

II/16

SLOVENSKA AKADEMIJA
ZNANOSTI IN UMETNOSTI
LJUBLJANA

Novi trg 3 — Poštni predel 323-VI

Geografski inštitut
Antona Melika

GEOGRAFIJA POPLAVNEGA SVETA
NA LJUBLJANSKEM BARJU
(naravne geografske osnove)

Milan Šifrer

Geografija poplavnih področij
na Slovenskem

nosilec teme: akademik S. Ilešič

Ljubljana 1979

GEOGRAFIJA POPLAVNIH PODROČIJ NA SLOVENSKEM

Nosilec naloge

akad. prof. dr. Svetozar Ilešič

GEOGRAFIJA POPLAVNEGA SVETA NA LJUBLJANSKEM BARJU
(naravne geografske osnove)

Milan Š I F R B R

Izdelano z denarno podporo Raziskovalne skupnosti
Slovenije - Sklad Borisa Kidriča

Ljubljana 1979

Slovenska akademija znanosti in umetnosti

Ljubljana 1979

MORFOGENETSKA ZASNOVANOST LJUBLJANSKEGA

BARJA

Milan Šifrer

Ljubljansko barje obsega skrajno jugozahodni del Ljubljanske kotline, ki prav ob njem zapusti alpsko predgorje ter seže že na območje Dolenjskega kraza. Predstavlja obsežno, čoz 20 km dolgo ter okrog 10 km široko depresijo z obsežnim pravokotnim dnom. **GEOGRAFIJA POPLAVNEGA SVETA NA LJUBLJANSKEM BARJU** v območju obsežnih poplav (naravne geografske osnove)

Ljubljansko barje predstavlja v okviru Ljubljanske kotline precej samostojno depresijo, ki jo z **Milan Š I F R E R** gričevnat ter hribovit svet. Na jugu ter zahodu se iznad njega zelo markantno dvigajo dinarske kraške planote, ki sežejo v Krimu še čez 1000 m visoko (Krim 1107 m), medtem ko ga na severu ter vzhodu obdaja alpsko predgorje s Polhograjskimi dolomiti, Šišenskim hribom oziroma Rožnikom, Gradom ter Golovcem. V območju dinarskih kraških planot prevladujejo apnenec ter dolomiti s kraško hidrografijo ter redkimi površinskimi vodotoki, v alpskem predgorju pa so veliko močnejše zastopane tudi vodotirne hribine, ki na obsežnih področjih povsem prevladajo. Zato se je razvila tu zelo gosta hidrografska mreža s številnimi rekami ter ozkimi, globoko zajedenimi grapami. Prav v tem svetu pa so nastale tudi tri zelo globoka zajede. Po najbolj vzhodni med Gradom in Golovcem je speljan Grubarjev prekop, v srednji najširši med Grajskim hribom in Šišenskim hribom se je vgnezdila Ljubljana, uporablja pa jo tudi Ljubljanica, po zahodni vrzeli za Rožnikom pa odmaka potok Glinščica.

Ljubljana 1979

Ljubljansko barje pa se odlikuje tudi po izredno velikih količinah vode, ki se zbirajo na njem. Sem se namreč ne steka samo voda iz vododrnega oboda na severu, ampak tudi iz zelo obsežnih področij povsem kraškega sveta Dolenjske ter Notranjske.

Pri študiju genere Ljubljanskega barja so se pokazala prav ta dejstva

MORFOGENETSKA ZASNOVANOST LJUBLJANSKEGA

BARJA

Milan Šifrer

Ljubljansko barje obsega skrajno jugozahodni del Ljubljanske kotline, ki prav ob njem zapusti alpsko predgorje ter seže že na območje Dolenjskega kraša. Predstavlja obsežno, čez 20 km dolgo ter okrog 10 km široko depresijo z obsežnim uravnjenim dnom, ki je še danes v znatnem obsegu v območju obsežnih poplav.

Ljubljansko barje predstavlja v okviru Ljubljanske kotline precej samostojno depresijo, ki jo z vseh strani obdaja višji gričevnat ter hribovit svet. Na jugu ter zahodu se iznad njega zelo markantno dvigajo dinarske kraške planote, ki sežejo v Krimu še čez 1000 m visoko (Krim 1107 m), medtem ko ga na severu ter vzhodu obdaja alpsko predgorje s Polhograjskimi dolomiti, Šišenskim hribom oziroma Rožnikom, Gradom ter Golovcem. V območju dinarskih kraških planot prevladujejo apnenci ter dolomiti s kraško hidrografijo ter redkimi površinskimi vodotoki, v alpskem predgorju pa so veliko močnejše zastopane tudi vododržne hribine, ki na obsežnih področjih povsem prevladajo. Zato se je razvila tu zelo gosta hidrografska mreža s številnimi rekami ter ozkimi, globoko zajedenimi grapami. Prav v tem svetu pa so nastale tudi tri zelo globoke zajede. Po najbolj vzhodni med Gradom in Golovcem je speljan Grubarjev prekop, v srednji najširši med Grajskim hribom in Šišenskim hribom se je vgnezdila Ljubljana, uporablja pa jo tudi Ljubljanica, po zahodni vrzeli za Rožnikom pa odmaka potok Glinščica.

Ljubljansko barje pa se odlikuje tudi po izredno velikih količinah vode, ki se zbirajo na njem. Sem se namreč ne steka samo voda iz vododržnega oboda na severu, ampak tudi iz zelo obsežnih področij povsem kraškega sveta Dolenjske ter Notranjske.

Pri študiju geneze Ljubljanskega barja so se pokazala prav ta dejstva

še posebno zanimiva, saj imajo svoj izvor še v zelo starih časih, ko so se vode iz obsežnih kraških področij še po površini stekale proti Barju. Meliku se je namreč na podlagi rekonstrukcije ostankov pliocenskega površja ter številnih suhih dolin posrečilo dognati, da se današnji obseg hidrografskega zaledja Ljubljanskega barja močno ujema z zelo razvejeno hidrografsko mrežo pliocenske Ljubljanice (Melik 1929; 1931; 1951). Leta je izviralala tedaj pri Kozjem nad Prezidom in tekla od tod v smeri današnjih kraških polj mimo Loža, Cerknice, Planine proti Logatcu ter odtod proti Vrhniki. Iz obsežne kadunje vododržnih hribin na jugozahodni strani visokih kraških planot je prejemale z leve Pivko. Obsežen pritok pa je tekel tudi po širokem podolju, ki mu sledimo iznad Idrije proti Logatcu. K tej reki so se stekale vode iz vsega širokega kraškega sveta okrog Idrije, ki ga je kasneje pritegnila nase Idrijca. Do manjših sprememb v hidrografski mreži pa je prišlo tudi na območju alpskega predgorja vzhodno od tod. Tu Melik še posebej opozarja na Podlipsko dolino, ki prvotno ni tekla tako kot danes, ampak je v območju današnjega Barja zavila na vzhod oziroma severovzhod. Do hidrografskih sprememb pa naj bi prišlo tudi na območju Gradaščice in Šujice. Prva je pritegnila nase del porečja Šujice, obenem pa je spremenila svojo prvotno smer od Gaberja direktno na vzhod ter zavila v današnjo smer proti jugovzhodu. Prav obsežne pritoke pa je prejemale tedaj Ljubljanica tudi z desne. Tu ne mislimo samo na pritoke, ki teko proti Barju še danes (Borovniščica, Iška in Želimeljščica), ampak še bolj na tedanjo Rašico, ki je tekla od Ponikev še naprej proti Grosupeljski kotlini in po Šmarskem podolju v Barsko kotlino, kjer se je pridružila Ljubljanici. K tedanji Rašici so se stekale vode iz Dobropolja ter po številnih dolinah iz povirnega območja Krke, kot kažejo številne suhe, v glavnem že močno preoblikovane doline. Videti je torej, da je predstavljala Rašica prav obsežen pritok tedanje Ljubljanice.

Glede tedanjega toka same Ljubljanice na Ljubljanskem barju pa je Melik mnenja, da je tekla v glavnem tako kot danes, vzporedno s tedanjo Podlipsko dolino, ki jo ločijo od Ljubljanice gorice oziroma osamelci, ki jim sledimo od Vrhnike do Vnanjih Goric (Melik 1959).

Melikova, kot tudi Rakovčeva proučevanja so nadalje pokazala, da tedaj Ljubljansko barje še ni obstajalo. Prevladoval je močno uravnaven svet, ki se je iz območja Alp ter Visokih dinarskih kraških planot prav počasi zniževal proti Panonski kotlini. Pri podrobni rekonstrukciji ostankov tedanjega površja se je pokazalo, da se ta svet v glavnem še danes znižuje v tej prvotni smeri, opaziti pa je tudi odklone, ki jih je mogoče razložiti s tektonskimi dejstvi. To se še posebno lepo pokaže v območju Ljubljanskega barja, kjer se nahajajo ostanki tedanjih ravnin v zelo različnih višinah (Rakovec 1955). Tako so med Podlipsko dolino ter izvirov Ljubljanice v višinah okrog 650 - 690 m, na Pokojiški planoti (na območju vasi Pokojišče, Padež, Zavrh) 700 - 750 m, med Borovniško dolino ter Iško spet višje 800 - 900 m, v ustreznih višinah pa je to površje tudi južno od Mokerca, medtem ko se v gorijah ter hrbtih, ki ločujejo Ljubljansko barje od Ljubljanskega polja, izredno močno zniža. Tako se nahaja pri Molniku v višinah 550 - 580 m, v Golovcu 440 - 460 m, proti Toškemu Čelu pa se spet dvigne na 550 - 580 m. Še znatno višje pa se nahajajo ostanki tedanjih ravnin po vsem ostalem severnem obrobju Ljubljanskega barja. V Ravniku mu pripadajo uravnjene površine v višinah 600 - 630 m, zahodno od tod pa se hitro dvignejo ter sežejo v vasi Koreno še čez 700 m visoko.

Že na osnovi tega je bilo mogoče sklepati, da je bila tektonika pri razvoju Barja zelo pomembna. To pa poudarja tudi še njegova izredno zanimiva tektonska lega. Prav po njem poteka namreč meja med alpskim predgorjem ter dinarskim kraškim svetom. Gre torej za stik dveh zelo različnih gnot, ki se ločita med seboj po kamninski sestavi, pa tudi po tektonski zgradbi ter poteku poglobitnih tektonskih črt. Medtem ko v prvi močno prevladujejo stare paleozojske, vododržne kamnine, nastopajo v drugi predvsem mezozojski apnenci ter dolomiti. Nadalje je za alpsko predgorje značilna slemenitev vzhod-zahod, ki se prav v severnem obodu Ljubljanskega barja močno stisne in komplicira z narivi ter se zaokrene v vrhniških nizih na sever proti Poljanski dolini, v dinarskem svetu pa so gube veliko manj izrazite in pretrgane z velimi prelomi, ki potekajo tako kot gube prečno na

alpsko smer. Ugotovitev, da so tektonske površine nepremaknjene in to kljub temu,

O izrednih tektonskih premikih ter napetostih, do katerih je prišlo na stiku med obema gradbenima enotama, nam še posebno zgovorno pričajo ugotovitve, da se je na območju Barja alpsko predgorje celo narinilo na mezozojske sklade dinarskega sveta. Meja narivnega roba poteka nekako od Orlega proti Škofljici in nato pod debelo kvartarno naplavino proti osamelcem, pri Notranjih Goricah in Drenovem griču (Kossmat 1903; Melik 1959; Rakovec 1955). Do močnega narivanja pa je prišlo tudi na zahodnem ter severozahodnem obrobju barske kotline. Tu se je Idrijsko-žirovsko ozemlje ob tektonski črti, ki se vleče od Logaškega polja na sever proti Smrečju ter naprej ob vzhodni strani Žirovskega vrha mimo Trate, Stare Oslice in Novakov proti Cerknemu, narinilo na poljansko-vrhniške nize. Pri tem se je južni del poljansko-vrhniških nizov, ki nehajo ob prelomu Logatec - Vrhnika, še posebno močno ugreznil. Še močneje pa se je ugreznila južneje ležeča Logaška planota, ki na prelomni in narivni črti Kalce - Vrhnika potone pod idrijsko-žirovski nariv, pa tudi pod poljansko-vrhniške nize. Tudi na zahodnem obrobju Ljubljanskega barja imamo torej opravka z zelo komplicirano narivno zgradbo več grud, ki se ob prelomih znižujejo proti kotlini (Rakovec 1955).

Na podlagi vseh teh dejstev sta prišla Melik in tudi Rakovec do precej podobnega zaključka, da je bila tektonika za razvoj Barja izredno pomembna. Kljub tej podobnosti pogledov, pa je njuna predstava o čisto konkretnem razvoju Barja vendarle precej različna. Po Rakovčevem mnenju je prišlo do posebno močnega tektonskega premikanja neposredno po pliocenenu, za kar še posebej govori izredna tektonska premaknjenost pliocenenskega površja. V vsem kasnejšem obdobju, pa naj bi se vpliv tektonike kazal le v tem, da se je z menjavo tektonskega dviganja oziroma tektonskega mirovanja menjavala globinska ter bočna erozija, pri čemer so nastale nekako štiri glavne terase. Te so v celotni seriji ohranjene le na apnencu zahodno ter jugozahodno od Vrhnike (325 - 330 m, 355 - 360 m, 405 m in 450 - 460 m), drugje pa nastopajo le ena, dve ali kvečjemu tri skupaj. Po

Rakovčevih ugotovitvah so tektonsko povsem nepremaknjene in to kljub temu, da so se osrednji deli Barja še kasneje močno pogrezali. Ob tem naj bi se namreč močnejše ugrezal samo akumulacijski del barskega površja, ki ga obdajajo še posebno močni prelomi (Rakovec 1955).

V nasprotju z Rakovcem pa meni Melik, da je v območju Barja prav malo fluvialnih reliefnih oblik. Zatržno fluvialnega porekla naj bi bil v glavnem samo hrbet osamelcev, ki ločijo potopljeno dolino nekdanje Podlipščice od južneje potekajoče doline Ljubljanice. V vsem ostalem reliefu v območju Ljubljanskega barja pa so tektonske oblike očitnejše. V tej zvezi Melik še posebej poudarja, da neha Barje na zahodu ob močnih prelomih, ki jih izpričujejo strma ter nerazgibana pobočja Pokojiške planote oziroma premo potekajoče Borovniške doline ter v nadaljevanju teh prelomov proti severozahodu proti Vrhniki tudi tamošnji topli izvir (Melik 1959; Habe 1937). Pri razvoju Barja pa sta po Melikovih ugotovitvah odigrala zelo pomembno vlogo tudi mišjedolski ter žužemberški prelom. Prvi poteka od Mišjega dola mimo Roba in vzhodno od Kureščka po Senožetih ob Mokercu ter ob severovzhodnem pobočju Krima mimo Tomišlja proti severozahodu in še naprej pod Barjem proti Dobrovi v dolino Gradaščice, drugemu pa je mogoče slediti od Vinice v Beli Krajini mimo Dolenjskih toplic in po dolini Krke do njenega povirja ter od tod čez Grosupeljsko polje proti Škofljici ter po severovzhodnem koncu Ljubljanskega barja na severozahod proti Ljubljani (Melik 1951; 1959; Rakovec 1955). Prav med tema dvema prelomoma ter prečnimi prelomi, ki potekajo po severni kot tudi južni strani Barja, naj bi se Barje po Melikovih ugotovitvah najmočnejše ugreznilo. Pri tem se sklicuje predvsem na opažanje, da vzhodno od mišjedolskega preloma na Barju osamelci nehajo pa tudi istodobni ravniki na južni strani Barja so vzhodno od te črte za 150 - 200 m nižji.

Pri utemeljevanju teh svojih pogledov se sklicuje Melik tudi na izredno debelino kvartarne naplavine na Ljubljanskem barju. Ob tem še posebej omenja 51,5 m globoko, tedaj najglobljo vrtino, ki v globini 238 m nad morjem do katere je segla, še ni dosegla živoskalne podlage. Ker zadene Sava

v svoji strugi na živo skalo šele pod Litijo v nadmorski višini 230 m, torej le 8 m globlje, sklepa Melik, da se je moralo Barje ugrezniti (Melik 1946, 1959). S kasnejšimi veliko globljimi vrtanji so to domnevo povsem potrdili. To velja še posebej za 116,80 m globoko vrtino BV-2 na vzhodnem koncu Črne vasi, ki je segala kar 61 m globlje od živoskalnega pragu v dolini Save pri Litiji (Grimšičar 1967).

Ko smo morali v zvezi s proučevanjem poplavnega sveta na Ljubljanskem barju ponovno poseči v razpravo okrog njegovega postanka, smo se dobro zavedali, da se pri tem ne bo več mogoče omejiti samo na razglabljanje o odnosu med tektoniko ter erozijo, ampak da bo treba upoštevati tudi vlogo klime. Z razvojem klimatske geomorfologije se je namreč pokazalo, da delujejo v vsakem podnebnem pasu tudi povsem svojski morfogenetski mehanizmi (eksogeni procesi, rastje, živalski svet itd.), ki ustvarjajo tudi ustrezno povsem svojske reliefne oblike. Tako smo že zgodaj spoznali glacialni relief z vsemi njegovimi značilnostmi, s priostrenimi vrhovi, krnicami, ledeniški rameni, poglobljenimi dolinami itd. Ta relief je tako značilen, da je Cvijić prav na osnovi teh tako značilnih oblik tudi na Balkanu domneval obsežno pleistocensko zaledenitev teh gorstev še preden so morene sploh odkrili. Zelo zgodaj pa smo spoznali tudi poglavitne morfogenetske mehanizme, ter povsem svojske reliefne oblike, ki nastopajo v aridnih področjih. K razširitvi teh spoznanj na še preostala klimatska področja pa so največ pripomogle ugotovitve, da je nastajanje ravnin v današnjih vlažnih ter zmernovlažnih tropskih ter subtropskih področjih, torej v podnebnih razmerah, v katerih so nastajali ravniki v pliocenu tudi pri nas, še ves čas v teku in da so tamošnji klimamorfogenetski procesi poglaviten vzrok za še ves čas trajajoče nastajanje tamošnjega tako značilno uravnjenega sveta. S študijem klimamorfogenetskega dogajanja v današnjih subtropskih, arktičnih ter subarktičnih podnebnih razmerah pa so bila odkrita tudi potencialna področja povsem svojskega nasipanja pa tudi zelo intenzivne erozije, skratka dogajanj, ki nam lahko zelo posrečeno razložijo tudi gornjeliocensko ter pleistocensko erozijo, do katere je prišlo v podob-

nih podnebnih razmerah ter je tako globoko razrezala v pliocenu močno uravnjeno površje (prim. J. Büdel 1957, 1975; H. Bremmer 1971).

Po teh ugotovitvah naj bi bili v območju Barja pa tudi drugje na Slovenskem ohranjeni ravniki rezultat zelo dolgotrajnega preoblikovanja našega reliefa v tropskih podnebnih razmerah, ki so vladale pri nas skozi vse dolgo tropsko obdobje zemeljske zgodovine tja do gornjega pliocena. O upravičenosti takih pogledov pa smo se še bolj prepričali ob podrobnem ogledu morfološke izoblikovanosti pliocenskega površja, ki se je izkazalo v vsem močno podobno reliefu v današnjih tropskih področjih, kjer je nastajanje tovrstnih uravnjav še ves čas v teku. Raziskovalci tropskih področij namreč močno opozarjajo, da k tamošnjemu reliefu ne spadajo samo široko uravnjene, precej vegaste površine, ampak tudi številne vzpetinice pa pogosto tudi povsem izolirane gorice in gorski hrbti ločeni med seboj po ožjih ali širših površinah uravnjenega sveta. Poudarjajo tudi, da so ene kot druge reliefne oblike med seboj v morfogogenetskem pogledu zelo tesno povezane. Celoten ta relief naj bi bil namreč rezultat zelo intenzivnega in globokega kemičnega preperevanja živoskalne podlage v ravnini, kot tudi v njenem obodu, kjer prihaja na njenem stiku z višjim svetom zaradi zbiranja večjih količin vlage, ki se steka po pobočjih, do še posebno močnega delovanja korozije in umikanja pobočij ter s tem povezanega širjenja ravninot.¹ Prav s temi procesi pa je mogoče posrečeno razložiti tudi izredno strmimo osamelih vzpetin ter hribovij po ravnini ter v njihovem obodu.

