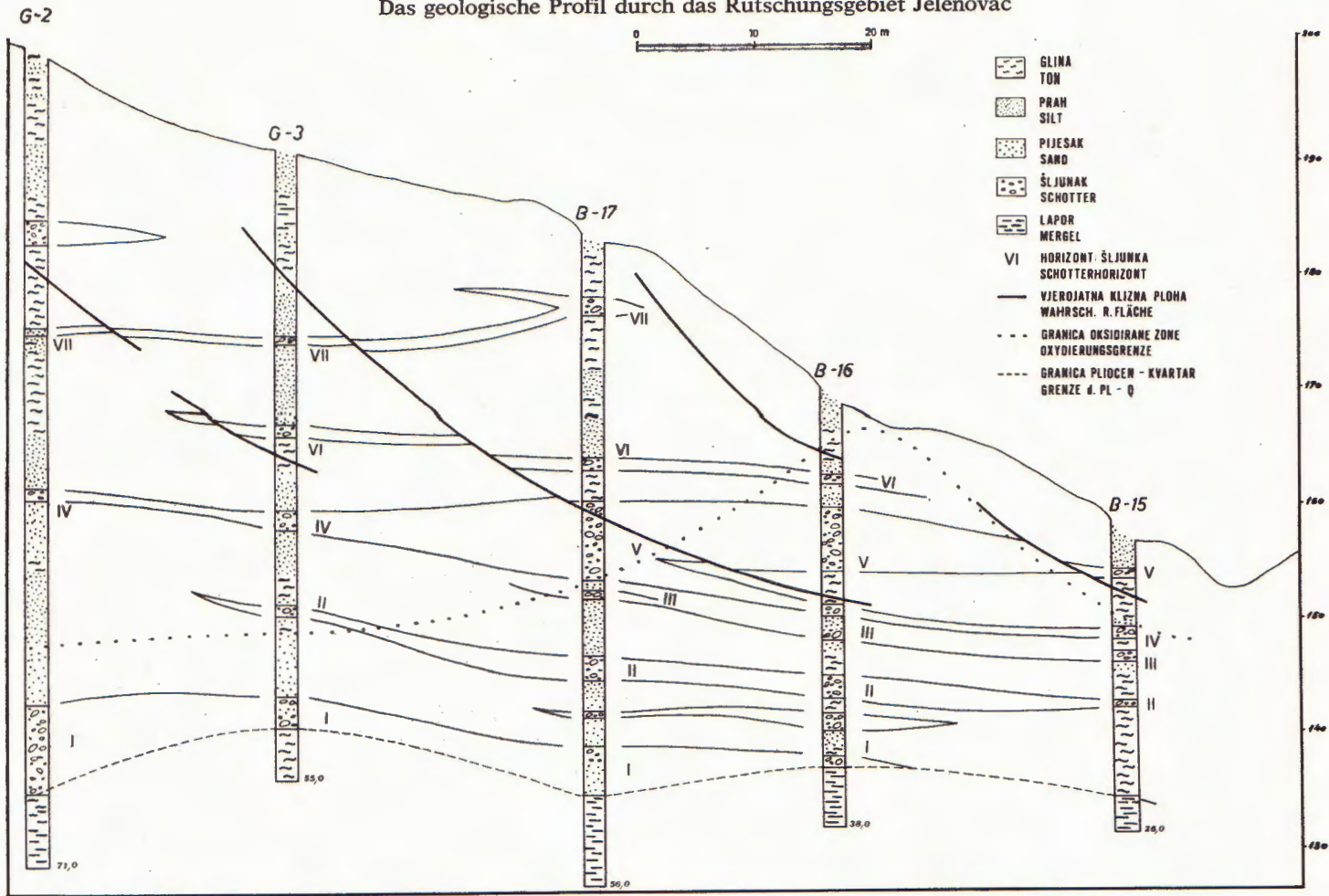
Granična površina tercijar—kvartar (sl. 2)

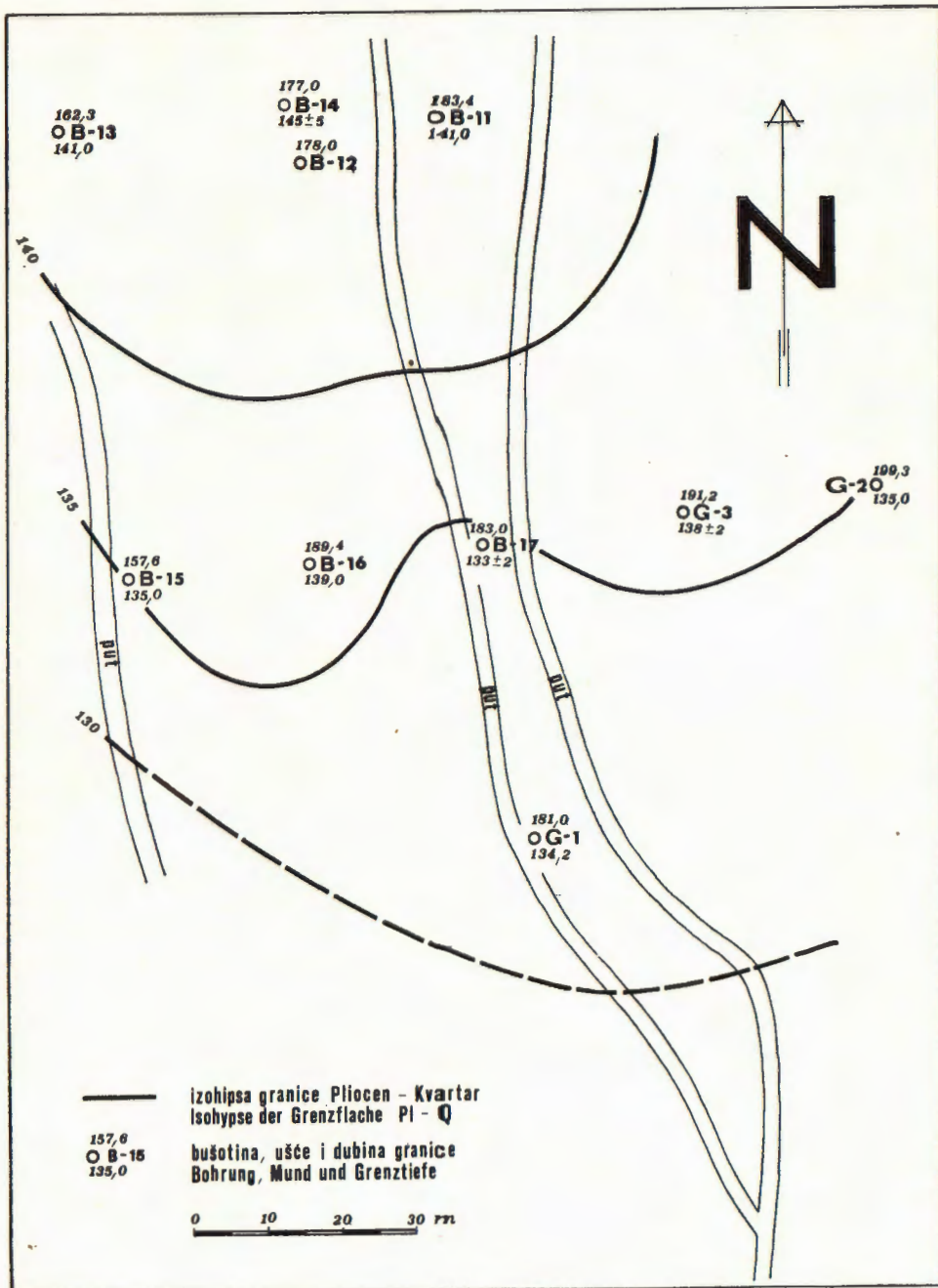
Površina tercijara je blago valovita ploha, čiji bregovi i dolovi u vertikalnom smislu variraju do 6 m na udaljenosti 20 m; iste apsolutne visine površine tercijara u krajnjim bušotinama profila istok—zapad pokazuju, da je u tom pravcu ova površina približno horizontalna. Naprotiv razlika u visinama između krajnje sjeverne i krajnje južne bušotine iznosi cca 6 m, dakle ima stalan nagib prema jugu od 4°. To se može razabrati i na strukturnoj karti paleopovršine tercijara. Navedena se osobina podudara s dosadašnjim poznavanjem nagiba serije mlađeg tercijara u području južnih obronaka Medvednice. Iz strukturne karte paleopovršine tercijara vidljivo je nešto što bi odgovaralo mikroreljefu ove paleopovršine, te prema položaju izolinja na toj karti izgleda da su profilom istok—zapad poprečno presječeni usjeci i grebeni, tj. da su grebeni i jaruge na toj paleopovršini u početku taloženja kvartara imali sličan međusobni položaj kao danas.