Ob primerjanju teh tropskih ravnin z ravniki v območju Barja nas je iznenadila presenetljiva podobnost v izoblikovanosti enega ter drugega površja. Tudi pri tropskem površju v območju Ljubljanskega barja ugotavljamo poleg širokih uravnjenih površin številne vzpetine, pa tudi obsežnejše hrbte, kot preostanke starejšega površja. V tem pogledu je še posebno zanimiva Bloško-vidovska planota, ki se širi na široko v višinah okrog 800 - 850 m. Iznad nje se na severu zelo markantno dviga Kfimsko višav-

1. Za vse to površje se v tuji literaturi uporabljajo izrazi "Rumpfläche", "planation surface", "truncated surface" ali "erosional plain". Pod slednjim izrazom se v angleški ter francoski literaturi ne pojmuje linearna erozija tako kot pri nas, ampak "odnašanje" na sploh.

je z Mokercem ter Kureščkom, na jugu Potočansko višavje, na zahodu pa zelo dominantna Slivnica. Proti vzhodu je ta ravnik nekoliko bolj odprt, vendar se tudi tu zoži ter se širi nekako v dveh smereh, med Veliko ter Malo goro na jugovzhod ter med Malo goro ter Kureščkom na vzhod proti Posavskemu hribovju ter Barju. Prav v smeri proti Barju so raztresene po njem številne stožčaste vzpetinice, med katerimi so poleg že omenjenega Kreščka (833 m) in Golca (766 m), značilne tudi Gora (748 m) nad Ločnikom, Sv. Peter (580 m) nad Vrhom, Brzek (568 m) nad Gradiščem idg.

Prav takega značaja pa so tudi široke planote na zahodni ter severni strani Ljubljanskega barja v višinah okrog 700 - 900 m. Na zahodu se zelo markantno dvigajo iznad njih najvišji predeli Visokih dinarskih kraških planot s Hrušico ter Trnovskim gozdom, na severozahodu ter severu pa veliko bolj razčlenjen planotast ter hribovit svet, ki mu sledimo od Golakov na Trnovskem gozdu proti Planinici (1171 m), Hudourniku (1163 m), nato pa po vrhovih v razvodnem svetu med Idrijco ter Poljansko Soro proti Blegošu (1552 m), Koprivniku (1389 m) ter Mlademu vrhu (1370 m). Toda tudi nižji planotast svet južno od tega oboda, ki se nahaja v višinah 700 - 900 m, ne kaže enotne ravnote temveč razpade v več manjših planot. Te se nahajajo v različnih višinah ter jih ločijo med seboj posamezni višji vrhovi ali skupine vrhov ter hrbtov. Med temi ravnотami je še posebno obsežen Idrijsko-logaški ravnik z Rovtarsko planoto, ki razpade na več manjših, po vsej verjetnosti, različno starih uravnav.

O tem, da reke pri nastanku teh ravnikov niso odigrale pomembnejše vloge, nas še posebej opozarjajo ugotovitve, da se širijo zelo svojsko in to povsem brez zveze z obstoječo, pa tudi domnevno staro hidrografsko mrežo. Na številnih krajih ugotavljamo, da se zajedajo v višji svet prečno na smer sedanjih pa tudi nekdanjih vodotokov in da se v trikotnih zajedah širijo tudi na strani, kjer ni sledov površinsko tekočih voda. Na to opozarjamo še posebej zato, ker so take trikotne zajede za tropske ravnike zelo značilne ter so nas doslej, ko vseh teh stvari še nismo poznali, pogosto zavajale k napačnim zaključkom. V tem pogledu je še posebno zanimiv Lo-

gaško-rovtarski ravniki, ki se širi iz sveta okrog Idrije proti jugovzhodu in to še čez nekdanji tok Pivke med Javorniki ter Menešijo proti Cerknici ter Ložu. Zanimiva pa je tudi že opisana Bloško-vidovska planota, ki jo ne prečka nobena večja reka. Pa tudi vodotoki, ki se raztekajo iz nje na vse strani, ne zbirajo vedno najširših vrzeli v hribovitem obodu, ampak se zajedajo ponekod v hribovito obrobje samo. V tem pogledu je še posebno tipična Iška, ki si je skozi osrednje dele Krimskega masiva in sicer med Krimom ter Mokercem utrla svojo pot proti Ljubljanskemu barju. Tudi Cerknica ne teče na zahod po široki vrzeli med Slivnico ter Velikim Župančkom v Potočanskem višavju, ampak izbira ožjo vrzel severno od Slivnice. Normalnejši je odtok le proti Ribniško-kočevskemu polju ter Raščici, kjer v reliefu močno prevladujejo vododržne hribine.

Z vidika morfogeneze teh ravnikov pa so videti zanimive tudi po njih lokalno ohranjene debele plasti povsem neplastovite rdeče ilovnate prepereline, ki v vsem močno spominja na rdeče tropske prsti. V tem pogledu so še posebno zanimivi tisti debeli, z železovimi in drugimi oksidi prepojeni sloji rdeče prsti, ki preidejo v profilu navzdol v rumenkasto ali sivo zeleno ilovnato preperelino in nato v kemično globoko razkrojeno živoskalno podlago. Gre torej za primere, ki nas močno spominjajo na podobno preperelino na območju Novega Mesta ter po Suhi krajini, kjer slede pod več metrov debelimi plastmi rdeče prepereline debeli sloji montmorinolitnih glin, ki so nesporno terciarne starosti (Grimšičar 1954, Šifrer 1970). Po planotah v območju Ljubljanskega barja smo zadeli na tovrstne sedimente predvsem na severovzhodni strani Logaškega polja, kjer se vriva med živoskalno podlago ter preperelino še 0,10 - 0,75 cm debel sloj prhke, kemično razkrojene živoskalne podlage. Pozorni pa smo postali tudi na to, da na takih krajih živoskalna podlaga, tako kot smo ugotavljali že na Dolenjskem, ne kaže tiste drobne vertikalne razjedenosti, ki je za kvartarno preperevanje tako značilna, ampak nastopa v širokih oblih oblikah pa tudi v skoraj povsem uravnjenih površinah. Zanimivo bo z nadaljnji še podrobnejšimi raziskavami različnih rdečih prsti še bolje osvetliti razločke med terciarno

ter kvartarno ^{preperelino} naplavinno ter vse spremembe, ki so jih doživele terciarne pr-
sti od časa, ko so postale fosilne, pa do danes. ^{znatno dvignjeno, saj bi si}
^{drugač} Obilo znakov govori torej za to, da je bila naša predstava o razvoju
ravnikov s fluvialnimi procesi napačna in da so le-ti dejansko rezultat zelo
svojskega preperevanja ter zelo svojskih denudacijskih procesov, ki obliku-
jejo relief v današnjih tropskih področjih še danes. S tem pa je postajalo
tudi čedalje manj verjetno, da bi nastajal ta relief v prav nizkih nadmorskih
višinah in da bi se dvignil v današnje višine šele s kasnejšim tektonskim
premikanjem. Na osnovi ugotovitev, da se lahko dvignemo v tropskih področ-
jih še čez 1500 m visoko, ne da bi prišlo ob rekah do erozije, je bilo videti
čedalje verjetnejše, da bo gledati v postopnem zniževanju terciarnega urav-
njenega površja iz območja Alp ter dinarskega sveta proti Ljubljansko kotli-
ni oziroma Barju in še naprej na jugovzhod proti Panonski kotlini precej res-
nično sliko takratnega površja, ki je doživela močnejše tektonske premaknit-
ve zares samo lokalno, v območjih največje kvartarne tektonske aktivnosti.
Prav s tako predstavo pa bi bilo mogoče posrečeno razložiti tudi nenadno ak-
tiviranje erozije po tem obdobju, ki je bila v območju Barja še posebno moč-
na. O tem pričajo globoko zajedene tesne doline Gradaščice, Želimeljščice,
Iške, Borovniščice in ostalih manjših rek, ki jih prejema Ljubljanica na
Ljubljanskem barju. Pri razglabljanju o vzrokih te erozije smo že zgodaj po-
stali pozorni na dejstvo, da začinja le-ta prav ob močnih klimatskih spre-
membah, ki so jih doživeli naši kraji ob končevanju pliocena ter ob prehodu
v pleistocen. Povsem upravičeno smemo torej domnevati, da so se v tem
obdobju močno spremenili tudi morfogogenetski procesi. Predvsem moramo
upoštevati, da se je v tej dobi močno okrepilo mehanično razpadanje živoskal-
ne podlage. To je bilo še posebno hitro ter močno v številnih hrbtih ter vrho-
vih, ki so se dvigali iz tedanjih ravnin ter so bili, tako kot v današnjih trop-
skih področjih, skoraj povsem brez prepereline. Prav tako pa moramo ra-
čunati tudi s tem, da je prišlo ob tem čedalje več tega drobirja tudi v reke
same, ki so začele z njim pospešeno dolbsti ter poglobljati svoje doline.
Videti je, da je bil to poglaviten vzrok za sledečo erozijo. Prav ta nenadna

ter globoka erozija pa govori tudi za že postavljeno tezo, da je bilo območje alpskega ter dinarskega sveta v tem obdobju že znatno dvignjeno, saj bi si drugače tudi s klimatskimi spremembami le težko razložili tako nenaden in hiter nastop erozije.

Toda tudi ta erozija ni potekala neprekinjeno, saj so jo prekinjali številni zastoji, ki nam jih izpričujejo ena ali dve široki terasi in nato še več ožjih teras. Iz geomorfološkega vidika je videti še posebno pomembna začetna faza te erozije, v kateri so pritoki Ljubljanice izdolbli v obodu Ljubljanskega barja okrog 30 - 50 m globoke doline. Ta erozija je bila še toliko pomembnejša, ker je bil prav z njo zelo jasno omejen obseg današnje dolinske ter hidrografske mreže, potegnjena pa je bila tudi zelo razločna meja napram starejšemu reliefu, ki se je razvijal v precej drugačnih klimatskih razmerah. Po tej začetni eroziji je prišlo spet do nekako dveh dolgotrajnejših zastojev s krajšo vmesno erozijsko fazo, ki ju izpričujeta nekako dve zelo široki živoskalni terasi. Ti dve široki terasi sta v morfogenetskem pogledu še posebno zanimivi, ker je prišlo v tem obdobju slednjič do nastajanja širših uravnjenih površin v apnencu. Videti je, da bo razlagati to s ponovnimi otoplitvami, ob katerih je prenehal dotok debelejšega drobirja v doline, starejši drobir pa je preperel. Skratka prišlo je do obnovitve vlažnih tropskih podnebnih razmer, ki pa zaradi kratkotrajnosti niso več mogle do kraja zabrisati sledov predhodne erozije. Ta tolmačenja se dobro ujemajo s podobno razlago ustreznih reliefnih oblik tudi drugje po Evropi (prim. Büdel 1957). V dolinah v obodu Ljubljanskega barja sta ti dve terasi še posebno široki ter izraziti, tako ob zgornjem toku Želimeljščice, ob Iški, Borovniščici, na desni strani Podlipske doline in ob Gradaščici.

Po tem obdobju, ki pomeni nekak prehod iz zgornjega pliocena v pleistocen, pa se je globinska erozija močno okrepla. Ob Želimeljščici, Iški, Borovniščici, Beli ter deloma tudi ob Podlipski dolini, ki so zajedene povečini v apnenec ter dolomit, terase skoraj povsem manjkajo. Bolje so se ohranile le v porečju Gradaščice, kjer so v reliefu poleg apnenca ter dolomita močno zastopane tudi druge slabše odporne skrilave kamnine ter pešče-

njaki. Vendar tudi tukaj ugotavljamo v apnencu ter dolomitu povečini le tesne temačne soteske, v skrilavcih in peščenjakih pa se doline razširijo ter so tudi zaradi širših teras prijetnejše za poselitev. Tu pa se niso ohranile samo živoskalne police, ampak tudi po njih ležeče debele plasti proda ter ilovic, pa tudi najrazličnejših pobočnih sedimentov, ki so nam omogočili ustvariti vsaj približno sliko razvoja teh dolin tekom kvartarja. Raziskave so pokazale, da tudi do teh zastojev v eroziji ni prišlo zaradi tektonskih dejstev, kot so to nekoč domnevali, ampak zaradi spreminjanja podnebja. V toplih obdobjih je prevladovala globinska erozija, ki se je nadaljevala deloma še v sama hladna obdobja pleistocena, ob ekstremnih viških poledenitev pa je prišlo do nasipanja proda, ki ga je sprožilo pospešeno mehanično razpadanje kamnin ter s procesi soliflukcije pospešen dotok tega drobirja po pobočjih v doline. Ob takih nasipanjih pa ni prišlo samo do zastoja v globinski eroziji temveč tudi do močnega uveljavljanja bočne erozije, tako da leži v terasah ohranjen prod na samostojnih živoskalnih policah (Šifrer 1972).

Ugotovitev, da po izdelavi širokih ravnikov ter nastanku prvih dveh širokih teras pod njimi v območju Barja in tudi drugje na Slovenskem ni bilo več pogojev za nastanek širših ravnin v apnencu, oziroma za izdatnejšo lateralno erozijo na sploh, je izredno pomembna. Ta dejstva so nam bila namreč tehtno opozorilo, da široke depresije Ljubljanskega barja s fluvialnimi procesi nikakor ni mogoče posrečeno razložiti in da je odigrala tektonika pri njenem nastanku, kot sta opozarjala že Melik in Rakovec, zelo pomembno vlogo. S tem pa je bil postavljen tudi dvom, da bi bilo mogoče tolmačiti široke terase v apnencu zahodno ter jugozahodno od Vrhlike pa tudi tiste severno od Krima med Želimejščico in Iško ter tudi onstran nje proti Borovniški dolini kratkomalo s fluvialnimi procesi. Ta dvom se je še okrepil ob ugotovitvi, da se znižuje ta obrobni svet terasasto samo proti Barju, medtem ko se spušča proti rekam, kot so to n.pr. Želimejščica, Iška, Borovniščica in Bela v strmih in povsem nerazgibanih pobočjih.

Vsa ta opažanja, do katerih smo se dokopali na osnovi spoznanj klimate geomorfologije, pa zelo dobro dokumentira tudi sama izoblikovanost

živoskalne podlage, ki se nahaja na Barju pod debelimi plastmi kvartarne naplavine. V tej zvezi kaže še posebej opozoriti na rekonstrukcijo živoskalne podlage, ki jo je napravil Žlebnik na osnovi številnih vrtin ter geoelektričnih merjenj, opravljenih v zvezi z gradnjo nove avtoceste ter drugimi posegi človeka v to področje (Žlebnik 1969). Pri tem je ugotovil, da je pod naplavino ležeča živoskalna podlaga vsa vegasta in razrezana ter da se doline potokov iz severnega obrobja nadaljujejo še pod barsko naplavino proti jugu. Kljub tem ugotovitvam pa se pri nadaljnjem podrobnejšem opisu živoskalne podlage izmika izrazu dolina ter govori le še o različno globokih kotanjah. Prvo tako plitvejšo kotanjo (20 - 50 m globoko) ugotavlja na severozahodnem koncu Ljubljanskega barja severno od osamelcev, ki jim sledimo od Sinje gorice proti Blatni Brezovici, Bevkam in Kostanjevici. Vzhodno od nje sledi naslednja precej globlja kotanja, ki seže severno od Pleševice ter Vnanjih Goric še čez 100 in celo 200 m globoko. Najglobljo kotanjo na Ljubljanskem barju sploh pa ugotavlja Žlebnik južno od Kozarij proti Ljubljani. Tu so zadeli na živoskalno podlago šele v globini 280 m. Zelo globoko pod kvartarno naplavino pa je živoskalna podlaga na Barju tudi južno od osamelcev. Tako je južno od Sinje gorice ter Blatne Brezovice ter proti Vrhniki živoskalno dno okrog 60 m globoko pod pleistocensko nasutino, vzhodno od tod pa se spusti še globlje. Pri vrtini BV_1 južno od Notranjih Goric je v globini 105 m, pri vrtini BV_2 pri Črni vasi 116,8 m, južno in vzhodno od tod proti Kozarjam ter Ljubljani pa se spusti živoskalno dno celo pod 200 m globoko. Vzhodno in južno od nakazane črte je živoskalna podlaga spet bliže površini. Zaradi tolikšnega zniževanja živoskalnega dna od severozahodnega konca Ljubljanskega barja na jug proti Ljubljani ter po obeh straneh goric proti vzhodu se vsiljuje domneva, da imamo tu dejansko opravka s potopljenimi dolinami. To misel še podkrepljuje ugotovitev, da se spusti živoskalna podlaga v ozkem pasu vzhodno od goric proti Kozarjam in naprej proti Ljubljani še globlje, medtem ko je jugovzhodni del Barja spet plitvejši. V tej domnevi pa nas je še podkrepil Ravnikov prikaz razgibanosti živoskalne podlage vzdolž avtoceste Vrhnika - Ljubljana (Ravnik 1975). Iz njegove-

ga opisa ter profilov vidimo, da je živoskalna podlaga tu še veliko bolj razgibana, kot moremo to sklepati iz Žlebnikovega opisa (Žlebnik 1969). Videti je, da prečka avtocesta celo vrsto globoko zajedenih dolin z zelo izrazitimi vmesnimi slemeni. Vse to je še posebno nazorno na tistih odsekih avtoceste, ki so nekoliko oddaljeni od razčlenjenega hribovitega obrobja na severni strani Barja. Na takih krajih je namreč še posebno očitno, da se slemena, ki ločijo posamezne doline med seboj, nadaljujejo še pod samo barsko naplavino proti Ljubljani oziroma proti globljim depresijam južno od osamelcev.

Kljub tako močni nesporno fluvialni preoblikovanosti živoskalne podlage na območju Ljubljanskega barja pa seveda ne izključujemo tudi možnosti obstoja lokalnih kraških depresij. To je še toliko verjetnejše, ker je dolomitna podlaga, ki prevladuje v južnem ter zahodnem delu Barja, močno votlikava. Na to nas opozarjajo tudi nekatere prave kraške depresije, kot je n.pr. že dobro proučena pri vasi Jezero (Melik 1946).

Ugotovitev, da živoskalno dno Ljubljanskega barja po svoji izoblikovanosti nikakor ni tako povsem uravnjeno, kot so ostanki pliocenskega površja v njegovem sosedstvu, ampak razjedenost z globokimi dolinami oziroma kotanjami, je iz geomorfološkega vidika izredno zanimiva. Prikazana dejstva nam namreč zelo zgovorno pričajo, da se Ljubljansko barje ni začelo grezati že takoj po izdelavi značilnega zgornjepliocenskega tropskega reliefa, ampak šele kasneje. Videti je, da je bilo prvotno tudi območje Ljubljanskega barja, tako kot bližnje Polhograjsko hribovje ter lokalno tudi kraški svet dinarskih planot, izpostavljeno intenzivnemu fluvialnemu razčlenjevanju, kasneje pa se je v nasprotju z ostalim širšim obrobjem, ugreznilo. Tolikšna razjedenost živoskalne podlage pa nas obenem opozarja, da je grezanje prav mlado in da je prišlo do glavnih premikov, tako kot je mogoče sklepati na osnovi starosti čez odloženih sedimentov, dejansko šele nekako od gūnške ali celo šele od mindelske ledene dobe naprej.