Kvartarni slojevi kao cjelina (sl. 1)

Počevši od sredine profila, korelacija bušotina izvedena je spajanjem pojedinih horizonata krupnijih frakcija koje su konstatirane u približno jednakim apsolutnim visinama, pri čemu je u B-17 izbrojeno 7 takvih horizonata, a među njima su najjasniji II, III, IV, V i VI. Horizonti IV i V su tu spojeni u jedan koji se prema G-3 istanjuje, dok horizont III isklinjuje. S druge strane horizont VII je prema zapadu nestao, možda zbog starog klizanja i erozije, dok je horizont treseta vjerojatno istim

Sl-Abb. 1. Geološki profil kroz klizište Jelenovac
 Das geologische Profil durch das Rutschungsgebiet Jelenovac





Sl-Abb. 2. Morfologija granične površine pliocen—kvartar
Morphologie der Grenzfläche zwischen dem Pliozän und Quartär

procesom došao u niži položaj, a istovremeno je u bušotini B-15 klizanjem istanjen horizont V. Iz profila razabiremo da čitav kvartar ima blag nagib prema jugozapadu, pa i to da je takav nagib imao i prije početka procesa klizanja, osim što je tirne nagib možda malo ublažen.

Granična površina oksidirano-neoksidirano (sl. 1 i 3)

Bušenjem je konstatirana vrlo oštra granica između gornje, oksidirane zone bogate Fe-konkrecijama (poznate u pedologiji kao tzv. »iluvijalni horizont«) i zone svježeg neoksidiranog materijala. Ta granica svuda leži ispod oksidirane zone. Uslijed povoljnih okolnosti (znatna količina željeznih silikata, znatan porozitet, mogućnost donosa kisika infiltracionom vodom s površine) razvila se u gornjim partijama oksidirana zona s vrlo oštrom graničnom plohom prema neoksidiranoj zoni. To znači da je podzemnoj vodi vrlo precizno fiksiran put (ili vrijeme?) koji joj je potreban da izgubi kisik što ga donosi s površine.

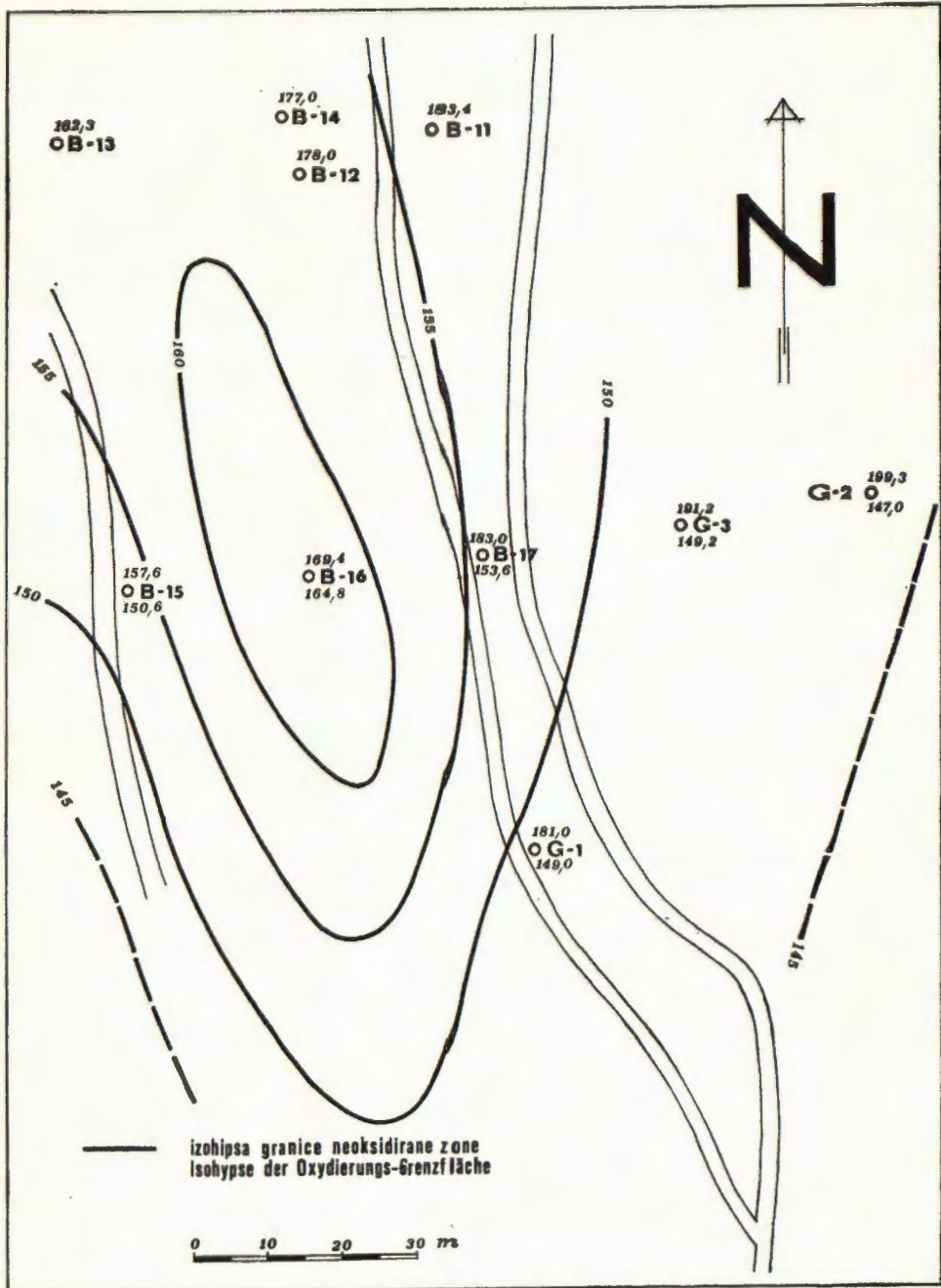
U vezi s opisanom graničnom plohom oksidiranosti primijećeno je nadalje da sedimenti mnogo dublje oksidiraju na istočnoj strani, tj. pod grebenom, te iscrpljivanje vode bogate kisikom prema potoku. Drugo je moguće objašnjenje veća brzina erozije potoka nego oksidacije na grebenu.

Poremećaji (sl. 1)

Utvrđeno je da je tercijar čvrsta podloga, koja u našem slučaju nije sklona klizanju iz dva razloga — prvo jer je čvršće konsistencije, a drugo jer je preduboko ispod površine. Prema tome zaključujemo da je poremećajima zahvaćen isključivo pleistocen, ali niti on do svoje krajnje dubine. Nasuprot tercijaru, kvartar tj. pleistocen, relativno je rastresit, pretežno izgrađen od praha i sitnog pijeska, dakle od sitnozrnatih klastita, te u izvjesnoj mjeri propustan za vodu (na mjestima bez gline k doseže vrijednost 10^{-5} cm/sec); on dakle prije ili kasnije može postati mjesto novih poremećaja utjecajem promjena u režimu podzemnih voda i time nastalih poremećaja ravnoteže u nekom horizontu ili pak povećanjem ili smanjenjem težine jednog dijela sedimenta (ili kombinacijom obih faktora). K tome pridolazi eroziona aktivnost potoka, koji u podnožju brijega postepeno odnosi oslonac.

Interpretacija korelacijom bušenja (sl. 1 i 4)

Pregledom jezgre su kao tragovi poremećaja (klizanja) primijećeni tragovi masne gline koja je procesom redepozicije formirala kontinuiranu zonu. Spajanjem pojedinih horizonata takve gline, pretpostavljene su neke klizne površine. Od tako interpretiranih površina klizanja najvjerojatnija je površina koja je seriju zahvatila na srednjoj dubini, tj. na cca 25 m. Ona je djelomično zahvatila i šljunčane horizonte V, VI i VII. Pitanje je koliko ti šljunčani horizonti tamponiraju odnosno kočice čitav proces, jer koliko s jedne strane šljunak trenjem koči klizanje, s druge strane ga pospješuje, jer su šljunčane leće sigurni rezervoari vode. Oni dakle jednom rječju kompliciraju, ali sigurno ne zaustavljaju klizanje.



Sl-Abb. 3. Granična površina između oksidiranog i neoksidiranog horizonta
 Die Grenzfläche zwischen dem oxydierten und nichtoxydierten Horizont

DISKUSIJA REZULTATA

1. Starost, diskordancija i odnos geoloških tijela

Korelativno-profilna interpretacija, te kasnija komparacija sa strukturnom kartom paleopovršine pliocena i strukturnom kartom jednog odabranog šljunčanog horizonta, vode nas na zaključak o postojanju diskordantnog odnosa prema starijim sedimentima. Izrazito nepodudaranje pružanja, nagiba i oblika navedenih ploha siguran je znak diskordantnog odnosa, i to tektonsko-erozionog. Ovom se pridružuje i podatak o postojanju bazalnog šljunka na pojedinim mjestima, što se na profilu jasno može vidjeti.

Istom metodom — uz usporedbu sa izdancima promatranim na susjednim lokalitetima dobijeni su podaci o dimenzijama, obliku i broju geoloških tijela (tj. šljunčano-pješčanih leća u glinovito-prašinstoj masi), kao i o njihovom facijalnom razgraničavanju. Dalje nas navedene konstatacije navode i na zaključak o fluvijalnoj genezi sedimenata, uz povremene inundacijske periode; tom zaključku pogoduje činjenica o izmiješanosti frakcija. Taj nas zaključak također indirektno upućuje na konstataciju o kvartarnoj starosti, jer poznato je da je pliocen u ovim krajevima izrazito limnički. Slične pojave i konsekvence iznijeli su Gorjanović (1907) i Takšić (1967).