Nobenega dvoma ni, da je prišlo ob tako izdatnem grezanju osrednjega dela Ljubljanskega barja tudi do močnega premikanja bližnjega ob-

robja. Zato so postale še bolj problematične ugotovitve, da so apniške terase nad Vrhniko ter po južnem obodu Ljubljanskega barja ostanki fluvialnega reliefa, ki bi ostal ob vsem grezanju njegovih osrednjih delov skoraj povsem nepremaknjen. Ob tolikšni tektoniki je bila torej pri proučevanju tega sveta čedalje bolj prisotna misel, da so te terasam podobne reliefne oblike drugačnega postanka. Predvsem se je zastavljalo vprašanje, ali ni prišlo do nastanka vsaj nekaterih od teh teras pri razlamljanju enega in istega površja, ki bi se ob prelomih sesedalo in bi se nahajalo tako v smeri proti Barju v čedalje nižjih policah. Pri razmišljanju o tem smo postali še posebno pozorni na široko planoto med zgornjim tokom Šujice ter Podlipsko dolino, ki jo imenujemo po naselju Žažar kratkomalo Žažarska planota. Gre za kos ravnika, ki se nahaja okrog 150 - 200 m nižje od kamninsko pa tudi morfografsko povsem podobnega planotastega sveta okrog Črnega vrha ter proti vasi Koreno, ki so ga imeli že dosedanji raziskovalci za ohranjene ostanke pliocenskega površja (Rakovec 1955). Tako je za Žažarsko planoto, kot tudi za ustrezno veliko višje pliocensko površje, značilna zelo močna zakrasedlost pa tudi značilne okrog 50 - 70 m visoke vzpetinice, ki se zelo dominantno dvigajo iznad ostalega uravnjenega površja (n.pr. Gradišče). Za to planoto pa je značilno še to, da je v celoti močno nagnjena proti Barju, tako da še bolj napravlja vtis, kot da predstavlja del pliocenskega površja, ki se je ob prelomih ugreznilo za okrog 150 - 200 m ter nagnilo proti Barju. Morda bo iskati tudi v nadaljevanju tega hrbeta med Šujico ter Ljubljanskim barjem proti vzhodu ostanke istega površja, ki se je ob podolžnih ter prečnih prelomih različno močno ugreznilo. Ob tem vzbuja še posebno pozornost ugotovitev, da je ta hrbet najnižji prav med zelo pomembnima prelomoma, ki potekata od Lesnega brda pri Logu ter od Ligojna na severozahod proti Poljanski dolini. Videti je torej, da se je med njima ta planotast hrbet najmočnejše ugreznil. zelo svojske morfološke značilnosti ravninskega dna, ki so

Z našimi pogledi na razvoj Ljubljanskega barja pa bi se močno ujemale tudi Habičevo opažanje, da utegnejo biti tektonskega postanka tudi številne terase zahodno ter jugozahodno od Vrhnike ter po vsem kraškem južnem

obodu Ljubljanskega barja, ki kažejo po svoji morfološki preoblikovanosti povsem podobno sliko kot bližnje planotasto zaledje, ki je po svojem postanku nesporno pliocenske starosti. Po terasah zahodno ter jugozahodno od Vrhniko pa tudi po bližnjem pliocenskem planotastem svetu so še posebno značilne številne izredno velike ter globoke vrtače, ki se zajedajo v uravnjeno, z drobnimi vrtačami posuto kraško površje. Planotast svet Krimskega višavja ter nižje terase severno od njega proti Barju pa se oblikujejo predvsem po številnih kopastih vrhovih. Ti sežejo deloma še v samo Barje ter gledajo kot osameli kopasti griči iznad akumulacijske ravnine (n.pr. Sv.Lovrenc, Sivčev grič, Goriški grič itd.). Pri najnižjih živoskalnih terasah nad Vrhniko pa me je opozoril Habič tudi na značilne premo potekajoče ježe, ki jih eksogeni procesi še niso uspeli močneje preoblikovati.

Tolmačenje obravnavanih teras s tektoniko je videti še toliko verjetnejše, ker vemo, da je bila po izdelavi širokih pliocenskih ravnin ter prvih dveh nižjih teras v proučevanem svetu linearna globinska erozija močno dominanten morfogenetski proces. To velja še posebej za najširše terase, kot n.pr. za Žažarsko planoto pa tudi za nekatere zelo široke terase nad Vrhniko ter na južni strani Barja, ki bi jih z normalnimi fluvialnimi procesi po pliocenu nikakor ne^{bi} mogli več zadovoljivo razložiti. O upravičenosti takih pogledov pa nam govori tudi še ugotovitev, da se po nastanku širokih ravnin globinska erozija ni omejevala samo na obrobne dele Ljubljanskega barja ampak tudi na njegova osrednja področja, ki jih je ob kasnejšem grezanju pokrila kvartarna naplavina.

Veliko dokumentacijskega gradiva o kvartarnem tektonskem dogajanju na območju Ljubljanskega barja pa so nam dala tudi proučevanja kvartarnih akumulacijskih teras, kot tudi študij kvartarnega nasipanja v njegovih osrednjih delih. S temi proučevanji pa se nam je posrečilo razložiti tudi nekatere zelo svojske morfološke značilnosti ravninskega dna, ki so za tolmačenje poplav na Ljubljanskem barju tako močno pomembne. Tu kaže še posebej opozoriti na izredno obsežnost poplavnega ravninskega sveta ter istočasno zelo skromno ohranjenost akumulacijskih teras, po čemer se

ta svet tako bistveno razlikuje od ostalih predelov Ljubljanske kotline pa tudi od drugih področij, kjer tektonika ni bila tako aktivna.

Samo po sebi se razume, da smo se tudi pri tem študiju opirali na dognanje klimatske geomorfologije ter da smo skušali kolikor mogoče podrobno proučiti vzroke posameznih nasipanj ter sledečih erozijskih faz ter dognati, kako se vse to ujema z razvojem drugod, odnosno v kolikšni meri je potekal tu razvoj zaradi vpliva tektonike drugače. Pri tem smo postali še posebno pozorni na to, da so akumulacijske terase na Barju na splošno, v primerjavi z ostalimi področji Ljubljanske kotline, zelo slabo zastopane in da ponekod skoraj povsem manjkajo. Tako akumulacijskih teras po vzhodni strani Barja med Ljubljano ter Škofljico skoraj ni zaslediti. Za dolinice v tem svetu so značilna široka ter skoraj povsem nerazgibana dolinska dna, ki v obliki zelo neizrazitih vršajev skoraj povsem neopazno preidejo v Barje. Vse to je še posebno značilno za dolino Škofeljščice ter njene pritoke, kjer je najnižje dolinsko dno lokalno še čez 300 m široko. Isto pa ugotavljamo tudi v širokih dolinskih depresijah južno odtod proti naselju Glinek ter Pijava Gorica, kjer je ob Strajanovem grabnu kar okrog 400 - 500 m široka dolinska depresija z zamočvirjenim dnom. Sledovi würmskega nasipanja, ki predstavljajo prvo teraso nad danjimi ravnici, so se v vsem tem območju zares samo fragmentarno ohranili. Tako zadenemo na skromne parobke, ki jih sestavlja nasutina iz te dobe, samo v povirnih delih Rakovniške doline, nadalje v dolini Grivke, ter ob Reberskem potoku okrog naselja Dole v porečju Škofeljščice. Videti je, da je prišlo v tem svetu do izrazitejšje holocenske erozije zares samo v povirnih delih teh dolin, medtem ko so se v spodnjih delih plitvejša erozijska korita kasneje zasula s holocensko naplavino, ki je segla tudi po würmskem površju. Da tudi ob teh potokih tekom zadnje ledene dobe nasipanje ni izostalo, nas prepričujejo razmere ob podobnih manjših vršajih v dolinski zajedi med Gradom ter Golovcem, ki jo uporablja Grubarjev prekop. Pri gradnji novega Karlovškega mostu (leta 1978) ter s tem povezanih spremembah poteka cest ter železnice so nastale v tem svetu široke golice, ki so razkrile še čez 10 m debele plasti

würmske fluvioperiglacialne nasutine, s katero so se v tej dobi zasipale stare dolinske zajede. To gradivo sestavlja drobir iz bližnjega karbonskega zaledja ter ilovice, v katerih je našel Šerclj izključno samo pelod würmske vegetacije.² Videti je, da ob obravnavanih potokih na vzhodni strani Barja holocenska naplavina samo na tenko pokriva würmsko. O tem pa nas prepričuje tudi ugotovitev, da se dvigajo vsaj ponekod kot n.pr. v dolini Grivke, ki pri Lavrici doseže Barje, würmski sedimenti v srednjem ter zgornjem delu doline vendarle malo iznad holocenske naplavine (za 1 - 3 m).

Iz tega vidika pa je zanimiva tudi južna stran Ljubljanskega barja. Tu naj še posebej opozorimo na razmere ob Želimeljščici, kjer se pod strmimi ter posebno na desni strani doline povsem nerazgibanimi pobočji širi morfološko zelo enostavno ter povsem nerazrezano najnižje dolinsko dno, ki je po vsej verjetnosti holocenske starosti. Edino večjo izjemo v tej dolini predstavlja samo obsežen vršaj pri Želimpljah, ki ga je nasul potok po Benšetovem grabnu. Vršaj je že razrezan ter ga pokriva precej debela preperelina (30 - 40 cm), kar vse nesporno kaže, da je že dolgo časa fosilen ter tako najbrže würmske starosti. V prid temu govori morda še ugotovitev, da ga sestavlja precej debel prod, po čemer se precej dobro loči od pretežno ilovnate ter peščene naplavine, ki sestavlja široko najnižje dolinsko dno ob Želimplščici.

Precej podobne razmere pa ugotavljamo tudi v Borovniški dolini. Tudi zanjo je značilno široko in povsem nerazrezano najnižje dolinsko dno, ki brez izrazitih teras prehaja v ravnino Ljubljanskega barja. O tem, da je bilo tudi v tej dolini v zadnji ledeni dobi nasipanje zelo močno in da so tako v dnu doline ti sedimenti najbrže prekriti s holocensko naplavino, naj najbolje opozarjajo številni vršaji, ki so nesporno starejši kot najnižje dolinsko dno. Tudi ti so tako kot ob Želimplščici razrezani ter po glavni reki spodrezani, pokriva jih 30 - 40 cm debela preperelina, sestavlja pa v nasprotju z najnižjim dolinskim dnom precej debel pretežno dolomitni prod.

² Alojziju Šerclju se za te, kot tudi za številne druge podatke, na tem mestu lepo zahvaljujem.

Njih ledenodobno poreklo izpričuje še ugotovitev, da so ti vršaji zelo strmi ter povezani z debelimi plastmi akumulacijskega gradiva v zgornjih delih dolin. Povezanost tega akumulacijskega gradiva z debelimi plastmi periglacialnega pobočnega drobirja namreč še posebno nazorno izpričuje, da je prišlo do te akumulacije zaradi pospešenega dotoka ledenodobnega drobirja v doline. Na takem še posebno tipičnem vršaju stoji Borovnica. Zelo izraziti pa so tudi navzgor ob Borovniščici ter ob pritoku Prušnici, kjer so se nanje naslonila številna manjša naselja kot so Ohonica, Dražica, Nižavec ter Brezovica.

Precej bolj pa so se ohranili sledovi nasipanja iz zadnje ledene dobe ob Iški. Le-ta je nasula ob izstopu iz soteske na Ljubljansko barje zelo obsežen prodni vršaj. Na njem so se razvile številne Ižanske vasi z obsežnimi obdelovalnimi površinami (Kot, Ig, Iška loka, Matena ter Brest). Tudi ta vršaj je že razrezan ter ga pokriva okrog 30 - 40 cm debela rjava preperelina, ki jo ugotavljamo tudi po drugih naplavinah iz zadnje ledene dobe.

Na vzhodni strani Ljubljanskega barja je nasula obsežen vršaj le Bela. Začenja takoj ob izstopu iz soteske nad Vrhniko ter se posebno pod Pohribnico ter navzdol proti Vrhniki močno razširi. Prav na njem so se razvili številni novejši deli tega naselja. Bela je zarežala v ta vršaj že precej globoko erozijsko korito, ki je ob izstopu iz soteske kar 4 - 5 m globoko, ob toku navzdol pa se višinska razlika hitro zmanjša na 3 m in končno pod Vrhniko celo na 1 m. Sledovi tega nasipanja pa so se ohranili v okrog 3-5 m visoki ozki terasi tudi v soteski sami in to še posebej na tistih krajih, kjer jo dosega z leve izpod Planine številne globoko zajedene grape. Ker leži prod v obravnavanem prodnem vršaju pri Vrhniki na debelih plasteh močno pečene ilovice iz zadnje ledene dobe, se vsiljuje domneva, da izvirajo ilovnate plasti iz začetnih oddelkov würmske poledenitve, dolomitni drobir v vršaju pa iz njenega viška, ko se je gozd iz proučevanega sveta umaknil ter je prišlo zaradi pospešenega mehničnega razpadanja kamnin ter soliflukcije do nasipanja.

Tudi v Podlipski dolini je najnižje dolinsko dno še čez 250 - 300 m

široko. Iznad njega se povsem neposredno dvigajo živoskalna pobočja, ki so na desni strani doline zelo strma, na levi pa razrezana v živoskalne parobke, ohranjene v različnih višinah. Tudi to najnižje dolinsko dno je tako kot smo ugotavljali že drugod močno ilovnato ter povečini v vlažnih travnikih. Razmere se spremenijo šele v Podlipi, kjer se pojavijo iznad poplavne ravnice ohranjeni ostanki prve višje terase, ki kaže vse znake würmskega nasipanja. Sestavlja jo zelo debel prod, med katerimi tudi do pol metra debeli prodniki niso redki. V bližini pobočij se nasutina v njej povezuje z debelimi plastmi soliflukcijskega gradiva ter se proti povirnim delom doline, kjer je bil dotok periglacialnega drobirja najizdatnejši, še posebno hitro dviga. Prav v zgornjih delih doline pa je bila ob sledeči toplodobni eroziji tudi najgloblje razrezana. Tu je erozijsko korito še čez 7 m globoko, do Podlipse se zmanjša njegova globina na 4 m, pod vasjo pa celo na 2 m.

Zanimiv pa je tudi severni obod Ljubljanskega barja. Tudi tu so dolinice med Goričico pod Ligojno proti Stari Šrangi, Bobnu ter Lesnemu brdu povsem brez akumulacijskih teras. Po dnu dolin opazujemo široka dolinska dna, iznad katerih se dvigajo povečini zelo strma živoskalna pobočja. Precej drugačne razmere pa ugotavljamo vzhodno od Lesnega brda. Tu kaže še posebej opozoriti na razmere v dveh dolinicah izpod Loškega hriba med Lesnim brdom ter Sv. Janezom v Logu. V njih pa tudi v smeri proti Barju ugotavljamo obsežno razrezane prodne vršaje, ki se dvigajo na Barju okrog 2 - 3 m iznad ilovnatih površin, navzgor po dolinicah pa višinska razlika hitro naraste na 5 m in v skrajno povirnih delih obravnavanih dolinic celo na 10 m. Na ostanku takega prodnega vršaja stoji Kačja vas, na še posebno obsežnem ter širokem levem krilu takega vršaja pa tudi Log pri Brezovici. V golicah, ki so nastale v zasekih avtoceste, so na široko razkrili njihovo sestavo. Povsod smo ugotavljali samo prod, za katerega so bili 2 - 8 cm debeli prodniki še posebno značilni.

Ob potokih Mlinščici, Snežaku, Drobtinki in Radni, vzhodno od tod, je nasipanje še ves čas v teku, kot nam kažejo lepi in še povsem nerazrezani položni vršaji, ki začenjajo ob izstopu potokov iz hribovja na Barje.

Na nekaterih, predvsem pri onem na Brezovici, ki ga je nasul potok Drob- tinka pa opazujemo tudi prav lepe izgone, ki so nastali pri posegu človeka v akumulacijske procese teh potokov. Iznad teh najmlajših naplavin so se v prvi terasi zelo na široko ohranili ostanki razrezanih, veliko strmejših würmskih vršajev, ki jim lahko sledimo v nasprotju z recentnimi v same povirne dele dolin. Tudi tu so ti vršaji, tako kot smo ugotavljali že drugod, zelo strmi ter se nasutina v njih v bližini pobočij povezuje z debelimi plast- mi soliflukcijskega gradiva. Teraso kot tudi pobočno gradivo pokriva okrog 20 - 40 cm debela plast prepereline, tako da se sledovi tega nasipanja tudi po tem zelo dobro ločijo od veliko mlajših recentnih akumulacijskih površin, kjer je opaziti šele prve začetke preperevanja. Večina od würmskih vršajev ob vstopu na Barje potone pod recentne sedimente. Dalje proti Barju lahko spremljamo sledove tega nasipanja le ob potoku Radni, toda tudi ob njej se je boljše očevalo samo levo krilo tega vršaja, ki mu sledimo v smeri ceste Brezovica - Notranje Gorice proti jugovzhodu. Gre za okrog 2 - 4 m visoko prodno teraso, ki se posebno v Bičevju močno razširi, pri Podoljih njivah zahodno od Vnanjih Goric pa zoži, nato pa med osamelcema Vnanje Gorice ter Dobčenica spet razširi. Na široko pa so se ohranili ostanki tega vršaja tudi na jugovzhodni strani Plešivice med dolino Drobotinke ter Notranjimi Goricami, kjer se z okrog 2 - 3 m visoko ježo spuste proti poplavnemu sve- tu ob Ljubljani ter Drobotinki.

Pri obravnavanih potokih pa so se poleg würmske terase fragmentar- no očevali tudi sledovi še ene višje prodne terase, ki pripadajo verjetno že riškemu nasipanju. Ohranili so se v Dragomeru, na levi strani Snežaka, nadalje na levi strani potoka Drobotinka v Lukovici ter na obeh straneh poto- ka Radna v Brezovici in to okrog 5 - 7 m visoko iznad nižje würmske tera- se.

Še večje število akumulacijskih teras pa ugotavljamo ob Gradaščici ter njenem pritoku Šujici. Tudi ob Gradaščici je najnižje dolinsko dno naj- širše. Dobro pa so se ohranili tudi sledovi prve, domnevno würmske tera- se, ki je povečini ohranjena tako kot drugje v obliki obsežnih razrezanih

ter spodrezanih vršajev, ki so od povirnih delov doline navzdol ob njej čedalje bliže današnjemu dnu doline. Ob njenem spodnjem toku so se na levi strani doline naslonila nanje naselja Log, nižji deli vasi Gaberje, Šujica ter Stranska vas, na desni strani doline pa naselja Razori, Draževnik in Podsmreka. Temu nasipanju pa ustreza tudi obsežen vršaj, ki ga je nasula Gradaščica ob vstopu na Ljubljansko barje. Iz območja okrog Kosez se širi daleč na jug ter zahod proti Ljubljani ter Vnanjim Goricam. Ohranil pa se je tudi na levi strani Gradaščice na območju Viča. Oba dela loči z mlajšimi sedimenti izpolnjeno erozijsko korito, ki poteka v smeri današnjega toka Gradaščice proti Ljubljani, tako da znaša višinska razlika med würmskim ter holocenskim nasipanjem tu le še okrog pol metra. Za würmsko starost tega vršaja govori poleg njegove globoke preperelosti tudi v vrhnjih plasteh ilovice ohranjen cvetni prah hladnodobnega gozda, ki pripada po ugotovitvah Alojzija Šerclja zadnji ledeni dobi.

Ob Gradaščici pa so se dobro očuvali tudi sledovi naslednje, okrog 6 - 8 m višje, domnevno riške terase, ki jo sestavlja tako kot ostale ledenodobne terase predvsem debel prod. Vendar se je ohranila povečini le v manjših fragmentih, saj zavzema širše površine le pod Polhovim Gradcem ter tik pod izstopom Gradaščice na Barje med Podsmreko ter Kosezami, kjer stoji na njej zaselek Žeje.

Med vsemi terasami najširša pa je naslednja višja, tretja, domnevno mindelska terasa. V zgornjih delih doline Gradaščice ter potoka Šujice je ohranjena v ožjih ter širših živoskalnih policah, ki jih dosledno pokriva debel prod. Zares široke površine pa zavzema šele v spodnjem razširjenem delu doline Gradaščice pri Dobrovi ter v še posebej dobro proučeni Viški terasi.

Vse tri terase pa so razen ob Gradaščici ter Šujici, dobro očwane tudi ob Glinščici, vendar samo na desni zahodni strani doline, medtem ko smo ugotavljali na nasprotni strani na območju Šišenskega hriba oziroma Rožnika spet samo razrezane vršaje würmskega nasipanja. Še posebno velik vršaj je nasul v tej dobi potok, ki teče skozi Mostec proti Kosezam. Prav

nanj se je naslonilo naselje Koseze. Zelo razločni taki vršaji pa so tudi ob ostalih manjših potočkih južno od tod proti Čadu, pa tudi onstran Rožnika na območju samega parka Tivoli.

Proučitev akumulacijskih teras na območju Ljubljanskega barja nas je opozorila torej na nekatera prav pomembna dejstva. Tako so te raziskave povsem nesporno pokazale, da tu kvartarno nasipanje nikakor ni bilo tako nepomembno, kot se je domnevalo doslej. Ob tem kaže še posebej opozoriti na velikanske različno stare vršaje Gradaščice pa tudi Iške in končno tudi na močno nasipanje vseh ostalih potokov. Druga za morfogenezo Ljubljanskega barja zelo pomembna ugotovitev pa je ta, da tudi erozija tekom kvartarja na Barju ni povsem izostala. Ta namreč zelo izrazito loči stare akumulacijske zasilpe med seboj (mindel, ris), nastopila pa je tudi po zadnji ledeni dobi, ko je prišlo do globoke erozije tudi ob Savi. Iz morfogenetskega vidika zelo zanimiv pa je tudi odnos med sledovi würmskega nasipanja ter med sledečim holocenskim nasipanjem, kot tudi različno število ohranjenih akumulacijskih teras ob pritokih Ljubljanice na Ljubljanskem barju.