2. Geneza sedimenata

Nekoliko zasebno dobivenih podataka o primarnom, tj. neizmijenjenom obliku istraživanih kvartarnih naslaga dovelo je do jednoznačnog zaključka o genetskim prilikama. Tako mineralni sastav, odnos dimenzija čestica i njihov oblik, promatrani mikroskopom odaju genezu kvartara isključivo jednim načinom (dakle ne kombinacijom egzogenih faktora), i to sedimentacijom iz vode uz prisutnost turbulentnih strujanja — dakle iz tekuće vode. Pored toga pomanjkanje karbonatne komponente odaje nisku temperaturu te vode. Na kraju svježina tj. neoksidiranost prisutnih minerala zelenog škrljca i gabra uz njihov neporemećeni kvantitativni i kvalitativni odnos odaje brzo i isključivo mehaničko raspadanje prvotne stijene čiji je reziduum bio zatim brzo transportiran i isto tako brzo sedimentiran. Tek mnogo kasnije, povodom bitno izmijenjene klime dolazi do oksidacije nataloženog materijala donosom velikih količina kisika infiltracionom vodom uz višu temperaturu. Ovi su rezultati izvedeni uglavnom iz podataka sedimentološke analize uzoraka iz donjeg, plavozelenog dijela kvartarnih slojeva, kako je vidljivo u izvještaju B. Šćavničar (1968). Kvalitativno-kuantitativna analiza najsitnije frakcije (također svježeg materijala iz donjeg dijela naslaga) izvedena termo- i rentgenoskopskom metodom pokazala je također da je sediment očit reziduum mehaničkog raspadanja zelenog škrljca. Ove su analize pokazale nejednoličan sastav minerala, a to znači turbulentnost vodene struje u kojoj je materijal taložen.

Rezultati mikropaleontološke i palinološke analize doveli su nas do zaključka da je materijal bio taložen u prilikama nepovoljnim za život

i fosilizaciju. Ako je dakle ispod neke granice koja se podudara s granicom mineralno-kemijskog sastava prisutan jasno određen i fosilima vrlo bogat srednji pliocen čija je klima poznata kao topla i vlažna, jasno je da su naslage koje se odlikuju apsolutnim nedostatkom fosila uz istovremeno bitno drugačije mineraloško-sedimentološke karakteristike imale sigurno i bitno drugačije prilike taloženja, što je najvjerojatnije bilo klimatski uvjetovano. S obzirom na nedostatak fosila nemoguće je, doduše, točno fiksirati vrijeme početka taloženja, ali je svakako vrlo vjerojatno da se naslage o kojima je riječ mogu kompletno uvrstiti u kvartar. Čak možemo ići i dalje: potok Jelenovac je danas već vrlo duboko usjekao svoje korito (za cca 40 m od površine najmlađih slojeva) što znači da je nastupom holocena sedimentacija ustupila mjesto eroziji, pa prema tome zaključujemo da su istraživane naslage isključivo pleistocen. Ova zadnja konstatacija upućuje nas na utjecaj najnovijih tektonskih procesa odnosno na izdizanje ovog dijela zagrebačkog područja, što koincidira sa konstatacijom ranijih autora za neka druga područja u zagrebačkoj okolici (Klein 1970, Gorjanović 1907).

3. Procesi redepozicije

U našem je primjeru značajan i vrlo jasno izražen proces eluvijacije-iluvijacije. Izgleda vjerojatno da je značenje tog procesa u geološkim fenomenima veće nego što se je do sada smatralo, a najviše u inženjersko-geološkim problemima. S tog stanovišta on može biti utjecajan faktor migracijom — dakle labilnošću atoma odnosno iona pojedinih kemijskih elemenata kao nosilaca mineralnih svojstava. Tako se ponaša osobito ion Fe^{++} , koji na površini litosfere uvijek s vremenom postaje nestabilan i time izaziva raspadanje ferosilikata (Brinkman 1970). Slično se ponaša ion Mn^{++} . Oslobođeni ioni fero-željeza (slično i mangan-ioni) postupno migriraju u veću dubinu nošeni vodom koja se infiltrira odozgo, sve dok ne naiđu na nepropusnu (ili relativno nepropusnu) zonu koja zadržava njihovo daljnje poniranje. Već na tom putu infiltracije prema dolje svi ti niževalentni ioni ubrzo prelaze u stabilniji viševalentan oblik primajući kisik što ga voda donosi, pa se željezo ubrzo taloži kao željezni hidroksid (odnosno kao čitav niz mogućih formi Fe^{+++} hidroksida već prema kvantitativnom stanju odnosa kisik:voda). Nastaju kongrecije vrlo nepravilnih oblika i svih mogućih intenziteta boje — od žućkaste preko crvene do crne. Čvrstoća tih kongrecija također je vrlo varijabilna, ali je u pravilu s porastom dubine sve veća. Isto je tako s porastom dubine izrazit i porast intenziteta te obojenosti kongrecija (da tako kažemo, stupnja »šarenila«). Kao što se iz toga može razabrati, danas još nije dovoljno jasno što se može očekivati u odnosu na taj problem, tj. da li je taj oblik praktički konačan, odnosno pod kojim bi uvjetima Fe^{+++} atom mogao dalje migrirati i mijenjati svoje mjesto, dubinu pa eventualno i svoje fizikalno-kemijske karakteristike i mineralno-kristalografski oblik i time posredno ili neposredno ugrožavati mehaničku stabilnost čitavog kompleksa. Proces je poznat i pod imenom »rasoljavanje«, a Brinkman (1970) ga je nazvao »ferolizom«. Poznat je (iako također nedovoljno istražen) proces koji se