Pri proučevanju odnosa med ostanki würmskega nasipanja ter holocenskimi akumulacijskimi površinami smo postali še posebno pozorni na razločke med Rožnikom ter Golovcem. Medtem, ko so se würmski vršaji na območju Rožnika zelo dobro ohranili ter se zelo izrazito dvigajo iznad holocenske naplavine, pa so prišli v območju Golovca že pod njo. S samimi fluvialnimi dejstvi prikazanega stanja nikakor ni mogoče posrečeno razložiti. Zato je postala čedalje bolj privlačna misel, da bo to okoliščino, kot tudi različno zastopanost starejših akumulacijskih teras na območju Barja tolmačiti kratkomalo s tektoniko. Tako bi se torej območje, kjer pleistocenske terase povsem manjkajo, še posebno močno pogrezalo in to še v holocenu, medtem ko bi bila področja z eno, dvema ali tremi terasami tektonsko stabilnejša. Po teh pogledih bi bili obrobni deli Barja z bližnjim zaledjem med Logom ter dolino Šujice v tektonskem pogledu še posebno stabilni, saj so se ohranile v teh dolinah po dve ali celo po tri akumulacijske

terase. Bistveno močnejše pa bi se pogrezalo območje Rožnika, kjer so se razločnejše ohranili samo še sledovi würmskega nasipanja. S podobnimi prilikami pa moramo računati še na območju Iškega vršaja in ob Beli pri Vrhniku, medtem ko bi se vse ostalo območje Barja z bližnjim zaledjem močnejše pogrezalo. To velja še posebej za Golovec pa tudi za svet proti Želimeljščici, nadalje za področje Borovniščice kot tudi za ves severozahodni obod Ljubljanskega barja med Vrhniko ter Logom, kjer so sledovi würmskega nasipanja potonili pod mlajšo naplavino.

S temi ugotovitvami je postalo torej še bolj verjetno, da se tektonska dejstva niso omejevala samo na akumulacijski del Ljubljanskega barja, ampak da so bili vključeni v to grezanje tudi bolj ali manj široki deli bližnjega živoskalnega obrobja, pri čemer mislimo predvsem na območje živoskalnih teras, ki so jih razlagali doslej s fluvialno erozijo (Rakovec 1955).

S temi ugotovitvami pa seveda ne zanikamo, da je bilo grezanje vsaj v velikem, nekoliko bolj stran od živoskalnega obrobja še izdatnejše. O tem nam priča že sama izredna debelina kvartarne naplavine. Še boljše ter nedvoumno pa govori za to ugotovitev, da so sedimenti na Ljubljanskem barju v inverznem položaju. V nasprotju z večino ostalih področij na Slovenskem, kjer ugotavljamo od pliocenskih ravnikov navzdol po terasah proti današnjim dnom dolin čedalje mlajše sedimente, pa je na Barju vse to ravno obratno. Tu si, s skromno izjemo fragmentov starejših akumulacijskih teras, ki so se ohranile na površini, sledijo od površja navzdol v globino čedalje starejše odkladnine.

Takšne razmere smo na Ljubljanskem barju lahko pričakovali že na osnovi sedimentov samih. Vrtanja so namreč pokazala, da se sestava tal v globino po nekem povsem zakonitem ritmu spreminja. Tako ugotavljamo pod plastjo šote ter močno organogene, bolj ali manj peščene rjave ilovice, krede, sivih in zelenih peščenih ilovic še precej debelo plast ilovnatoga proda, ki je proti obrobnim delom Barja čedalje bliže površini ter pride v skrajnem obrobju v obliki že opisanih würmskih vršajev na površino. Pod to prodno plastjo sledijo v globino še nekako 3 ali 4 plasti podobnega proda,

ki jih ločijo med seboj plasti mineralogenih ter organogenih ilovic, pa tudi krede, skratka sedimentov, ki so močno podobni odkladninam zadnje ledene dobe ter sledečemu toplemu holocenskemu obdobju. Že na osnovi tega je bilo torej mogoče sklepati, da bo gledati v teh sedimentih sledove več poledenitvenih obdobj in toplih vmesnih presledkov, ki so jim sledili in da so se tako mlajše plasti kratkomalo nalagale na starejše.

Ta sklepanja pa za območje Barja zelo dobro dokumentira tudi v ilovicah ohranjen cvetni prah. Alojzij Šercelj je prišel namreč pri proučevanju tega do zaključka, da pripadajo holocenu poleg šote tudi plasti ilovic in krede kot je pokazala to že sama sedimentacija. Več peloda bora, breze ter vrbe, ki veljajo za značilne indikatorje hladnega podnebja, ugotavlja samo v skrajno spodnjih plasteh močno peščene, mineralogene ilovice, ki pomeni že prehod v spodaj ležeč würmski prod. Hladno podnebje pa izpričujejo tudi neposredno pod würmskim prodom ležeče plasti peščenih ilovic. Cvetni prah hladnodobnega gozda je Šercelj našel tudi neposredno nad ter pod globlje ležečimi plastmi proda. V različnih organogenih ilovicah ter plasteh krede med temi hladnodobnimi sloji ter nad würmskimi sedimenti pa ugotavlja cvetni prah toplejših interstadialnih ali interglacialnih obdobj pa tudi toplega holocenskega obdobja (Šercelj 1966).

O tem, da so globlje ležeče plasti dejansko starejše ter plod starejših poledenitvenih obdobj in vmesnih toplejših presledkov, pa sklepa Šercelj tudi na osnovi cvetnega prahu, ki je značilen samo za starejša obdobja kvartarne dobe. Tako n.pr. ugotavlja, da se nahajajo sedimenti z značilnim cvetnim prahom, kot ga ugotavljamo v mindelski viški terasi, v območju Črne vasi na Barju kar okrog 80 m globoko pod mlajšimi kvartarnimi odkladninami (Šercelj 1967).

Prikazana dejstva pa niso pomembna samo iz morfogogenetskega vidika, ampak tudi za tolmačenje same izoblikovanosti reliefa na Ljubljanskem barju. Prav s stalnim grezanjem tega sveta, ki se, kot smo videli, nadaljuje še v samo holocensko obdobje, nam je postala razumljiva tudi tako skromna ohranjenost akumulacijskih teras ter obenem tolikšna prevlada ravnin-

skega sveta, ki je za današnjo podobo Ljubljanskega barja tako zelo značilna. *ino še preseže 10 m.*

Poleg teh splošnih dejstev, ki so za tolmačenje geneze Ljubljanskega barja tako osnovnega pomena, pa nas zanima tudi odnos vsega tega dogajanja na Barju do razmer ob Savi na Ljubljanskem polju. V zvezi s to problematiko je videti še posebno zanimiv svet na stiku med Ljubljanskim barjem ter Ljubljanskim poljem, kjer je prišlo do prepletanja med fluvio-periglacialnim nasipanjem, ki je bilo na območju Barja kot smo videli še posebno krepko ter fluvio-glacialno akumulacijo Save, ki je nanašala v poledenitvenih obdobjih izpod ledenikov velikanske količine proda. *iteče od Mosteca proti*

ti Kosec Meja med tema dvema akumulacijskima domenama poteka nekako od Podgore pri Šentvidu skozi Dravljje proti Kosezam ter po severni strani Rožnika oziroma Šišenskega hriba proti Gradu ter Golovcu. Do največjih odklonov od te črte prihaja v dolinski zajedi Glinščice med Polhograjskimi dolomiti ter Šišenskim hribom, kjer je Sava v obdobjih nasipanja pogosto skrenila tudi proti jugozahodu. Drug tak močan odklon od omenjene črte pa predstavlja vrzel med Rožnikom ter Gradom, kjer je segla Sava z debelo prodno nasutino prav tako zelo daleč na zahod proti Barju. *o z ilovico pome-*

Sanega Stratigrafske razmere na obravnavanem stičnem področju so obravnavali doslej že številni raziskovalci. Tu kaže še posebej opozoriti na Rakovca, ki ugotavlja, da se na območju Šiške ter proti Dravljam in Šentvidu vpletajo med plasti proda še ilovice, ki naj bi bile jezerskega izvora. Jezero naj bi nastalo v zatišju širokopoteznega fluvio-glacialnega nasipanja Save (Rakovec 1952). *i. Za to nam govorijo tudi enostavna erozijska korita,*

ki sta Žlebniakov pogled na tukajšnje stratigrafske razmere je nekoliko drugačen! Na osnovi številnih vrtin ugotavlja, da sledi pod würmskim prodom ter globlje ležečimi plastmi ilovic v največ primerih konglomerat mlajšega konglomeratnega zasipa, tam pa, kjer je ta že erodiran, pa ustrezen prod. Ilovica med obema različno starima nasipoma Save ima v pretežni meri za prepereli preostanek spodaj ležečega konglomerata, del teh ilovic, predvsem v smeri proti Glinščici, pa za barski sediment (Žlebnik 1971).

Debelina te prepereline ter barskih sedimentov po Žlebniških ugotovitvah lokalno še preseže 10 m. Pri izgradnji moderne Celovške ceste. V teh izkopih Pri ponovnem obhodu sveta okrog Kosez ter Dravelj je pritegnila našo pozornost predvsem ugotovitev, ki so jo raziskovalci tega sveta doslej povsem prezrli, da se namreč nahajajo ilovnati sedimenti po večini precej višje kot pa prodna ravnina, ki jo je nasula Sava v zadnji ledeni dobi. Mejo med ilovnatimi sedimenti ter prodno ravnino predstavlja ponekod zelo strma ter izrazita ježa, drugje pa je ta prehod spet manj izrazit. Pri rekonstrukciji ilovnatnega površja se je pokazalo, da ga sestavljata dva velika vršaja. Prvega je nasul potok Pržanec, drugega pa potok, ki priteče od Mosteca proti Kosezam. Vršaj potoka Pržanca začinja v višini okrog 325 m ter se zniža do Kosez na okrog 310 m, desno krilo tega vršaja, ki se znižuje proti Podutiku, pa celo na 305 m. Vršaj, na katerem so se razvile Koseze, pa se nahaja ob izstopu potoka iz območja Šišenskega hriba v ravnino v višini okrog 312 m, nato pa se proti zahodu ter severozahodu hitro zniža na 308 m in celo na 306 m. Vpogled v sestavo obeh vršajev so nam omogočili številni izkopi za nove hiše ter stanovanjske bloke. Povsod smo ugotavljali pod preperelino močno peščeno ilovico, že okrog 1 m pod njo pa obilo z ilovico pomešanega proda, ki sta ga nanese oba potoka iz karbonskega obrobja. Ugotovitev, da lahko sledimo ostankom tega nasipanja tudi navzgor po dolinah obeh potokov, kjer se prodna nasutina prepleta z debelimi plastmi periglacialnega drobirja, ki ga tako kot vršaje pokriva do 40 cm debela preperelina, nam je bila jasno opozorilo, da je prišlo do nasipanja gradiva v obeh vršajih v zadnji ledeni dobi. Za to nam govorijo tudi enostavna erozijska korita, ki sta jih zarezala oba potoka, v ledenodobno nasutino. Do erozije je prišlo torej, tako kot smo ugotavljali že drugje, takoj po prenehanju intenzivne soliflukcije, torej z nastopom toplejšega podnebja po zadnji ledeni dobi.

Prišlo Deloma pa smo morali pri našem proučevanju dopolniti tudi s strani geologov že večkrat opisane stratigrafske razmere na prodni ravnini Ljubljanskega polja severno ter severovzhodno od izpodrezanih vršajev, ki jo sestavlja na površini savski prod. Vpogled v tamošnjo sestavo tal so nam

omogočili številni in to tudi prav globoki izkopi za kanalizacijo ter druge objekte, ki so jih zgradili pri izgradnji moderne Celovške ceste. V teh izkopih so še posebno na široko razkrili okrog 4 - 6 m debelo povrhnjo plast proda, ki je po splošnem mnenju fluvioglacialna naplavina Save iz zadnje ledene dobe (Malik 1959, Rakovec 1952, Šifrer 1969, Žlebnik 1971). Pod njo sledijo v vseh globljih izkopih, predvsem nasproti tovarne "Lek", plasti ilovice pa tudi močno ilovnatega proda, ki ga sestavljajo skrilačci ter peščenjaki iz bližnjega karbonskega obrobja. Gre torej za povsem isto gradivo, kot smo ga ugotavljali v opisanih spodrezanih vršajih, ki so jih nasuli v zadnji ledeni dobi potočki iz bližnjega hribovitega obrobja. O tem da so podobnega porekla tudi ilovice nam še posebno zgovorno kažejo vmes ležeči vložki proda, pa tudi posamezni prodniki, ki jih najdemo tudi v navidez najbolj čistih ilovicah ter so tako značilni za obrečne naplavine. Da izvirajo ti sedimenti dejansko iz hladne dobe pa nam priča tudi v ilovicah ohranjen cvetni prah ledenodobnega iglastega gozda, kot ugotavlja Šercelj na podlagi analize vzorca ilovice, ki sem ga vzel v ta namen iz globokih izkopov nasproti gostilni pri "Slepem Janezu" v Šiški.

Pod temi ilovicami pa so razkrili na dveh krajih še rdečerjavo preperelino, ki po zunanjem videzu, kot tudi po nepreperelih prodnikih iz metamorfih kamnin, ki so se ohranili v njej, pač ne more biti kaj drugega kot prepereli preostanek globlje ležečega konglomerata, ki so ga z vrтанji tu tako dosledno ugotavljali.

Na podlagi opisanih golic je mogoče torej sklepati, da je prišlo v tem svetu po odložitvi riškega fluvioglacialnega zasipa do zelo dolgotrajnega preperevanja tega proda, pri čemer je prišlo do delnega zlepljenja povrhnjih plasti pa tudi do nastanka debele prepereline. Močne ohladitve, do katerih je prišlo z nastopom zadnje ledene dobe, so ta razvoj prekinile. Prišlo je do močne denudacije in nasipanja že neznatnih potočkov. Prav v tem obdobju sta nasula potok Pržanec ter potoček, ki priteka iz Mosteca proti Kosezam, obsežne vršaje, ki so se širili prek riškega konglomerata ter po njem nastali preperelini še čez Celovško cesto daleč proti severu.

Šele po tej dobi je Sava zapolnila s svojo nasutino predhodno v riško nasutino izdolbeno korito ter segla po globoko prepereli riški naplavini daleč na obrobje, kjer je deloma spodjedla deloma pa prekrila obsežne fluvioperiglacialne vršaje potoka Pržanca ter onega pri Kosezah ter na najnižjem mestu med njima udrila tudi na jug proti Glinščici. Savski prod so razkrili tu v številnih izkopih za nove hiše. Pri novih stanovanjskih blokih vzhodno od nove osnovne šole na Draveljski gmajni pa so razkrili tudi stik, ob katerem preide fluvioperiglacialni vršaj, ki ga je nasul potok Pržanec v zadnji ledeni dobi pod istodobno nasutino Save.

Povsem ista slika, kot med Šentvidom ter Zgornjo Šiško, pa se pokaže tudi na območju ožje Ljubljane, predvsem na vzhodni strani Šišenskega hriba. Tudi tu sledijo pod nasutino Save debele plasti fluvioperiglacialnega gradiva, ki so ga naplavili potočki iz Šišenskega hriba, pod njimi pa sledi še rjavordeča preperelina ter ustrezen konglomerat. Vpogled v sestavo tal so nam omogočili globoki izkopi za Dom Ivana Cankarja. Čisto na površini so pri tem razkrili okrog 2 m debelo plast savskega proda. Pod njim je sledila še čez 12 m debela serija plasti proda ter ilovic, ki so jih naložili potočki pritekajoči iz bližnjega Šišenskega hriba. V zgornjih plasteh prevladuje prod iz karbonskih skrilavcev ter peščenjakov, navzdol v profilu pa se vpleta vmes čedalje več ilovic istega izvora, ki proti dnu razkritega profila prevladajo. Vrtine pa so razkrile še okrog 5 m debel sloj globlje ležečih ilovic, plast rjavordeče prepereline z nepreperelimi prodniki ter konglomerat.

Tudi tu se torej pokaže med würmsko nasutino Save ter globoko preperelim, deloma cementiranim riškim prodom, še debel sloj ilovnatih ter prodnih sedimentov, ki so jih nasuli potočki iz Šišenskega hriba. Za to naplavino pa je značilno tudi še to, da se v nasutini od spodaj navzgor povečuje količina proda in da postaja prod v njej proti vrhu tudi čedalje bolj debel, kar je mogoče tolmačiti le s čedalje močnejšimi ohladitvami oziroma s čedalje močnejšim razpadanjem kamnin ter dotokom tega gradiva s procesi soliflukcije v doline. Za to, da je bilo v tem obdobju podnebje dejansko ze-

lo hladno, pa govori tudi v ilovnatih plasteh ohranjen cvetni prah bora, breze ter vrbe, kot je ugotovil Šercelj pri analizi vzorca ilovice iz teh plasti.

Iz opisanih stratigrafskih ter sedimentoloških razmer v stičnem svetu med Ljubljanskim barjem ter Ljubljanskim poljem je mogoče sklepati, da bo gledati v ilovnatih ter prodnih sedimentih, ki so jih nasuli potočki v periglacialnem svetu ter v sledeči fluvioglacialni akumulaciji Save, zelo kompleksno sliko akumulacijskega dogajanja, ki ga je sprožila zadnja ledena doba. Da smo s temi opažanji na pravi poti, nam še posebno veliko povedo sedimenti sami, ki kažejo s prevlado hladnodobnih ilovic ter sledečim stopnjevanjem količine proda v nasutini povsem normalen prehod iz obdobja tajge v obdobje tundre, do česar je prišlo s stopnjevanjem mraza v zadnji ledeni dobi. Vzporedno s tem pa je prišlo tudi do postopnega naraščanja ledenikov, izpod katerih so se ob višku poledenitve ob njihovem stagniranju v Blejsko-radovljiški kotlini odložile še posebno debele plasti proda. Tega pa so v tej dobi prenašale vsaj obdobjno močno narastle vode še naprej navzdol proti Ljubljanskemu polju ter tu z njim deloma celo prekrile ter spodrezale sledove predhodnega fluvioperiglacialnega nasipanja. Videti je, da se je ob višku poledenitve fluvioperiglacialno nasipanje, zaradi ekstremnega mraza ter ustrezno čedalje manj pogostega odtajanja tal ter s tem povezane skromnejše soliflukcije, najbrže celo za nekoliko zmanjšalo.

Toda vse to so že podrobnosti! Z vidika razvoja Barja v zadnji ledeni dobi je videti predvsem pomembno, da je bilo tu fluvioperiglacialno nasipanje izredno izdatno in da je tako vseskozi konkuriralo nasipanju ledeniške Save. Zato je tudi razumljivo, da je le ta samo lokalno prodrla proti Barju pa še to najbrže le tako daleč do koder ji je tedaj močnejše napet svet na Barju to dovoljeval. Zato povsem upravičeno domnevamo, da v poledenitvenih obdobjih na Barju ni bilo pogojev za izdatnejše zastajanje vode, kaj šele za ojezeritev kot so to domnevali starejši raziskovalci tega sveta (Kramer 1905; Rakovec 1938, 1955; Melik 1946).

Ob takih akumulacijskih razmerah pa nam postane razumljiva tudi erozija ob koncu zadnje ledene dobe, ki se ni omejevala samo na Savo, am-

pak je bila izredno izdatna tudi ob Ljubljani ter ob vseh njenih pritokih na Ljubljanskem barju.

Po vseh teh ugotovitvah se je postavljalo pred nas zelo zanimivo vprašanje, ali lahko računamo s podobnim zaporedjem nasipanja, kot smo ga ugotovili za zadnjo ledeno dobo, tudi v starejših poledenitvenih obdobjih? Pri posegu v to razpravo smo se morali omejiti predvsem na svet ob spodnjem toku Gradaščice ter ob Glinščici, saj je to v vsem območju Barja edino področje, kjer so se ohranili sledovi starejših akumulacij na površini. Primeren pa je bil videti ta svet za tovrstna proučevanja tudi zato, ker je do sem, kot to vemo na osnovi starejših raziskav, še seglo nasipanje Save.

Pri posegu v to razpravo smo imeli vseskozi pred očmi izkušnje, ki nam jih kažejo stratigrafske razmere v območju würmskega nasipanja v proučevanem svetu. Tako je bilo za nas še posebno zanimivo dejstvo, da ležijo sledovi würmskega fluvioperiglacialnega nasipanja na globoko preperelem riškem konglomeratu, da se je nasipanje v tej ledeni dobi zaključilo z močnim nasipanjem izpod ledenikov tekočih rek ter da so se ohranili jugozahodno od črte Pržanj-Koseze obsežni deli predhodnega fluvioperiglacialnega nasipanja iznad fluvioglacialne nasutine Save.