dešava s eventualno prisutnim Ca-karbonatom. Njega infiltraciona voda kemijski otapa, pretvara u topiv hidrokarbonatni oblik i odnosi u nepoznatom smjeru i na vjerojatno veće udaljenosti. Na taj način tlo postaje izluženo i porozno, te pristupačno za nove agresije infiltracione vode koja donosom kisika nastavlja svoj oksidacijski proces.

4. Međusobni odnos paleopovršine, površine neoksidiranosti, šljunčanih horizonata, nivoa podzemne vode i klizne plohe

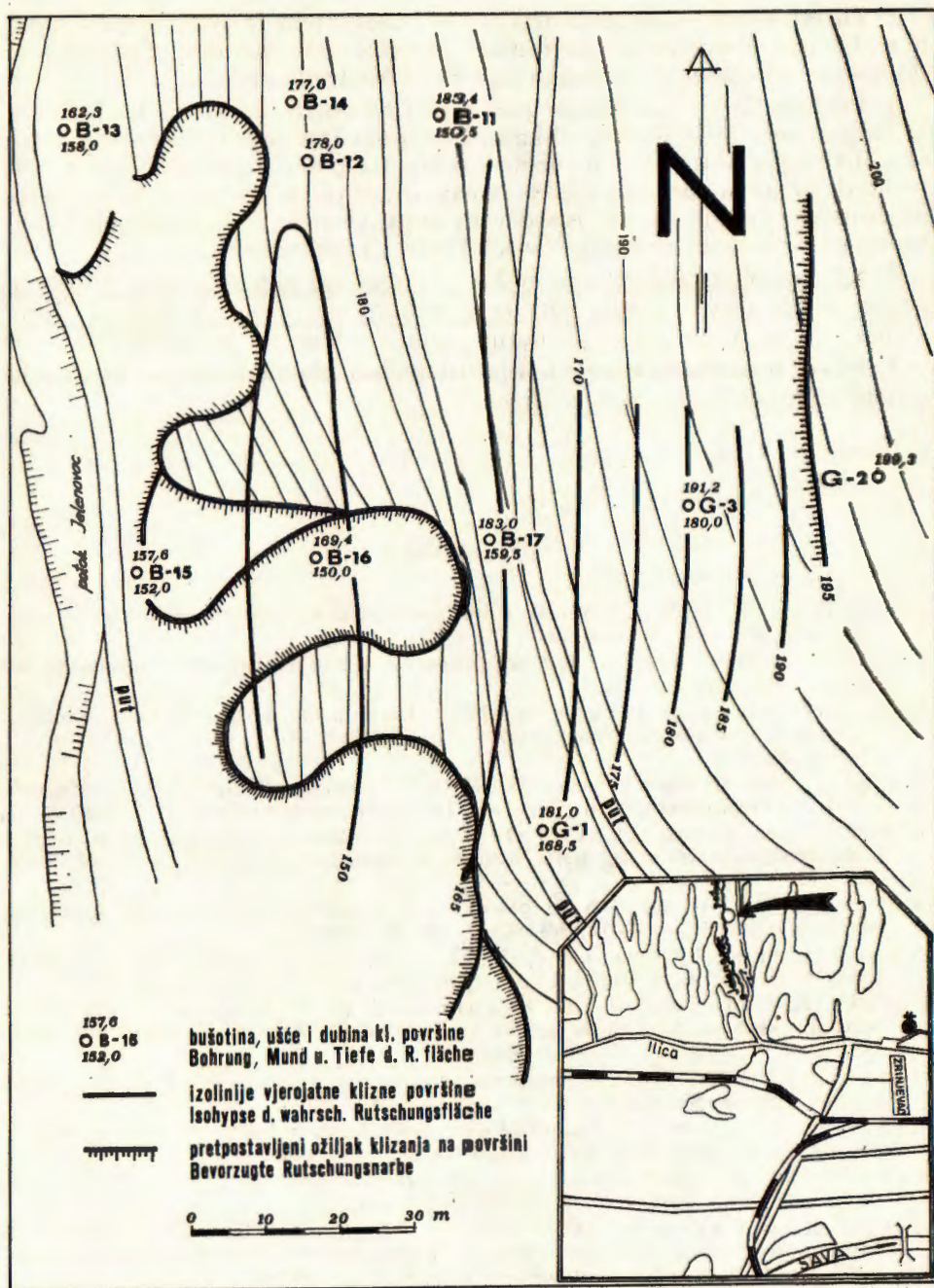
Komparirali smo odnos oblika površine vjerojatne klizne plohe (sl. 4) s nizom ostalih izvedenih površina. Vidjelo se da klizna ploha ni ne dotiče paleo-površinu pliocena koja se nalazi mnogo dublje, bitno je drugačijeg oblika, položaja i nagiba. Nešto je drugačije s odnosom prema granici oksidiranog i neoksidiranog dijela, koja je jednim dijelom mnogo plića čak i od površine klizanja (bliže potoku) i dopire do same površine terena, dok se prema brdu spušta u sve veću dubinu i time, s jedne strane, odaje svoj nepravilan oblik i neovisnost o svim drugim geološkim površinama. Ti fenomeni dakle nemaju direktan međusobni utjecaj, ali vjerojatno postoji izvjesna indirektna ovisnost. Nepodudaranje se nadalje vidi u odnosu klizne plohe prema prostornom položaju naslaga, ili npr. sa šljunčanim horizontima koje siječe, i to u gornjem dijelu pod ostrim, a prema dolje pod sve blažim kutom, te se u donjem dijelu sasvim podudara s njim. Ova se pojava može lako razumjeti s obzirom na jaču glinovitost u istočnom dijelu.

Postoji izvjesno podudaranje klizne plohe s nivoom (točnije sa zonom oscilacije primarnih nivoa) freatske podzemne vode, što indicira da je taj nivo vjerojatno bio bitan faktor u izazivanju procesa klizanja u momentu kad je izazvao poremećaj strujnog tlaka u toj zoni. Za definitivno objašnjenje i utvrđivanje karaktera utjecaja na procese bila bi potrebna detaljna obrada većeg broja sličnih klizišta i na bliskim lokalitetima.

Na ovom mjestu zahvaljujem prije svega ing. Sabljaru, koji je kao predstavnik investitora s razumijevanjem i zanimanjem pratio naš rad. Također dugujem zahvalnost profesoru dr. Nonveilleru i ing. Klemenčiću, koji su kao stručnjaci doprinijeli nivou rada. Nadalje kolegicama Lj. Lorencin, B. Ščavničar i B. Jović, te profesoru D. Crnkoviću za nesebično sudjelovanje u diskusiji o rezultatima analiza koje su bile odlučujuće u donošenju nekih bitnih zaključaka. Za solidnu izvedbu većine priloga zahvaljujem kolegi V. Medvedu.

ZAKLJUČAK

1. Poremećajima zahvaćeni slojevi pripadaju isključivo pleistocenu, koji diskordantno leži preko lapornog pliocena. Debeli su oko 60 m, a u seriji osim bazalnog šljunka ima još 6 do 7 šljunčanih horizonata koji su lečastih formi i uloženi u pješčano-prašinstoj masi, djelomično glinovitoj. Holocen je izrazito erozion, pa njegovih sedimenata ne nalazimo.



Sl-Abb. 4. Najvjerojatnija interpretirana klizna ploha
Die wahrscheinlichste interpretierte Rutschungsfläche

2. Pleistocenski sedimenti nastali su taloženjem iz vode, u prilikama brze hladne tekućice uz povremene inundacijske periode. Materijal je došćen sa nedalekih obronaka i grebena Medvednice.

3. Redepozicijom je kvartar podijeljen na horizont eluvijacije iz kojeg se ispire fero-ion željeznih silikata zelenog škrljca, infiltracijom se odnosi u dubinu i akumulira u formi konkrecija u horizontu iluvijacije kao feri-hidroksid s različitim količinama vode, pa je ta zona raznih boja od žute do crvene i crne; ispod vrlo oštne granice je horizont neoksidiranih plavozelenih minerala (»rock-flour«) zelenog škrljca.

4. Klizna ploha nalazi se duboko, ali pliće od paleopovršine pliocena. Nema jasne direktne veze niti sa granicom oksidiranosti niti sa šljunčanim horizontima, nego vjerojatno samo s tokom infiltracione vode.

5. Nivo podzemne vode vjerojatno je bio glavni faktor u stvaranju uvjeta za nastajanje procesa klizanja.

Primljeno 26. 11. 1976.