V luči teh novih spoznanj so bile za nas še posebno zanimive razmere v viški terasi, ki je bila že doslej deležna zelo podrobnih raziskav. Za to teraso je že dolgo znano, da sledi v njej nad savskim konglomeratom debel kompleks fluvioperiglacialne nasutine Gradaščice, ki sestoji iz ilovnatih, peščenih ter čez odloženih prodnih sedimentov. Z ugotovitvijo, da leži würmska fluvioperiglacialna nasutina na globoko preperelem riškem konglomeratu, se je že takoj na začetku vsilila domneva, da imamo v viški terasi opravka z genetsko istimi sedimenti, le da izvirajo iz veliko starejšega kvartarnega obdobja. Za tako tolmačenje govori še posebej ugotovitev, da je konglomerat v viški terasi že zares trdno zlepljen, do česar je moglo priti, kot to ugotavlja Šercelj, le v primeru, da je bil dolgo časa nepokrit ter izpostavljen kemičnemu preperevanju (Šercelj 1966). V prid temu pa govorijo tudi še ugotovitve, da predstavlja čez odložen kompleks sedimen-

tov dejansko zelo zaključeno serijo fluvioperiglacialnega nasipanja Gradaščice v mindelski ledeni dobi. To serijo sedimentov sestavlja namreč okrog 8 - 10 m debel sloj sivozelenih ter sivih, peščenih, povečini močno ilovnatih sedimentov, med katere se vpletajo tudi plasti peska ter drobnega proda, pa tudi nekako 2 plasti organogenega detritusa, ki so nastajale v območju tedanjega nasipanja Gradaščice. Vse te plasti pokriva okrog 1 m - 1,5 m debel sloj rjavordečih oziroma oranžnih, drobno plastovitih ilovic. Čez pa sledi še okrog 4 m debela plast proda Gradaščice, med katerega se vriva po sredi še plast svetlosivih močno peščenih ilovic. Že na osnovi samih sedimentov je bilo mogoče sklepati na postopno stopnjevanje periglacialnih procesov v mindelski ledeni dobi. To pa nam zelo dobro dokumentira tudi v peščenih ilovicah ohranjen cvetni prah hladnodobnega iglastega gozda, tik pod prodnimi plastmi pa tudi najdba rogovja širokočelnega losa, ki nas vodi k sklepu, da je prišlo v tem obdobju tudi že v samem dnu Ljubljanske kotline do močnega razredčenja gozda (Seidel 1912; Rakovec 1954; Šercelj 1967). Nobenega dvoma torej ni, da so morali biti v tem obdobju Polhograjski dolomiti skoraj povsem brez gozda in da je bilo razpadanje živoskalne podlage, kot tudi dotok tega gradiva v doline s procesi soliflukcije še posebno hiter in da je prav to sprožilo tedanje nasipanje proda.

Na osnovi vseh teh ugotovitev, kot tudi dejstva, da je pod to mindelsko nasutino ležeč konglomerat veliko starejši, se vsiljuje domneva, da pripada najbrž gūnški ledeni dobi.

In kje bo potem iskati sledove mindelskega fluvioglacialnega nasipanja Save? Ker se po viški terasi ustrezen konglomerat ni nikjer ohranil, smo že od vsega začetka sklepali, da to nasipanje sem ni seglo. Pojavila se je domneva, da je opisano nasipanje Gradaščice, tako kot v zadnji ledeni dobi akumulacija Pržanjskega potoka, preprečilo Savi globlji prodor proti zahodu. Pri razglabljanju o vsem tem smo postali še posebno pozorni na stratigrafske ter sedimentološke razmere v sledeči nižji riški terasi v dolini Glinščice na skrajno južnem koncu Podutika. Tu so nam namreč omogočile vpogled v sestavo tal golice v obsežnem glinokopu, kjer je sedimente

v njem opisal že Šercelj (Šercelj 1967), Pri tem je ugotovil, da je profil močno podoben viškemu in bi tako na prvi pogled oba kaj hitro istovetil. Sestoji namreč iz temneje ali svetleje sivih glin, po sredini pa se prav tako vleče plast organogenega detritusa; manjka le zgornji rdečerjavi horizont pasovitih glin (Šercelj 1967).

Ob našem ogledu glinokopa pa so bile razkrite še nekatere druge plasti. Med temi kaže opozoriti predvsem na konglomerat, ki se je pokazal čisto v dnu razkritega profila. V vrhnjem delu se v žepih vriva vanj rjavordeča preperelina, ki predstavlja seveda samo skromen preostanek nekdanje veliko debelejše prepereline. Čez sledi kompleks ilovic ter proda, ki so jih nanесли potočki iz hribovitega obrobja med Klobukom ter Stražnim vrhom. Začenjajo z okrog 10 cm debelo plastjo ilovnatnega organogenega detritusa, nad njim sledi 2 - 3 m debel sloj peska, nato pa že opisane ilovice, ki jih po sredini prekinjata nekako dva pasova organogenega detritusa. Vendar te ilovice nikakor niso tako čiste, kot so videti na prvi pogled. Vmes se vpleta veliko slojev debelega peska pa tudi drobnega proda, ki so ga tako kot ilovice naplavili potočki iz že omenjenega hribovitega zaledja med Klobukom ter Stražnim vrhom. Navzgor v profilu plasti drobnega proda povsem prevladajo, mednje pa se vpletajo tudi čedalje debelejši sloji debelejšega proda, ki v zgornjih 5 m povsem prevladajo. Vse te plasti pokriva še okrog 1 - 1,5 m debela plast prhke ilovnate prepereline, v kateri ugotavljamo veliko razpadlih prodnikov.

Tudi tu ugotavljamo torej dvoje povsem različnih akumulacij. Čisto v dnu profila plast globoko preperelega konglomerata s korozijskimi žepi, zapolnjenimi z rjavordečo preperelino ter čez odložen kompleks fluvio-periglacialne nasutine potočkov iz hribovitega zaledja, ki začenja tako kot v času začetka würmske ali mindelske poledenitve s peščenimi ter ilovnatimi odkladninami ter preidejo navzgor v prod. Že na osnovi tega se je vsiljevala domneva, da bo gledati v spodaj ležečem konglomeratu sledove fluvio-glacialnega nasipanja Save iz konca mindelske ledene dobe, čez pa fluvio-periglacialno naplavino potočkov iz obrobja, iz naslednje riške ledene dobe. Da

je poteklo med obema nasipanjema zares dolgo obdobje, smemo sklepati na osnovi zlepljenosti savskega proda pa tudi prepereline, ki se je razvila po njem ter se v žepih zajeda vanj. Za uvrstitev čez odloženih sedimentov v riško ledeno dobo pa so videti najpomembnejše analize cvetnega prahu, ki se je ohranil v njih (Šercelj 1967). V teh plasteh je namreč konstatiral Šercelj cvetni prah severnjaške tajge, v kateri so še posebno močno prevladovali bor, smreka ter breza. V dveh primerkih analiziranih ilovic pa je našel Šercelj v skromnih količinah tudi še cvetni prah jelše, leske ter hrasta, kar govori za manjše toplotne oscilacije v okviru iste poledenitve. Za tolmačenje takratne vegetacije pa so videti zanimivi tudi rastlinski elementi odprte vegetacije: Compositae, Chenopodiaceae, Gramineae, Artemisia ter Ephedra. Za kronološko uvrstitev teh sedimentov pa je po Šerceljevem mnenju še posebno pomemben pelod praproti Osmunda ter močvirskega bresta Zelkova, ki jih v würmskih sedimentih pri nas ni več najti. Prav na osnovi tega, kot tudi zaradi precej drugačnih rastlinskih vrst v veliko starejši viški terasi (mindel); domneva Šercelj, da so te plasti riške starosti (Šercelj 1967).

To pa se dobro ujema tudi z geomorfološkimi dejstvi, saj se obravnavana terasa zelo izrazito dviga iznad würmskih akumulacijskih površin, obenem pa je tudi izrazito nižja, kot sledeča višja mindelska terasa.

Ugotovitev, da je bilo fluvioperiglacialno nasipanje na Ljubljanskem barju v vseh poledenitvenih obdobjih izredno močno in da je preprečilo Savi, da bi globlje prodrla nanj, je iz geomorfoloških vidikov izredno pomembna. Predvsem nas v nasprotju s starejšimi pogledi zelo jasno opozarja, da tu v poledenitvenih obdobjih ni bilo pogojev za izdatnejše ojezeritve, ki bi pustile svoje sledove v vsem njegovem območju, kot so to domnevali doslej (Kramer 1905, Melik 1946, Rakovec 1955).

In tudi sicer je bil relief na Barju v poledenitvenih obdobjih precej drugačen kot pa je danes. Vsaj za zadnjo ledeno dobo lahko z gotovostjo trdimo, da je bilo tedanje površje veliko bolj razgibano. Sestavljali so ga obsežni in prav strmi prodni vršaji. O tem nam poleg znatnega strmca, ki

ga kažejo ti vršaji v obrobnih delih Barja, kjer so se ohranili še na površini, priča tudi njihovo nadaljevanje pod holocensko naplavino proti osrednjim delom Barja, kjer se nahaja na najglobljih doslej ugotovljenih krajih že okrog 20 m globoko pod današnjim površjem. Poplave so se omejevale torej tedaj samo na ožje najnižje dele površja med temi vršaji. Nekoliko bolj na široko so se razlivala tedaj vode le v zatišnih delih tedanjih vršajev Iške ter Gradaščice torej ob Iščici ter v svetu zahodno od Podpeči ter Notranjih Goric.

Do še večjega skrčenja areala poplavnega sveta pa je prišlo najbrže v sledečem obdobju erozije, ki se, kot smo že večkrat poudarjali, ni omejevala samo na Savo, ampak je bila zelo izdatna tudi ob Ljubljanici in ob vseh pritokih, ki jih prejema ta reka na Ljubljanskem barju. Pomembno je, da je ta erozija sledila tako kot ob Savi takoj po višku zadnje poledenitve, ko so z umikom ledenikov ter s poraščanjem tal z gozdom ponehali klimatski pogoji za nasipanje. O tem kako hitra je bila ta erozija so nas še posebej prepričala dognanja v čelni kotanji bohinjskega ledenika, ki so pokazala, da je bilo tu vrezovanje z umikom ledenikov iz območja Radovljice proti Bohinju v glavnem že zaključeno (Šifrer 1969). Z izredno hitro erozijo pa moramo računati tudi v nepoledenelem svetu oziroma na območju Barja. Tu je prišlo do nje takoj po poraščanju tal z gozdom, ki je zavrl dotok drobirja po pobočjih v doline. K nenadni eroziji je prav gotovo pripomoglo tudi dejstvo, da je bila tedaj večina sveta v obodu Ljubljanskega barja še skoraj povsem brez prepereline in da je bil tako odtok vode v doline najbrže še posebno hiter ter velik. Nobenega dvoma ni, da je vse to še pospešilo globinsko erozijo ter pripomoglo k nenadni poglobitvi dolin. Ugotovitev, da je prišlo do te erozije tudi na območju Barja za katerega vemo, da se še ves čas pogreza, nam je še posebno tehtno opozorilo, da je bilo tu ledenodobno nasipanje in tudi sledeča erozija izredno hitra, saj bi se sicer vrezovanje ne moglo tako izrazito uveljaviti.

Prav z opisano würmsko akumulacijo debelega proda ter sledečo erozijo je bila zelo jasno začrtana meja med ekstremno hladnimi deli zadnje ledene dobe ter sledečim toplejšim obdobjem, ki je dalo Barju njegovo današ-

njo podobo. Prav v tem obdobju je prišlo namreč do odložitve debelih plasti ilovnatih ter peščenih sedimentov, s katerimi se je uravnalo površje Barja. Prišlo pa je tudi do poraščanja tega površja z mahom, ki je skupaj z ilovnatimi sedimenti pa tudi z zelo svojskimi prilagoditvami človeka na ta svet, predvsem s kulturo mostiščarjev pripeljala do teze o obstoju velikega jezera, ki bi nastajalo v zatišju širokopoteznega fluvioglacialnega nasipanja Save ter ob istočasnem tektonskem grezanju Barja.

Prav v tej široki razprostranjenosti mahu na Ljubljanskem barju ter pod njim ležečih naplavljenih trdinskih prsti (ali rumene ilovice t.j. trdinska prst) ter temeljnih sivih glin so videli prvi raziskovalci Barja osnovno zapuščino po nekdanjem jezeru.

Melik je prvi opozoril, da je ta prikaz sedimentoloških razmer na Ljubljanskem barju vse preveč poenostavljen ter da je sestava tal na njem veliko bolj zapletena ter genetsko raznolika. Poleg polžarice, ki je po njegovem mnenju najbolj nesporno jezerski sediment, nastopajo na obsežnih področjih tudi sedimenti, ki so jih naplavili potočki iz vododržnih hribin na severni strani Barja, pa tudi reke iz kraškega sveta, pri čemer ne misli samo na Želimejščico, Iško ter Borovniščico, ampak predvsem na povsem kraško Ljubljanico, ter številne druge kraške izvire, ki nanašajo posebno ob povodnjih veliko neraztopnega preostanka apnenca.

Po njegovih ugotovitvah se omejuje polžarica predvsem na kraško desno stran Ljubljanice ter seže po tej strani med Golovcem ter reko prav v obližje Ljubljane. Po Krammerju povzema, da znaša debelina polžarice samo 0,25 do 2,50 m ter da ji sledijo globlje sivozelene peščene ilovice. Izreden obseg pa zavzemajo po Melikovih ugotovitvah tudi tako imenovane trdinske ilovice, ki so jih naplavili na Barje potočki iz hitro razpadljivih permskih ter karbonskih kamnin, ki sestavljajo hribovje na severni ter vzhodni strani Ljubljanskega barja. Ti izpolnjujejo vso njegovo severno polovico ter se posebno ob Gradaščici, ki je od vseh voda na Ljubljanskem barju največ nasipala, še posebno močno razširijo. Znatne površine barskih tal pa sestavljajo ti sedimenti tudi na vznožju Golovca. Obsežne dele Barja

so zasipali tudi Iška, kot kaže močno napet svet ob Želimeljščici ter Borovniščici, tudi ta dva potoka. Od kraških voda pa je največ nanašala Ljubljani-
ca, ki je nasula z rjavorumeno ilovico skupaj s Podlipščico ves širok svet
med Vrhniko, Verdom, Ljubijo ter Sinjo gorico pa tudi med Staro Vrhniko
ter Ligojno. Veliko te naplavine pa so naplavili ob povodnjih tudi drugi kra-
ški potoki.

Melik v zvezi z vso to sedimentacijo na Ljubljanskem barju močno
poudarja, da je prišlo do nastajanja polžarice in do nasipanja kraških ter
nekraških voda istočasno.

Iz morfogenetskega vidika pa so videti zanimiva tudi njegova dogna-
nja, da šota ne pokriva samo polžarice, ampak tudi trdinska tla oziroma
rečno naplavino ter da se plasti recentne naplavine v zgornjih plasteh po-
sestavi najčešče ujemajo z rjavo ilovico, ki jo ugotavljamo pod šoto.

Pri ponovnem proučevanju vseh teh odkladnin na Ljubljanskem barju
smo morali docela pritrditi Meliku, da je bilo nasipanje pritokov Ljubljani-
ce na Ljubljanskem barju izredno močno. Prav tako se strinjamo z njim,
da se vpleta v nasutino posebno bliže obrobju poleg ilovice ter peska tudi še
veliko proda in da je ob tem nasipanju Gradaščica še posebno močno domi-
nirala. Vendar se nam zdi ob tem pomembno opozoriti, da v tej naplavini
vendarle močno prevladujejo ilovnati ter peščeni sedimenti, po čemer se
celotni kompleks teh odkladnin zelo dobro loči od spodaj ležečega proda iz
zadnje ledene dobe. Da so ti sedimenti dejansko sledovi kasnoglacialnega
ter holocenskega nasipanja, pa nam izpričuje tudi v njih ohranjeni cvetni
prah. Raziskave Alojzija Šerclja so namreč povsem nedvoumno pokazale,
da je prišlo do tega nasipanja dejansko šele po prenehanju ekstremnih pod-
nebnih razmer po zadnji ledeni dobi, ko so naše kraje spet porastli iglasti,
predvsem borovi gozdovi z redkimi listavci (v globini 18 - 15 m). Vsi še
mlajši sedimenti pa kažejo na še toplejše klimatske razmere. Tako je pri-
šlo še pred koncem preboreala do hitre otoplitve ter do razvoja mešanih
hrastovih-leskovih gozdov. V borealu se je dokončno uveljavila bukev, ki
je prevladovala v vsem kasnejšem delu holocena. Vendar loči Šercelj tudi

v okviru tega obdobja več deloma različnih faz:

- v borealu je dosegla bukev največjo razširjenost,
- v atlantiku se je morala bukev nekoliko umakniti ter napraviti prostor jelki (bukovo - jelova subfaza),
- v subborealu bukev slednjič prevlada (čista bukova faza),
- v subatlantiku pa se je morala bukev pod vplivom človeka delno umakniti drugim gozdnim formacijam.

Ugotovitev, da je prišlo na Barju do močnega plavljenja ilovnatih ter peščenih sedimentov šele po obsežnem ledenodobnem nasipanju ter sledeči eroziji, je iz geomorfološkega vidika izredno zanimiva, saj nas povsem nedvoumno opozarja, da to nasipanje sovпада z dobo, ko je prišlo tudi ob drugih slovenskih rekah do močnega plavljenja ilovic. Te sestavljajo široka dolinska dna ter so bile že doslej deležne številnih zelo podrobnih raziskav. Tu naj opozorimo na debele plasti ustreznih peščenih ilovic ob pritokih Mure (Ščavnica, Ledava), Drave (Dravinja, Pesnica), Save (Pšata, Krka ter Sotla) ter Soče. Glede geneze teh ilovic pa smo dosledno ugotavljali, da so rezultat recentne erozije prsti ter ustreznega nasipanja.

Na podlagi vseh teh spoznanj se je tudi za sedimente na Ljubljanskem barju vsilila domneva, da utegnejo biti podobnega izvora. To domnevo še podkrepljuje ugotovitev, da se ilovnata naplavina ne omejuje samo na osrednje dele Barja, ampak da seže tudi na obrobje, kjer le-ti izpolnjujejo široka, v würmsko nasutino zajedena korita in da jim moremo slediti tudi navzgor po dolinah, kjer se po ilovnati sestavi zelo dobro ločijo od starejših prodnih površin. Taka še posebno široka ilovnata dolinska dna ugotavljamo v dolinah Želimejščice, Borovniščice, Podlipske doline, Gradaščice pa tudi ob številnih manjših dolinicah, ki so posebno na barski strani Golovca zelo široke.

Iz morfogenetskega vidika pa je videti pomembno tudi še opažanje, da so vsi ti sloji peska ter ilovic lepo plastoviti ter da jim lahko povsem neprekinjeno sledimo po dolinah ter še naprej proti Barju in da ni prav tako nikjer opaziti deltaste sedimentacije, ki bi jo bilo pričakovati v primeru,

da so se izlivali ti potoki ter reke v nekdanje jezero. Morda lahko že kar na tem mestu opozorimo, da se tudi plasti organogenega blata ter šote ne omejujejo samo na osrednje dele Barja, ampak da jim lahko sledimo tudi daleč navzgor po dolinah, kjer pridejo ponekod spet pod mlajše plasti trdin-
skih tal.

Stratigrafske razmere na območju Barja nas torej močno spominjajo na razmere, ki smo jih ugotavljali v starejših pleistocenskih terasah, kjer si sledijo ilovnate peščene ter lokalno tudi prodne plasti kratkomalo ena nad drugo, ne da bi bilo opaziti kakršnekoli sledove delt, ki bi bile nujne v primeru, da bi se zasipalo jezero s prodom, ki sledi nad ilovico.

V nasprotju z vsemi zakonitostmi zasipanja nekega jezera pa je tudi ugotovitev, da se debelina istodobnih odkladnin iz obrobja Barja proti osrednjim delom močno poveča. Tak značaj nasipanja na Ljubljanskem barju še posebno tehtno dokumentira Šercelj, ki ugotavlja, da si opisane spremembe gozda, do katerih je prišlo tekom kasnega glaciala ter holocena, v obrobnih delih Barja sledijo zelo hitro ena nad drugo, oziroma, da so horizonti ilovic, v katerih nastopajo, zelo tenki, proti njegovim osrednjim delom pa se močno razširijo ter zajemajo celo po več metrov debele plasti peska ter ilovic.

Ker vemo, da odlagajo reke večino akumulacijskega gradiva že takoj ob stiku z mirnostoječo jezersko vodo, nam je bil prikazan značaj sedimentacije ponovno opozorilo, da je večina sedimentov na Ljubljanskem barju zares fluvialnega porekla. Videti je, da je prišlo v tej dobi v nasprotju s predhodno würmsko ledeno dobo, zaradi drobnejšega plavja ter večjih količin vode do najmočnejšega nasipanja v osrednjih delih Barja ter do nastanka prvih precej uravnjenih površin, ki so se z nadaljnjo akumulacijo širile.

Pri tem pa bo treba najbrže upoštevati tudi tektoniko, ki je bila, kot smo ugotavljali na osnovi različne ohranjenosti würmskih vršajev, aktivna še skozi vse holocensko obdobje. Tudi to je morda še dodatno vplivalo na to, da je z oddaljevanjem od obrobja debelina holocenske naplavine tako močno narastla. Videti je namreč, da so potoki pritekajoči iz obrobnega hribovja pa tudi krasa proti Barju sproti paralizirali vpliv tektonike.

uporal Videti je torej, da je prišlo z vsem tem fluvialnim nasipanjem ter vzporedno potekajočim grezanjem Barja postopoma do nastanka tako obsežnega ravninskega sveta, ki je za današnje Barje tako zelo značilno ter da so postajali s tem tudi pogoji za poplave čedalje ugodnejši. Prišlo pa je tudi do čedalje trajnejšega zastajanja poplavne vode. *porastlo z listnatim gozdom.* Ob vsesplošnem poudarjanju vloge tektonike ter nasipanja potokov pri nastanku današnjega ravninskega sveta na Ljubljanskem barju pa še ves čas ni dovolj pojasnjeno vprašanje geneze polžarice, ki so jo imeli vsi raziskovalci Barja za najbolj nesporen jezerski sediment ter je bila deležna tudi sicer številnih raziskav. Prav tako pomembno pa je tudi vprašanje razvoja mahu, s katerim bi se jezerska faza na Barju zaključila.

Če se zaustavimo najprej pri genezi polžarice naj takoj opozorimo na številne študije, ki govore o njeni kemični sestavi, predvsem o močni prevladi apnenca, ki se je izločeval iz vode ter dal tej plasti zelo svojsko, precej svetlo barvo. Nadalje so raziskave teh sedimentov tudi že opozorile na to, da je v njej veliko rastlinskih ostankov pa tudi najrazličnejših polžkov, ki so ji dali tudi značilno ime. To je še posebno podrobno preučeval Rajko Pavlovec ter pri tem ugotovil, da so zastopane v njej vse tiste vrste polžev, ki žive na Barju še danes, vendar pa da je njihova zastopanost nekoliko drugačna, iz česar je sklepal, da so živeli v jezeru (Pavlovec 1967). Prav pomembno pa so prispevala k poznavanju polžarice tudi Melikova opažanja, ki so pokazala, da je po svoji sestavi pa tudi po barvi zelo različna in da so njene lastnosti močno odvisne od njenega odnosa do nasipanja potokov iz obrobja. Pri tem opozarja, da je nastajala ob istočasnem močnem nasipanju potokov, ki nanašajo posebno iz vododržnih kamnin na severnem ter vzhodnem obrobju Barja v kotlino izredno veliko plavja, pa tudi ob nasipanju kraških voda predvsem Ljubljanice pa tudi drugih kraških izvirov, ki posebno ob povodnjih plavijo zelo veliko rjavo-rumenkaste ilovice, preostanka preperelega apnenca. *močnimi otoplitvami po zadnji ledeni dobi. Videti je* Prav na osnovi tako različnega okolja ter ustrezno različnih primesi ter barve sedimentov, v katerih se je odlagal iz vode izločeni apnenec, se

uporablja pri preciziranju lastnosti polžarice oziroma "jezerske krede" cel kup izrazov, kot apnena gyttja, apneno blato, apneni lapor itd.

V zvezi z genezo polžarice pa so videti zelo pomembne tudi ugotovitve Alojzija Šerclja, namreč, da je začela nastajati ob koncu preboreala s prvo močno otoplitvijo, ko se je območje Barja porastlo z listnatim gozdom. Prav v tem obdobju postanejo namreč sedimenti hitro močno karbonatni ter dobijo značaj krede, kar razlaga Šerclj z dejstvom, da se usedejo karbonati iz vode v topli dobi hitreje kot v hladni (Šerclj 1966).

Zanimive pa so videti tudi ugotovitve, da je nastajanje krede na Cerkniškem polju še ves čas v teku in da je močno podobna tisti na Ljubljanskem barju (Tancik 1953/54).

Pri skrbnem pretehtanju vsega, kar smo doslej spoznali o polžarici, lahko ugotovimo, da so bili na osnovi nje napravljeni zaključki o obstoju nekdanjega jezera najbrže vse preveč pod vplivom starejših pogledov. Že na osnovi silne heterogenosti polžarice je mogoče sklepati, da je nastajala v silno raznolikem okolju, ki si ga je le težko predstavljati v območju večjega jezera. Prikazana heterogenost, ki jo je zelo nazorno prikazal Melik, veliko bolj spominja na pogoje, ki se javljajo na kopnem in to še posebno na ravninskem svetu, ki ga prečkajo številne reke ter ustvarjajo s svojim nasipanjem ter zastajanjem vode v nižjih ravninah med njimi, še posebno pestro sestavo odkladnin in končno tudi pogoje za zelo trajno zastajanje vode. Na osnovi ugotovitev na Cerkniškem polju se vsiljuje domneva, da so bili s tem že izpolnjeni hidrografske pogoji za izločanje apnenca ter za nastajanje značilnih krednih plasti. Nobenega dvoma ni, da so bili ob takih razmerah tudi ugodnejši pogoji za bujnejši razcvet rastlinskega kot tudi živalskega sveta (polžev), kot pa so po tolikšnih regulacijah na Barju danes. Prav s takimi minimalnimi zadostnimi pogoji za nastajanje krede na Barju pa lahko posrečeno razložimo tudi presenetljivo sovpadanje med začetkom nastajanja krede ter prvimi močnimi otoplitvami po zadnji ledeni dobi. Videti je, da nam bo postala polžarica pomembnejša kot klimatski indikator, kot pa pokazatelj nekdanje ojezeritve. O upravičenosti teh zaključkov govori

morda še ugotovitev, da zadenemo na kredne plasti v vseh še veliko starejših kvartarnih sedimentih na Ljubljanskem barju, ki jim je bilo mogoče s pomočjo peloda izpričati interglacialno starost (prim. Šercelj 1967).

Po vsem tem je postalo torej še verjetneje, da na območju Barja tekom kasnega glaciala ter holocena ne moremo računati z nekim obsežnejšim jezerom.

Z ugotovitvijo, da so sedimenti na Ljubljanskem barju v glavnem fluvialnega porekla pa ostaja še ves čas nerazčiščeno vprašanje zamočvirjenja ter končnega poraščanja Barja z mahom, ki so ga razlagali doslej kratkomalo z zaraščanjem nekdanjega jezera. Pri tolmačenju teh najmlajših razvojnih faz na Ljubljanskem barju je videti še posebno pomembno, da so bili tu pogoji za poplave pa tudi za trajnejše zastajanje vode skozi vse holocensko obdobje izredno ugodni. K temu je še posebno veliko pripomogla Gradaščica, ki je od vseh voda na Barju najbolj hudourniška ter nanaša izredno veliko plavja, obenem pa se zliva v Ljubljanico prav ob njenem izstopu iz te kotline. Videti je, da je pomenila v vseh obdobjih holocena pregrado oziroma jez, ki se je odpiral in zapiral, odvisno pač od klimatskih pa tudi antropogenih vplivov, ki so vplivali na njeno akumulacijsko aktivnost. Domnevati smemo, da so se z razvojem obsežne holocenske ravnine na Barju pogoji za zastajanje vode še izboljšali in da je prišlo že ob neznatno dvignjenem svetu, ki tako redno spremlja potoke in reke do zelo trajnega zastajanja vode. Zato je povsem upravičena misel, da so lahko tedaj že neznatne spremembe v nasipanju rek zmotile obstoječe ravnovesje ter povzročile zelo dolgotrajno zastajanje vode.

Ob takih razmerah, ki so vladale na Barju tudi v času njegovega zamočvirjenja, so videti še posebno zanimive ugotovitve Alojzija Šercelja, da je prišlo prav tedaj do velikih sprememb v sestavi gozdov in kar je še pomembnejše, da je povzročil te spremembe človek z obsežnim krčenjem. Prav pod njegovim vplivom bi se tedanja prevlada bukve močno zmanjšala in prišlo je do take sestave gozda, ki je zgolj s klimatskimi spremembami ni mogoče zadovoljivo razložiti.

S temi ugotovitvami pa se prav dobro ujemajo tudi ugotovitve arheologov, ki kažejo, da je prišlo prav ob prvih začetkih zaraščanja Barja, pred okrog 3700 leti, do močne poselitve kraških področij Dolenjske in Notranjske pa tudi Gorenjske in še posebej Barja, kot je mogoče sklepati tu na osnovi številnih kulturnih ostankov mostiščarjev (1979). Dognati pa je bilo mogoče tudi že, da je spremljalo po poseljevanje tudi prav močno krčenje gozdov, ki je bilo povezano v glavnem s širjenjem pašnikov ter obdelovalnih površin.

Pri študiju tedanjega morfogenetskega dogajanja na Barju pa smo postali predvsem pozorni na zelo svojsko nasipanje, ki se razlikuje od akumulacij pred tem obdobjem. Predvsem se je pokazala izredna aktivnost Gradaščice pa tudi Ljubljanice medtem, ko so ostali potočki v nasipanju močno zaostajali za njima. Videti je, da je Gradaščica na Barju prav v tej dobi, s svojo peščeno naplavino, zapolnila v würmsko nasutino zajedeno erozijsko korito. Ob Ljubljanici pa pripadajo temu obdobju debele plasti trdinskih ilovic, ki jim sledimo od izvirov Ljubljanice na Vrhniki, kjer se prepletajo tudi z naplavino Podlipščice, proti izvirov Bistre ter Borovniščice pa tudi naprej navzdol ob njej, ob "stari Ljubljanici" ter proti Podpeči. Od tod naprej proti vzhodu pa so sledovi tedanjega nasipanja Ljubljanice slabše proučeni. Samo na osnovi rahle nabreknjenosti tedanjega akumulacijskega površja sklepamo, da jim bo slediti iz območja okrog Podpeči po južni strani Barja proti Podkraju ter ob tedanji naplavini Iške na severovzhod, proti skrajno vzhodnemu koncu Črne vasi. Videti je, kot da prihaja tu to nasipanje zaradi istočasnega nasipanja Gradaščice ter ustreznega zamočvirjenja tega sveta morfološko manj do veljave. Prikazan stržen tedanjega nasipanja Ljubljanice še posebno dobro ilustrira Melikova karta, ki prikazuje izoblikovanost tedanjega površja pod plastmi rjavega blata ter šote (Melik 1946). Ista karta pa zelo nazorno prikazuje tudi plitve depresije, ki so nastale nekako ob strani glavnega nasipanja Ljubljanice. Tu naj še posebej opozorimo na zelo prostrano tako depresijo med Blatno Brezovico ter naseljem Bevke ter drugo vzhodno od nje med Bevkami ter Notranjimi Goricami. Zelo izrazite plitve depresije iz te dobe so tudi na desni strani akumulacijske domene te-

danje Ljubljance med Borovniščico ter Podpečjo, pa tudi severno od Lipe, ki je nastala nekako v zatišju tedanjega nasipanja Ljubljance in Iško na eni ter Gradaščico na drugi strani. Na take depresije pa zadenemo tudi še ob spodnjem toku Ižice ter ob njenih pritokih iz Golovca, predvsem v dolinski zajedi severno od Babne Gorice. Te so nastale nekako ob južnem ter vzhodnem robu tedanjega nasipanja Ljubljance, Gradaščice ter Ižice.

Prikazan položaj teh plitvejših globeli se prav dobro ujema z razmerami, ki jih ugotavljamo ob današnjih rekah ter potokih še danes. Dosledno namreč ugotavljamo, da spremlja struge rek nekoliko višji svet, kjer se odlaga ves debelejši material, ki ga prenaša poplavna voda. Nekoliko stran od njega pa ugotavljamo plitve depresije, ki se zapolnjujejo s finejšim plavjem in so običajno tudi močno vlažne ter bolj ali manj zamočvirjene. Videti je torej, da bo najbrže na podoben način tolmačiti tudi prikazane globeli na Ljubljanskem barju. To je še toliko verjetneje, ker so bili tu zaradi ravninskega sveta pogoji za nastajanje takih kotanj še posebno ugodni.

Pri podrobnem študiju odnosa teh globeli do tedanjega nasipanja rek pa smo postali pozorni še na to, da sežeta depresiji na območju osamelcev med Brezovico ter Bevkami ter druge vzhodneje od nje, med Bevkami ter Notranjimi Goricami še posebno daleč proti hribovitemu obrobju, na severni strani Barja. Tega skoraj ni mogoče tolmačiti drugače, kot da so v dobi tega nasipanja krajši pritoki v nasipanju močno zaostajali za glavnimi rekami ter da prav zaradi tega niso mogli v taki meri zapolniti plitvih depresij.

Nobenega dvoma ni, da se je prav zaradi tako svojskega nasipanja areal poplavnega sveta na Barju močno povečal ter da so nastopili s tem še posebno ugodni pogoji za zastajanje vode. Videti je, da se je prav v tej dobi higrofilno rastje na Barju močno razbohotilo in da izvirajo iz tega obdobja tudi plasti rjavega organogenega blata, ki je nastajal ob tedanjem postopnem zamočvirjenju tega sveta.

Pri razglabljanju o vzrokih tako svojskega nasipanja, nikakor nismo mogli prezreti dejstva, da je prišlo do tega prav v obdobju prvega zelo obsežnega krčenja gozdov. Še posebej pa smo postali pozorni na to, da so v

teji dobi še posebno močno nasipale reke z zelo obsežnim hidrografskim zaledjem, predvsem Ljubljanica, ki zbira vode iz zelo obsežnih predelov Dolenjske ter Notranjske, torej s področij, ki so bila tako kot Barje tedaj že močno poseljena ter je prišlo zaradi krčenja gozdov najbrže tudi do prav močne erozije prsti. Vsiljuje se torej domneva, da je človek s svojimi posegi v ta svet prav močno vplival na akumulacijo ter zamočvirjenje Barja. S postavljenimi domnevo, da se Barje ni razvilo z zamočvirjenjem prvotnega jezera, ampak zaradi zamočvirjenja preje veliko bolj suhega sveta pa se zelo dobro ujemajo tudi zelo številne najdbe lesa v spodnjih plasteh šote. Prav na osnovi teh najdb je namreč že A. Pokorny postavil domnevo, da se je Barje šele v mlajšem času zamočvirilo (Melik 1946).

Domnevati smemo, da je postopno zaraščanje Barja z mahom še povečevalo njegovo zamočvirjenost, saj je bil s tem odtok vode iz Barja čedalje bolj oviran. Mah pa je zaviral tudi transport plavnega materiala po obsežnem barskem površju. Zato se ga je največ odlagalo že takoj ob strugah rek, s čimer se je še povečevala višinska razlika med svetom ob rekah ter dnom depresij, kar vse je še pospeševalo zaraščanje tega površja z mahom.

Prav s človekovimi posegi na Barje pa je prišlo najbrže tudi do najmočnejšega razbohotenja mahu na Barju tekom rimske dobe in v prvih stoletjih po njej. Domnevamo, da je bila za to še posebno odločilna za tedanje čase zelo širokopotezno zasnovana regulacija Ljubljanice, ki pa je bila opravljena izključno samo iz prometnih vidikov in nikakor ne z željo po izsušitvi tedaj že močno zamočvirjenega Barja. Z gradivom, ki so ga skopali iz nanovo skopane struge, so napravili ob strugi obsežne nasipe, ki spremljajo Ljubljanico pa tudi "staro Ljubljanico" še danes ter tudi ob največjih povodnjih ne pridejo pod vodo. Domnevamo, da so ti nasipi močno zavrli odtok vode iz Barja ter s tem pospešili rast mahu. Postavljena domneva je videti še toliko verjetnejša, ker si s fluvialnimi procesi tolikšnega zastajanja vode na Barju, kot ga kaže izredno razbohotenje mahu v tej dobi, nikakor ne moremo zadovoljivo razložiti.

Prav gotovo pa so pripomogla k temu deloma tudi še nekatera druga

dejstva, na katera opozarja že Melik, kot n.pr. zatrpanje struge Ljubljanice z ruševinami nekdanje Emone, pa tudi premajhna skrb za čiščenje struge Ljubljanice na območju mesta tekom srednjega veka (Melik 1946).

tropen. Würzburger Geogr. Arbeiten, zv. 35, Würzburg 1971

Büdel J., 1957, Die "Doppelten Einebnungsflächen" in den feuchten tropen. Zeitschr. f. Geomorphologie, 1, Berlin 1957

Büdel J., 1975, Der Eisrinden-Effekt als motor der exzessiven Talbildungszone. Würzburger geographische Arbeiten, 25, Würzburg 1975

Büdel J., 1977, Klima - Geomorphologie. Berlin-Stuttgart 1977

Grimšičar A., 1954, O montmorillonitnih glinah na Dolenjskem. Geologija, knj. 2, Ljubljana 1954

Grimšičar A., 1967, Vrtini BV-1 in BV-2 na Ljubljanskem barju. Geologija, 10, Ljubljana 1967

Habe F., 1937, Toplinski odnošaji na izviri Ljubljanice. Geografski vestnik XII-XIII., Ljubljana 1937

Kossmat Fr., Überschiebungen im Randgebiete des Laibacher Moores. Comptes-rendus IX Congrès geol. Internat. de Vienne 1903

Krasser E., 1905, Das Laibacher Moor. Laibach 1905

Melik A., 1929, Pliocenako porečje Ljubljanice. Geografski vestnik IV., Ljubljana 1929

Melik A., 1931, Hidrografski in morfološki razvoj na srednjem dolenjskem. Geografski vestnik VII., Ljubljana 1931

Melik A., 1946, Ljubljansko mostiščarsko jezero in dediščina po njem. Dela SAZU, Inštitut za geografijo SAZU 3, Ljubljana 1946

Melik A., Pliocenska Pivka. Geografski vestnik XXIII. Ljubljana 1951

Melik A., 1959, Slovenija II, 3, Posavska Slovenija. Ljubljana 1959

LITERATURA

- Pavlovac R., 1967, Mehkužci iz jezerske krede na Ljubljanskem barju. Geologija 10, Ljubljana 1967
- Bremer H., 1971, Flüsse, Flächen - und Stufenbildung in der feuchten tropen. Würzburger Geogr. Arbeiten, zv. 35, Würzburg 1971
- Büdel J., 1957, Die "Doppelten Einebnungsflächen" in den feuchten tropen. Zeitschr. f. Geomorphologie, 1, Berlin 1957
- Büdel J., 1975, Der Eisrinden-Effekt als motor der exzessiven Talbildungszone. Würzburger geographische Arbeiten, 25, Würzburg 1975
- Büdel J., 1977, Klima - Geomorphologie. Berlin-Stuttgart 1977
- Grimšičar A., 1954, O montmorillonitnih glinah na Dolenjskem. Geologija, knj. 2, Ljubljana 1954
- Grimšičar A., 1967, Vrtini BV-1 in BV-2 na Ljubljanskem barju. Geologija, 10, Ljubljana 1967
- Habe F., 1937, Toplinski odnošaji na izvirih Ljubljanice. Geografski vestnik XII-XIII., Ljubljana 1937
- Kossmat Fr., Überschiebungen im Randgebiete des Laibacher Moores. Comptes-rundus IX Congres geol. internat. de Vienne 1903
- Kramer E., 1905, Das Laibacher Moor. Laibach 1905
- Melik A., 1929, Pliocensko porečje Ljubljanice. Geografski vestnik IV., Ljubljana 1929
- Melik A., 1931, Hidrografski in morfološki razvoj na srednjem dolenskem. Geografski vestnik VII., Ljubljana 1931
- Melik A., 1946, Ljubljansko mostiščarsko jezero in dediščina po njem. Dela SAZU. Inštitut za geografijo SAZU 3, Ljubljana 1946
- Melik A., 1951, Pliocenska Pivka. Geografski vestnik XXIII. Ljubljana 1951
- Melik A., 1959, Slovenija II, 3. Posavska Slovenija. Ljubljana 1959

- Pavlovec R., 1967, Mehkužci iz jezerske krede na Ljubljanskem barju. Geologija 10, Ljubljana 1967
- Petru P., Arheološka obdobja. Zgodovina Slovencev, Ljubljana 1979
- Rakovec I., 1938, K nastanku Ljubljanskega barja. Geografski vestnik XIV, Ljubljana 1938
- Rakovec I., O nastanku in razvoju Ljubljanskega polja. Geografski vestnik XXIV. Ljubljana 1952
- Rakovec I., 1954, Libralces aft. gallicus Azzaroli z viteškega Brda pri Ljubljani. Razprave II SAZU. Ljubljana 1954
- Rakovec I., 1955, Geološka zgodovina ljubljanskih tal. Zgodovina Ljubljane, 1. Ljubljana 1955
- Ravnik D., 1975, Električno sondiranje vzdolž trase avtomobilske ceste prek Ljubljanskega barja. Geologija 18, Ljubljana 1975
- Seidl F., 1912, Širokočelni los (Alces latifrons) v starejši diluvialni naplavini Ljubljanskega Barja 1912
- Šercelj A., 1963, Razvoj würmske in holocenske vegetacije v Sloveniji. Razprave SAZU, VII, Ljubljana 1963
- Šercelj A., 1966, Pelodne analize pleistocenskih in holocenskih sedeimentov Ljubljanskega barja. Razprave SAZU IX. Ljubljana 1966
- Šercelj A., 1967, Razvoj tal južnega dela Ljubljane v luči pelodnih raziskav. Razprave SAZU, 10, Ljubljana 1967
- Šercelj A., 1970, Würmska vegetacija in klima v Sloveniji. Razprave SAZU 13., Ljubljana 1970
- Šifrer M., 1961, Porečje Kamniške Bistrice v pleistocenu. Dela SAZU, Inštitut za geografijo SAZU 6., Ljubljana 1961
- Šifrer M., 1969, Kvartarni razvoj Dobrav na Gorenjskem. Geografski zbornik XI., Ljubljana 1969

- Šifrer M., 1970, Nekateri geomorfološki problemi dolenskega krasa. Naše jame, 11/1969., Ljubljana 1970
- Šifrer M., 1972, Nekateri smeri in pogledi geomorfološkega proučevanja na Slovenskem, Geografski vestnik XLIV (1972), Ljubljana 1972
- Šifrer M., 1977, Poplavna področja v porečju Dravinje. Geografski zbornik XVII, Ljubljana 1978
- Tancik R., 1953/54, Nastanek apnenčastega jezerskega blata na Cerkniskem polju. Proteus XVI. Ljubljana 1953/54
- Žlebni L., 1969, Poročilo o hidroloških razmerah v zahodnem in osrednjem delu Ljubljanskega barja, Ljubljana, Ljubljana 1969 (tipkopolis)
- Žlebni L., 1971, Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja. Geologija 14. Ljubljana 1971









1

2

3

4

5















Dr. Šlebič

Poročilo
o hidrogeoloških razmerah v zahodnem in osrednjem
delu Ljubljanskega barja

Arhiv.Štev.: K-II-30 d/o - 1/110

Opr.Štev.Pov. 100/1-40

Datum: 8.8.1969 *Ljubo Šlebič*

Obdelal: dr. Ljubo Šlebič

Direktor : Slavko Papler, dipl. inž.