LITERATURA

- Brinkman, R. (1970): Ferrolysis, a hydromorphic soil forming process. — *Geoderma*, 3, 199—206, Amsterdam.
- Fijember, M. (1949): Iskustva kod sanacije klizanja obronaka zagrebačke terase. — *Građevinar*, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1907): Da li je bila gora zagrebačka oledena i kako je postala zagrebačka terasa. — *Glasnik Hrv. naravosl. društva*, 19, 37—43, Zagreb.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1908): *Tumač geologijskoj karti Zagreb*, 75 str., i *Geologijska karta Zagreba*, Izd. Geol. povjerenstva, sv. 5, Zagreb.
- Klein, V. & Stojadinović, O. (1971): Rezultati fotogeomorfološke analize u području Zagrebačkog polja između Podsuseda i Španskog. — *Građevinar*, 22/4, 128—130, Zagreb.
- Malez, M. (1961): Nalaz dvaju pleistocenskih sisavaca kod Zagreba i pregled okolnih nalazišta. — *Geol. vjesnik*, 14, 63—88, Zagreb.
- Nonveiller, E., Klemenčić, B., Lorencin, Lj. & Polak, K. (1971): Klizište Jelenovac u Zagrebu. — *Građevinar*, 23/11, 362—367, Zagreb.
- Polak, K., Nonveiller, E., Klemenčić, B. & Lorencin, Lj. (1971): Studija sanacije klizišta Jelenovac u Zagrebu. — *Zbornik I Simp. hidrogeol. inž. geol. Hercegnovi*, 165—172, Beograd.
- Roglić, J. (1952): Problem neogenog abrazionog reljefa. — *II kongr. geogr. Jugosl.*, 79—88, Skopje.
- Riđanović, J. (1968): Hidromorfološke značajke zagrebačke okolice. — *Radovi Geogr. inst. Prirod.-matem. fak. u Zagrebu*, 7, 39—50, Zagreb.
- Šćavničar, B. (1968): *Mineraloško-petrografska analiza jezgre iz B-15 iz Jelenovca*. — Arhiv Inst. geol. istraž. SRH, Zagreb.
- Sikić, K. & Basch, O. (1975): Geološka zbivanja od paleozoika do kvartara u zapadnom dijelu Zagrebačke regije. — *II god. znanstv. skup sekcije geol. geofiz. geokem. Znanstv. savjeta za naftu JAZU*, (A), 5, 69—84, Zagreb.
- Takšić, A. (1967): Das Braunkohlenlager von Mursko Središće. — *Geol. vjesnik*, 20, 303—315, Zagreb.
- Takšić, A. (1968): Ležište ugljena Mišulinovac. — *Geol. vjesnik*, 21, 367—377, Zagreb.

Einige Merkmale der quartärer Sedimente die auf dem Beispiel des Rutschgeländes Jelenovac bei Zagreb untersucht wurden

K. Polak

1. Gestörte Schichten sind ausschliesslich nur die pleistozäne, und sie liegen diskordant über dem mergeligem Pliozän. Gesämt sind sie maximal etwa 60 m mächtig und ausser der basal-Schotter betragen sie noch 6 bis 7 Schotter-Horizonten, die linsenförmig in der sandig-siltiger und lokal toniger Masse liegen. Holozäne Sedimente finden wir keine, weil dieser Zeitabschnitt hier ausdrucksvoll Erosions-Charakter hat.

2. Die pleistozäne Sedimente haben sich in den Bedingungen der kalten und schnellen Fliesswasser mit zeitlichen Inundationen sedimentiert. Das Material stammt aus dem Kerngebiet der unweitgelegenen Medvednica-Gebirge ab.

3. Die pleistozäne Sedimente sind durch den Redepositions-Prozess auf zwei scharf getrennte Horizonte geteilt: aus der Eluvium-Zone wird das Ferro-Ion der Eisensilikate aus den Grünschiefer in die Tiefe mit Hilfe der Infiltrationswasser getragen, da wird er akkumuliert in der Form der Ferri-hydroxid — Konkretionen und deswegen wird diese Zone ein buntfarbige Illuvium. Unterhalb dieser Zone ist eine sehr scharfe Grenze und darunter befindet sich der Horizont mit grünen nichtoxidierten Ferrosilikaten.

4. Die Rutschungsfläche ist tief, aber nicht so tief wie die Pliozäns Paläofläche. Die Rutschungsfläche ist nicht mit den anderen unterirdischen Flächen direkt verbindet, auch nicht mit der Oxydierungsgrenze und nicht mit den Schotterhorizonten, ist aber wahrscheinlich mit dem Infiltrationswasserverlauf verbindet.

5. Das Niveau der unterirdischen Wassern warscheinlich war der wichtigste Faktor für die Entstehung der Bedingungen die die Rutschung verursachten.

Angenommen am 26. 11. 1977.