V s e b i n a

1. Uvod.....	1
1.1 Splošni podatki	1
1.2 Geografski opis	1
1.3 Cilj preiskav..	2
1.4 Pregled dosedanjih preiskav	3
2. Geomorfološke in hidrološke značilnosti ozemlja ...	4
3. Litološke in tektonske značilnosti ozemlja	7
4. Hidrogeološke značilnosti ozemlja.....	10
5. Zaključek	21
Literatura	29

Grafične priloge

Hidrogeološka karta zahodnega in osrednjega dela Ljubljanskega barja..... priloga..	1
Legenda k hidrogeološkim presekom preko Ljubljanskega barja	" 2
Hidrogeološki presek preko Ligojne in Sinje gorice.....	" 3
Hidrogeološki presek preko Kurje vasi, Bevk in Goričice.....	" 4
Hidrogeološki presek preko Lukovice, Notranjih goric in Kamnika.....	" 5
Hidrogeološki presek preko Bokalca, Lipe in Strahomerja	" 6
Grafični prikaz nihanja podzemne vode na Ljubljanskem barju za čas od 20.1.1968 do 21.7.1969	" 7

Poročilo
o hidrogeoloških razmerah v zahodnem in osrednjem
delu Ljubljanskega barja

1. Uvod

1.1. Splošni podatki

V letih 1967 in 1969 je Geološki zavod Ljubljana, po naročilu Cestnega sklada SRS ter v skladu s pogodbo št. 5539/1-67, z dne 6.11.1967, izvršil geološke in hidrogeološke preiskave na Ljubljanskem barju.

V okviru preiskav je bilo geološko in hidrogeološko kartirano severno, zahodno in južno obrobje barja ter barski osamelci. Kartirano ozemlje obsega okrog 35 km². V letih 1967 in 1968 je bilo izvrtanih v okviru hidrogeoloških preiskav 15 strukturnih vrtin, v letu 1969 pa še 8 strukturnih vrtin. V vrtine so bile vgrajene dvojne piezometriške cevi; plitva piezometerska cev za meritve ter globoka piezometerska cev za meritve gladine zgornjega horizonta podtalne vode ter globoka piezometerska cev za meritve -globlje ležečih horizontov arteške podtalne vode.

Ozemlje je geološko in hidrogeološko kartiral geolog dr. Ljubo Žlebnik na topografsko osnovo merila 1 : 10000. Hidrogeološka karta je bila po podatkih kartiranja izdelana na topografski karti merila 1 : 25,000.

Vrtanje sta na terenu vodila inž.T.Bole in inž.T.Zdouc. Nadzor vrtanja je vršil geotehnik Stane Rajek. Jedra iz vrtin je popisal dr. Ljubo Žlebnik, ki je izdelal tudi geološko in hidrogeološko poročilo.

1.2. Geografski opis

Preiskani del Ljubljanskega barja leži na območju med Vičem, Vrhniko, Borovnico, Podpečjo in Mateno. Skupno ob-

sega okrog 100 km².

Večino preiskanega ozemlja sestavlja zamočvirjena ravnina iz katere se dvigajo kot otoki barski osamelci, med katerimi so nekoliko večji: Sinja Gorica, Blatna Brezovica, Bevke in Kostajnica, Plešivica, Vnanje Gorice in Dočenca. Barsko ravnino seka reka Ljubljanica, ki izvira pri Vrhniku ter dobiva številne pritoke tako z leve kot tudi z desne strani. Z leve pritečejo Podlipščica in Radna pri Brezovici ter številni manjši pritoki, ki se izlivajo v umetno izkopane jarke Zernico, Pekov jarek in Bevški jarek. Med desnimi pritoki sta večja le Borovniščica in Iška, vmes pa se izlivajo v Ljubljanico številni kraški izviri, Širčev potok severno od Goričice, Malnarjev groben pod Preserjem ter izvir Pod hruško, v katerega odteka voda podzemno iz podpeškega jezera.

1.3. Cilj preiskav

Številne sondažne vrtine, ki so bile izvrtane v letih 1967 in 1968 v okviru geomehanskih preiskav za hitro cesto preko barja, so pokazale da so med jezerske in močvirske glinaste plasti vložene prepustne prodne in peščene plasti z arteško podzemno vodo. Prav tako je bila na posameznih mestih ugotovljena arteška podtalna voda tudi v dolomitni in apneni podlagi pod mladimi jezerskimi in rečnimi naplavinami.

V primeru, da bi z umetnimi posegi pri gradnji hitre ceste znižali piezometrično gladino arteških vodnih horizontov, bi se mlade jezerske plasti zaradi zmanjšane vzgona dodatno posedle na širšem območju. To bi lahko povzročilo deformacije na raznih objektih, ki so postavljeni na barju.

nasipih, cestah itd. V ta namen so bile izvršene hidrogeološke preiskave, da bi ugotovili razprostranjenost arteških vodnih horizontov, njihovo debelino ter piezometrično gladino.

1.4. Pregled dosedanjih preiskav

Ljubljansko barje je bilo doslej že dokaj raziskano predvsem v zvezi z gradnjo železniške proge ter v zvezi s projekti osuševanja barja. Že leta 1880 je dal izvrtati Podhagsky v okviru programa osuševanja barja 749 plitvih vrtin. Z vrtinami so prevrtali le vrhno šotno plast, polžarice pa niso z nobeno vrtino prebili. Prve podatke o sestavi globlje ležečih barjanskih plasti so dale vrtine, ki so bile izvrtane pri gradnji železnice v letih 1850 in 1855 ter 1856 med Notranjimi Goricami in Žalostno goro. Izvrtano je bilo 14 vrtin, najgloblja je segla 51,8 m globoko, vendar ni dosegla skolne podlage. Ugotovili so, da je šotna plast debela 1,9 m do 2,8 m pod njo pa je židka glina (polžarica). Še več podatkov o terenskih in laboratorijskih preiskavah barja je 1.1905 zbral Kramer.

Leta 1936 so izvrtali nekaj vrtin na obeh bregovih Ljubljanice v bližini izliva Iščice, da bi ugotovili pogoje temeljenja mostu za avtocesto Ljubljana-Sušak. Nekaj vrtin so izvrtali tedaj tudi v bližini kanala Cornovec in Lohovega grabna.

V letih 1957 do 1959 je podjetje Projekt nizke zgradbe izvrtalo 700 plitvih vrtin globine 2 - 4 m. Raziskave so bile izvršene v okviru projekta melioracije in ureditve barja ter so imele namen ugotoviti le geološko sestavo tal in razmejiti organska in rudninska tla.

Leta 1953 so izvrtali nekaj ročnih vrtin na mestu novega skladišča lesne industrije pri Podpečih pri Čemer so ugotovili, da je polžarica debela največ 17,5 m.

Leta 1959 je bila na območju med Notranjimi Goricami in Podpečjo izvrtana vrtina BV_1 , ki je zadela na dolomitno podlago barskih sedimentov v globini 105 m. Leta 1962 je bila pri Črni vasi izvrtana vrtina BV_2 , ki je dosegla dolomitno podlago v globini 116,8 m. V globini 22 m do 32 m so zadeli na prodno plast z arteško podtelno vodo.

Raziskovalne vrtine, ki so bile leta 1963 izvrtane ob bregovih Ljubljanice so pokazale, da je polžarica najdebelejša v bližini Podpeči, medtem ko je tako v smeri proti Vrhniki, kot proti Ljubljani vedno tanjša.

Leta 1962 je Geološki zavod Ljubljana izvršil geofizikalne preiskave v vzhodnem delu barja, da bi ugotovili globino podlage mlajših naplavin. Preiskano je bilo 35 km^2 ozemlja. Ugotovljeno je bilo, da je podlaga vzhodno od Veličičice in Iščice okrog 60 m globoko, medtem ko je zahodno od tod globlje kot 100 m.

Leta 1967 je Geološki zavod Ljubljana izvršil geofizikalne preiskave severnega dela barja na območju med Vičem in Vrhniko. Preiskave so bile izvršene v okviru projekta hitre ceste Ljubljana-Vrhnika. Pokazale so, da je podlaga mladih jezerskih in rečnih naplavin najgloblja na območju med Brezovico in Dolgim mostom, kjer leži več kot 100 m globoko.

2. Geomorfološke in hidrološke značilnosti ozemlja

Preiskani del barja, tj. njegov zahodni in osrednji del ima obliko pravokotne kotline s skoraj povsem ravnim dnom. Kotlina je široka povprečno 5 do 7 km. Iz ravnine se dvigajo kot otoki barski osamelci, zgrajeni iz dolomita in

permokarbonskih ter delno triadnih skrilavcev.

Iz topografske karte 1: 25000 ter iz podatkov podrobnejših geodetskih meritev je razvidno, da je barje skoraj povsem ravno, ter nima nobenega padca v smeri toka Ljubljanice. Nasprotno opazimo, da se barje v smeri njenega toka celo rahlo dvigne. Na območju med Brezovico, Notranjimi Goricami in izlivom Iške v Ljubljanico je površina barja povečini višje kot 290 m, medtem ko je zahodno od tod ležeči del barja med Blatno Brezovico in Notranjimi Goricami povečini nižji od 290 m. Najnižji deli barja so na koti 287,5 m.

Tudi južni del barja na desnem bregu Ljubljanice je nizek in popolnoma raven. Površina je povečini nižja od 290 m. Severni del barja, severno od opuščene proge Ljubljana-Vrhnika se rahlo dviga, površje je povečini višje od 290 m.

Omenjeni topografski podatki nam pojasnjujejo, zakaj je o-zemlje zamočvirjeno; površinske vode, padavine in s severa ter juga pritekajoči pritoki Ljubljanice namreč nimajo skoraj nobenega padca, zato je odtok vode izredno počasen. Razen tega je zaradi neprepustnih glinastih in meljnih plasti, ki prekrivajo barje pronicanje vode v globino nez-natno, ter se po deževjih voda izredno dolgo zadržuje na površini.

Za odvajanje površinskih voda so bili na barju izkopani številni kanali in jarki, vendar dokončna melioracija barja še ni bila izvršena, ker bi bila zato potrebna velika sredstva. Zamočvirjenost barja se je ponekod zaradi pomanjkljivega vzdrževanja kanalov in jarkov celo povečala. K temu je pripomoglo tudi stalno posedanje barjanskega površja, kajti po podatkih Tancika (1965) so se v letih 1838 do 1958 barjanska tla posedla za 1 do 2 m. Le ob Ljubljanici so se tla zaradi naplavljenja reke nekoliko dvignila.

Kot smo omenili že v geografskem opisu je glavni vodotok na preiskanem ozemlju Ljubljanica. Ta izvira v številnih, izviri na Vrhniki približno na koti 290,5 m. Od izvirov do vodomera pri mostu na Vrhniki ima pri srednjem vodostaju približno 3 m padca. Od tod do vodomera pri bolnici v Ljubljani pa na dolžini okrog 26 km le 4 m padca. Razumljivo je, da je njen tok zaradi tega izredno počasen, pri večjih deževjih pa pogostno prestopi bregove. Izredno majhen ^{padec} je izoblikoval zaradi kotanjaste oblike barja, ki je upognjeno proti sredini, ter verjetno tudi zaradi mladih tektonskih dviganj na območju med Rožnikom, Gradom in Golovcem. Po podatkih, ki jih navaja Rakovec (1955) je dno struge Ljubljanice pri vodomeru na Vrhniki na koti 285,3 m pri izlivu Iščice 280,7 m, medtem ko je na Špici, pri odcepu Gruberjevega kanala skoraj 4 m višje, na koti 284,2 m. Iz tega se sklepa, da se je barje pogrezalo še v najmlajši dobi. Ljubljanica ima izrazit pluvialni režim z največjimi pretoki v novembru, marcu in maju ter najnižjimi v avgustu. Po F. Jenku je najvišji pretok na Vrhniki 130 m³/sek, srednji pretok pa okrog 28 m³/sek. Zaradi kraškega zaledja največjih izvirov ter pritokov visokovodni valovi nekoliko kasnije za deževji. Po večjih deževjih, ko voda poplavi kraška polja v zaledju Ljubljanice se trajanje visokih voda močno podaljša, kajti zaradi omejene zmogljivosti kraških kanalov akumulirana voda le počasi odteka proti kraškemu izvirom pri Vrhniki.

Ljubljanica dobiva največje pritoke z desne strani; Ljubljanica, Bistro, Borovniščica, Širčev potok, Malnarjev potok, izvir Pod hruško ter Iško. Z izjemo Borovniščice in Iške se vsi pritoki napajajo iz močnih, kraških izvirov, ki

imejo podoben režim kot izviri Ljubljanice.

Z leve strani pritečeta v Ljubljanico močno kraške izvira Hribske vode in Primčev studenec. Med večje pritoke uvrščamo še Podlipščico ter Radno, medtem ko umetno izkopani jarki Zernica, Pekov jarek in Bevški jarek zbirajo vodo manjših pritokov iz severnega obrobja barja.

3. Litološke in tektonske značilnosti ozemlja

3.1. Ljubljansko barje je tektonska enota zase ter pripada

— posavskim gubam v širšem smislu in na jugu krimskemu hribovju, ki ga prištevamo že Dinaridom. Meja med obema enotama je prekrita z mladimi barjanskimi sedimenti, verjetno pa poteka po sredini barja preko Sinje gorice, Blatne Brezovice, južnega roba Flešivice in Dočence.

Po Rakovcu je barska kotlina sestavljena iz dveh z različno globoko pogreznjenih grud, ki sta obdani s prelomi. Pleničar in Buser pa menita, da na južnem robu barja ni prelomov ter da je barska kotlina nastala s spuščanjem, ki ni vezano na prelome.

3.2. Zahodno obrobje barja med Vrhniko in Borovnico pripada vrhniško cerkniški grudi. Sestavljajo jo kredni in jurski apnenci in dolomiti ter delno zgornjetriadni dolomiti in skrilavci. Plasti so usmerjene od severozahoda proti jugovzhodu (dinarska smer) prav tako pa tudi večina prelomov. Za hidrogeologijo so pomembni tudi pravokotno na dinarsko smer potekajoči prelomi, kajti podzemno pretakanje kraških voda se vrši vzdolž dinarsko in prečno dinarsko potekajočih prelomov in zdrobljenih con.

V podlipski dolini so na vrhniško cerkniško grudo narinjeni poljansko vrhniški nizi, ob borovniškem prelomu pa meji na

vrhniško cerkniško grudo krimsko mokriško hribovje.

3.3. Poljansko vrhniški nizi obsegajo severno obrobje barja med Ligojno in Jordanovim kotom. Sestojajo iz več stisnjenih in prevrženih antiklinal in sinklinal, ki potekajo v smeri vzhod zahod. Sestavljajo jih triadnih apnenca, dolomiti ter skrilavci in tufiti. Na vzhodu meje poljansko vrhniški nizi na škofjeloško polhograjsko ozemlje, ki zavzema obrobje barja med Jordanovim kotom in Brezovica. Sestavljajo ga permokarbonski in spodnjetriadni skrilavci ter delno dolomiti. Ti so proti zahodu narinjeni na poljansko vrhniško nize, proti jugu pa v barskih osamelcih na krimsko mokriško hribovje.

3.4. Južni rob barja pripada krimsko mokriškemu hribovju, ki meji na zahodu ob borovniškem prelomu na vrhniško cerkniško grudo. Ob borovniškem prelomu se pokažejo na površini neprepustni triadni skrilavci, ki usmerjajo odtok kraških podzemnih voda iz Cerkniškega in Planinskega polja proti Vrhniku, prav tako pa preprečujejo odtekanje podzemnih voda iz krimskega hribovja in Rokitniške planote proti zahodu.

Krimsko mokriško hribovje sestavljajo zgornjetriadni in jurski apnenca ter dolomiti. Hribovje je prerezano s številnimi dinarsko usmerjenimi prelomi na več grad, ki so ob prelomih stopničasto dvignjene.

3.5. Barska kotlina je povečini zopolnjena s holocenskimi in pleistocenskimi jezerskimi, močvirskimi in rečnimi naplavinami, ki prekrivajo skalno osnovo. Ta je sestavljena po podatkih vrtin v zahodnem in južnem delu iz triadnega in jurskega dolomita ter apnenca. V severnem delu, vzhodno od Drenovega griča in Bevk pa sestavljajo podlago delno

triadni dolomiti in apnenci, povečini pa triadni in permokarbonski skrilavci in peščenjaki. Podlaga barja se kaže tudi v barskih osamelcih.

Tektonske črte, ki so bile ugotovljene na obrobju barja se nadaljujejo tudi pod mlajšimi barskimi naplavinami preko barskih osamelcev. Iz severnega obrobja se nadaljuje preko Beyk, Kostajnice, Plešivice in Dočene nariv permokarbonskih skrilavcev, ki pripadajo škofjeloško polhograjski tektonski enoti, na dolomit krimskega hribovja. Borovniški prelom se nadaljuje pod barjanskimi plastmi proti Ligojni.

Geoelektrične preiskave ter vrtine, ki so bile izvrtane v okviru raziskav za hitro ceste so nam dale dokaj točne podatke o globini skalne osnove v severnem in osrednjem delu barja. Skoraj neraziskan je južni del barja. Podatki preiskav kažejo, da je skalna osnova izredno valovita ter razrezana. Opaziti je, da se nadaljujejo doline potokov iz severnega obrobja barja pod barske naplavine.

Naplavine, ki zapolnjujejo barjansko kotlino sestojijo po podatkih vrtanja in kartiranja na površini delno iz šote, šotnega blata in jezerskega melja (polžarice) delno pa iz rjave peščene glinice in peščenega melja, ki sta se odlagala med občasnimi poplavamimi. Iz hidrogeološke karte je razvidno, da sestavljata šota in polžarica večino preiskanega ozemlja. Poplavni peščeni glinasti sedimenti prekrivajo zahodni del barja med Verdom, Vrhniko in Ligojno ter ozemlje vzhodno od Dragomerja in osamelca Plešivice. Na severnem obrobju barske kotline so nastali ob prehodu pritokov Ljubljanice iz hribovja v ravnino precej obsežni vršaji, sestavljeni iz peščene glinice, glinastega

melja z gruščem ter meljastega grušča.

Pod vrhnjimi šotnimi, meljnimi in glinastimi plastmi leže v pretežnem delu barja lahkognetne jezerske gline in glinasti melji ter bolj trdne peščene gline, ki so se usedale pri občasnih poplavih barja. Med te plasti so vložene močvirske organske gline in šota, pa tudi pesek in peščen prod. Peščeni prodni vložki so pogostni posebno na območju med Verdom in vrhniško opekarno. Iz sestave prodnikov sklepamo da je te plasti odložila Podlipščica ter deho tudi hudournik Bela nad Vrhniko. Podatki nekaterih vrtin kažejo, da leže jezerske glinaste plasti neposredno na kraški glini, pod njo je dolomit ali apnenec.

Na območju vzhodno od Dragomerja, Plešivice in Tomičlje je sestava plasti pod vrhno plastjo šote in gline nekoliko drugačna, kot na ostalem delu barja. Močni pritoki s severa (Radna, Mali Graben) ter juga (Iška) so odlagali v barski kotlini obsežne vršaje, zato to prevladujejo peščeno prodne plasti, med katere so vložene le tenke plasti jezerskih glin. V vrtini G₃ ter v vrtinah pri Dolgem mostu nastopa v globini pod 30 m celo savski apnen prod.

4. Hidrogeološke značilnosti ozemlja

4.1. Barska kotlina pripada povodju Ljubljanice. Na severu poteka razvodnica proti Gradaščici le 1 do 2 km od roba barja po grebenih Debelega hriba, Leškega hriba in Kremnika. Proti zahodu in jugu razvodnica ni povsem zanesljivo znana, ker poteka po močno skrselem ozemlju. Padavinsko zaledje močnih kraških izvirov pri Vrhniki, Primčev studenec, Hribske vode, Nočilnik, Retovja, Ljubija, Bistra ter kraških izvirov na vznožju Krimskega hri-

bovja, sega do povirja Hotenjke, Logaščice, Pivke, Cerkljanskega jezera in Rakitniške planote. Celotno padavinsko zaledje kraških izvirov na zahodnem in južnem obrobju barja obsega okrog 1300 km² ozemlja. S tega ozemlja odteka v omenjene izvire po približnih podatkih ob visokih vodah največ 200 m³/s ob nizkih pa okrog 4,4 m³/s vode.

Na severnem obrobju barja brez Gradaščice je zaradi sorazmerno majhnega padavinskega zaledja dotok površinske vode in podtalne vode (v izvirih) veliko manjši. Pri visokem vodostaju doteka s tega območja skupno okrog 50 m³/s pri nizkem pa okrog 0,2 m³/s vode.

- 4.2 Podatki geoelektričnih preiskav in vrtin kažejo, da je skalna podlaga barja močno valovita in razrezana v številne kotanje in globeli. V zahodnem delu barja je okrog 60 m globoka kotanja nad osamelcema Sinja gorica ter Blatno Brezovico in Vrhniko. Skalno podlago sestavlja povečini dolomit, ki je prepusten ter je v njem akumulirana podtalna voda, kar kažejo številne vrtine z arteško vodo.

Druga plitvejša in močno razrezana kotanja (globina 20 do 50 m) je na območju med Sinjo gorico in Blatno Brezovico ter Bavkami, Kostajnica in Drenovim gričem. Dne kotanje sestavlja povečini dolomit, ki je prepusten in vodenosen, kot so pokazale vrtine, ki so bile izvrtane pri Drenovem griču in ob cesti med Blatno Brezovico in Bavkami.

Manjša, toda zelo globoka (90 m) kotanja je bila ugotovljena z geofizikalnimi preiskavami na območju med opuščeno železniško progo pri vasi Log in Kostajnico. Dne kotanje sestavljajo neprepustni permokarbonski glinasti šrilavci in peščenjaki.

Obsežna podolgovata in globoko zarezana global (80 do 90 m) se razprostira vzdolž Bevškega jarka, med osamelci Bevke in Kostajnica ter osamelci Bljše in Medvedica. Global se v smeri proti jugu razširi in poglobi. Dno globali je sestavljeno delno iz prepustnega dolomita, delno pa iz neprepustnih permokarbonskih glinastih skrilavcev in peščenjakov. Na tem območju ni globokih vrtin, zato ni znano, če dolomit vsebuje podtalno vodo.

Izredno globoka podolgovata global je bila ugotovljena s geoelektričnimi preiskavami severno od osamelcev Plešivice in Vnanje gorice ter južno od ceste Ljubljana - Vrhnika. Najgloblji deli globali leže 100 m do 200 m globoko pod površino.

Plitvejša, do 70 m globoka kotenja je med Plešivico in Vnanjimi goricami. Dno obeh globali sestavlja delno neprepustni permokarbonski glinast skrilavec in peščenjak, delno pa prepustni dolomit. Na tako sestavo skalne osnove sklepamo iz geološke in tektonske zgradbe obeh osamelcev.

Najgloblji deli skalne podlage barja so bili ugotovljeni južno od Kozarij, v bližini vrtin V_{11} in G_3 . To je po podatkih geoelektričnih preiskav skalna podlaga celo do 280 m globoko pod površino. Sestavljajo jo neprepustni permokarbonski glinasti skrilavci in peščenjaki.

Južni del barja je še zelo malo preiskan, je pa po podatkih, ki so na razpolago povečini globlji, kot severni del. Vrtina BV_1 južno od Notranjih goric je zadela na dolomitno podlago v globini 105 m, vrtina BV_2 pri Črni vasi pa v globini 116,8 m. Geoelektrične preiskave, ki so bile izvršene leta 1962 so pokazale, da je v vzhodnem delu podlaga najgloblje zahodno od Iščice ter severno od Matene in Iške Loke. To je podlaga približno 140 m globoko

pod površino. Severno od vrtine BV_2 v smeri proti Ljubljani je druga globel, kjer je podlaga več kot 200 m globoko.

Na osnovi podatkov obeh omenjenih vrtin BV_1 in BV_2 ter podatkov o geološki sestavi obroboja sklepamo, da je v južnem delu barja skalna podlaga sestavljena iz prepustnega dolomita in apnenca. V prepustnem dolomitu in apnencu so verjetno akumulirane velike količine podtalne vode kar pa bo mogoče zanesljiveje ugotoviti z nadaljnimi preiskavami, predvsem globokimi vrtinami.

4.3. V zahodnem delu barja približno do črte vrtina B_{74} , Bevka, vrtina G_{10} in Goričica je po podatkih vrtin več vodonosnih peščenih in peščeno prodnih plasti, ki so vložene med neprepustne ali slabo prepustne gline, meljne gline in melje. Iz hidrogeoloških presekov A - A' in B - B' je razvidno, da je število teh plasti 3 do 7. Nekatere plasti se lečasto izklinjajo ter so zaprte z neprepustnimi plastmi, povečini pa se razprostirajo sklenjeno na večjem območju ter so v neposredni zvezi s prepustnimi apnenci in dolomiti na obroboju barja. Debelina plasti niha od 1 do preko 10 m. Najobsežnejšo in najizdatnejšo vodonosno plast pa sestavljajo prepustni dolomiti in apnenci v podlagi barjanskih mladih naplavin. Vodonosne peščene in peščeno prodne plasti, kot tudi dolomitna in apnena podlaga so na površini prekrita s 5 do 25 m debelo plastjo neprepustnih in malo prepustnih glin, meljnih glin in meljev.

Podtalna voda v vodonosnih plasteh se napaja iz podtalne vode v dolomitih in apnencih na obroboju barja. Ta se preliva v številnih izvirih na stiku apnenca in dolomita z neprepustnimi barjanskimi glinami in melji. Piezometrična gladina horizontov podtalne vode v peščenih in peščenih

prodnih plasteh, kot tudi v dolomitni in apneni podlogi je zato enaka gladini prelivnih izvirov. Kot kažejo podatki meritev je gladina teh vodnih horizontov nad 290,5 m in 292,5 m pri srednjem vodostaju, torej na enaki višini kot izviri na obrobju barja. Iz tega sledi, da so horizonti podtalne vode v peščenih in prodnih plasteh, ki so vložene med gline, pod pritiskom, prav tako je pod pritiskom tudi podtalna voda v dolomitni in apneni podlogi. Na mestih, kjer je barjansko površje nižje od kote 290,5 m so ti horizonti podtalne vode arteški, podtalna voda sama izteka iz vrtin, ki so izvrtane do teh vodonosnih plasti. Podatki vrtin kažejo, da so arteški vodni horizonti na območju med vrhniško opekarno ter severno do Podlipščice na območju sotočja Ljubije in Ljubljanice, severno do osamelca Sinja gorica do Drenovega griča in Kurje vasi, na območju med osamelcema Blatna Brezovica in Bevke ter verjetno na celotnem območju med Bistrom, Borovnico in Goričico, kar pa bo mogoče točneje in zanesljiveje ugotoviti z vrtinami.

Iz obstoječih podatkov opazovanj gladine podtalne vode arteških vodnih horizontov ni mogoče sklepati če se, in v katero smer se pretaka podtalna voda v teh horizontih. Verjetno se preceja le navzgor skozi razpoke ali pa bolj prepustne cone ter napaja zgornji horizont podtalne vode. Gladina vrhnjega horizonta podtalne vode je plitvo pod površino, povečini manj kot 1 m pod površino. Vrhnji horizont podtalne vode se nahaja v malo prepustnih šoti, peščeni glini in polžarici, ki zaradi subkapilarne poroznosti onemogoča gravitacijsko gibanje podtalne vode ter pronicanje v globino, zato padavinska voda zastaja na površini.

Prepustnost in izdatnost peščenih in peščenih prodnih plasti, kot tudi dolomitne in apnene skalne podlage nista bili posebej podrobno preiskani. Iz podatkov laboratorijskih preiskav prepustnosti je razvidno, da je koeficient prepustnosti k peska z meljem $1,5 \cdot 10^{-5}$ do $5 \cdot 10^{-5}$ cm/s, medtem ko peščen prod ni bil posebej preiskan, prav tako tudi ne dolomit. Približno smo izračunali koeficient prepustnosti k za peščen prod in dolomit iz meritev piezometrične gladine arteških vodnih horizontov ter meritev iztekajoče vode pri znižanju gladine do višine terena. Pri izračunu smo uporabili Dupuitovo enačbo za vodni horizont pod pritiskom

$$Q = \frac{2,3 \cdot k \cdot M \cdot s}{\log R - \log r}$$

M = debelina vodonošne plasti

s = depresija

R = polmer vpliva črpalne vrtine (100 m)

r = polmer vrtine

Za peščen prod iz vrtin V₃, in B₉₁ (v bližini Sinje gorice) je vrednost koeficienta k po tej enačbi $1,5 \cdot 10^{-3}$ do $9 \cdot 10^{-3}$ cm/s. Za dolomit iz vrtin B₅₈ in G₂₀ je vrednost koeficienta k $2,5 \cdot 10^{-3}$ do $4 \cdot 10^{-2}$ cm/s. Pri tem je treba upoštevati, da je bila preiskana samo vrhnja, preperelelata cona dolomita neposredno pod barjanskimi plastmi. Globlje ležeči deli dolomita so verjetno znatno manj prepustni. Podatki preiskav vodoprepustnosti na Planinskem polju, Krškem in Idriji kažejo, da je vrednost koeficienta k $1,5 \cdot 10^{-4}$ do $3 \cdot 10^{-5}$ cm/s.

4.4 V severnem delu barja, na območju med barjanskimi osmelci, Kostajnico, Flešivico in Vnanjimi goricami ter severnim

obrobjembarja in na območju vršaja Gradaščice so bile z vrtinami ugotovljene številne vodonosne plasti. Sestavlja jih delno gradaški prod s primesjo peska in melja, delno pa hudourniške gruščne naplavine potokov iz hribovja na severnem obrobju barja. Prevladuje grušč in prod kremenovega peščenjaka z močno primesjo melja in peska. Redkeje nastopajo plasti peska in meljastega peska. Podatki vrtin kažejo, da se vodonosne prodno peščene in gruščne plasti v smeri od opuščene železniške proge proti barjanski m osamelcem tanjšajo ter izklinjajo. Iz tega sklepamo, da so te plasti stari, z barjanskimi glinastimi sedimenti prekriti vršaji potokov in hudournikov iz obrobja. Nekoliko drugačne so razmere na območju vršaja Gradaščice, kjer vodonosne plasti gradaškega proda segajo proti jugu vsaj do Ljubljani. V vrtini G_{12} ob izlivu Iške v Ljubljano je bil namreč pod jezersko glino ugotovljen poleg dolomitnega in apnenega proda Iške tudi gradaški prod (zelen in rdeč peščenjak)

Na obrobju barja, vzdolž opuščene železniške proge nastopa vrhnja vodonosna prodna peščena in gruščna plast že globini 1 m do 4 m pod površino, le redko 7 m do 9 m pod površino. Le pri Logu je bila ugotovljena prva vodonosna peščena plast šele v globini 10 m do 12 m pod površino. Vrhnja vodonosna plast je prekrita z 1 m do največ 12 m debelo plastjo neprepustne glin, melja in delno tudi šote. Podtalna voda je v tej plasti pod pritiskom, njena gladina pa je nižja od površine terena, zato iz vrtin ne izteka na površino.

V smeri proti jugu proti barjanskim osamelcem vrhnja vodonosna plast tone v vedno večji globino pod neprepustne glinaste plasti in se nato izklini.

Pod vrhno vodonosno plastjo nastopajo še številne prodne, peščene in gruščne plasti, ki so med seboj ločene z neprepustnimi plastmi gline, melja in meljne gline. Prodne, peščene in gruščne plasti so debele 1 m - 10 m. Podtalna voda v teh plasteh je pod pritiskom. Na posameznih, niže ležečih območjih barja voda izteka iz vrtin, ker je piezometrična gladina globlje ležečih vodnih horizontov višja kot višina terena. Območja z arteško vodo so bila ugotovljena med Logom in Dragomerom ter pri Brezovici v okolici vrtine B₁₂₈.

Predel nad osamelcema Plešivico in Vnanjo gorico ter opuščeno progo hidrogeološko ni bil preiskan, zato je možno, da so tudi na tem območju v večji globini prepustne prodne in peščene plasti z arteško podtalno vodo.

Prav tako ni bil preiskan vršaj Gradaščice v smeri proti kanalu Cornovcu in še dalje proti Ljubljani. Po podatkih vrtin G₈ in V₁₁ so na tem območju vodonosne prodne peščene plasti izredno debele, od 2 m do preko 20 m. Kot sklepamo iz razpoložljivih podatkov se te vodonosne plasti nadaljujejo pod neprepustnimi barjanskimi glinami vse do Ljubljane. Vodonosne plasti so med seboj ločene povečini le s tankimi (1 m do največ 10 m) plastmi neprepustne gline. Podtalna voda v teh plasteh je pod pritiskom, vendar je njena piezometrična gladina vsaj na območju med železniško progo Ljubljana - Borovnica in kanalom Cornovcem pod površino terena. Na območju med Cornovcem in Ljubljano verjetno nastopajo arteški vodni horizonti, vendar tega brez raziskav ni mogoče zanesljivo trditi.

Skalna osnova pod mladimi jezerskimi, glinastimi in hournišskimi prodno gruščnimi naplavinami je sestavljena na omenjenem območju barja iz neprepustnih permokarbonskih glinastih skrilavcev in peščenjakov. Iz sestave skalne podlage sklepamo, da ne vsebuje podtalne vode.

Podtalna voda v vodonosnih prodnih, peščenih in gruščnih plasteh se napaja posredno iz površinskih vodotokov, ki delno pronicajo v prepustne aluvialne gruščne in prodne naplavine, s katerimi so prekrite doline potokov. Te naplavine ob prehodu, v barjansko kotlino niso prekinjene, ampak se razprostirajo naprej proti jugu, pri tem pa tonejo v vedno večjo globino pod neprepustne barjanske glinaste in meljne plasti.

Piezometrična gladina horizontov podtalne vode, ki se nahajajo med neprepustnimi barjanskimi glinastimi in meljnimi plastmi je enaka gladini potokov, oziroma gladini podtalne vode v aluvijalnih prodnih plasteh na robu barja, na stiku z neprepustnimi barjanskimi glinami. Iz meritev piezometrične gladine podtalne vode v teh horizontih sklepamo, da je stik neprepustnih glin in aluvialnih prodnih naplavin na robu barja na višini 293 do 298 m. Piezometrična gladina teh vodnih horizontov je povečini precej višja od površja barja (292 do 294) na tem območju, zato je verjetno, da nahajamo arteško podtalno vodo na mnogo širšem območju kot je bila ugotovljena z dosedanjimi preiskavami. Vodonosne prodne in gruščne plasti se v smeri proti osamelcem tanjšajo in izklinjajo, zato ni pričakovati arteške vode na območjih, kjer so se te plasti že izklinile. Verjetno pa vsebujejo arteško vodo gruščne plasti, ki leže neposredno na permokarbonskih skrilavcih ter se -

gajo od severnega obrobja barja pod barjanskimi plastmi do osamelcev.

Prepustnost in izdatnost vodonosnih prodnih gruščnih in peščenih plasti ni bila posebej preiskana. Iz podobnosti s prodnimi in gruščnimi vodonosnimi plastmi v zahodnem delu barja sklepamo, da koeficient prepustnosti k ne presega vrednosti $9 \cdot 10^{-3}$ cm/s. Peščeno prodne plasti v podaljšku vršaja Gradaščice so znatno bolj prepustne ter je vrednost koeficienta k okrog $5 \cdot 10^{-2}$ cm/s.

4.5 V južnem delu barja je bilo delno preiskano le območje vzdolž spodnjega toka Iške, kjer je bila izvrtana vrtina G_{12} , približno 2,5 km vzhodno od te vrtine pa leta 1962 vrtina BV_2 . V obeh vrtinah so bile ugotovljene pod 17 do 20 m debelo plastjo polžarice številne prodno peščene plasti z arteško vodo. V vrtini BV_2 so bile ugotovljene 4 plasti peščenega proda debele 2 m do 13 m. Arteška voda je bila ugotovljena le v prvi vodonosni plasti od 20,2 m do 33,2 m, medtem ko globlje ležeče prodno peščene plasti niso bile ^{posebej} preiskane.

Vrtina G_{12} je bila izvrtana le do globine 34 m ter ni prebila niti prve vodonosne prodno peščene plasti, ki se začne v globini 17 m. V tej plasti je bila ugotovljena arteška podtalna voda.

Podatki obeh vrtin, kot tudi podatki površinskih opazovanj kažejo, da so vodonosne prodne peščene plasti v obeh vrtinah podaljšek vršaja Iške in delno Gradaščice, ter se napajajo iz podtalne vode vršaja Iške. Iz hidrogeološkega preseka D- D' je razvidno, da se prodni peščeni vršaj zvezno nadaljuje pod neprepustno barjansko polžarico v smeri proti Ljubljani. Pri tem tone v smeri proti severu v vedno večjo globino, prekrivajo pa ga neprepustne barjanske glinaste in meljaste plasti.

Piezometrična gladina horizonta podtalne vode pod pritiskom je v vrtini G_{12} na koti 290,8 m (srednji vodostaj) kar odgovarja gladini izvirov podtalne vode, ki prebijajo tenko plast polžarice na barju vzhodno od Tomišlja. Iz tega sklepamo, da je stik nad prodnimi neprevinami iškega vršaja ter neprepustno polžarico na koti, ki je enaka piezometrični gladini arteškega vodnega horizonta v vrtini G_{12} ter nekoliko višja od gladine izvirov pri Tomišlju.

Ozemlje vzdolž spodnjega toka Iške se znižuje v smeri od Tomišlja in Bresta proti Ljubljani od kote 295 m do kote 289 m in celo 288 m. Ker je piezometrična gladina horizonta podtalne vode pod pritiskom na koti 290,8 m, voda sama izteka na površje na mestih kjer je površina barja nižja od te kote, seveda če prebijemo neprepustno glinasto plast, ki prekriva vodonosno prodno peščeno plast.

Iz obstoječih pomanjkljivih podatkov opazovanj gladine arteških vodnih horizontov ni mogoče sklepati v katero smer se pretaka podtalna voda. Po vsej verjetnosti je tok podtalne vode ^{usmerjen} proti izvrom na barju severno od Tomišlja, Bresta in Matene ter verjetno še dalje v smeri proti Ljubljani. Poleg gibanja podtalne vode v vodoravni smeri je verjetno zelo izrazito tudi pretakanje v navpični smeri skozi razpoke in bolj prepustne cone v barjanskih glinah do površine. Tu se izliva ^v vrhni horizont podtalne vode ali pa v površinsko tekoče vode bodisi razpršeno v številnih manj izrazitih in neopaznih izvrih ali pa v velikih kotlastih izvrih, ki smo jih že omenili.

Prepustnost in izdatnost prodnih peščenih plasti nista bili posebej podrobno preiskani. Približno smo izračunali

koeficient prepustnosti k za prodne peščene naplavine Iške iz meritev piezometrične gladine arteškega vodnega horizonta v vrtini G_{12} ter meritev iztekajoče vode pri znižanju gladine do višine tereča. Pri izračunu smo uporabili že preje omenjeno Dupuitovo enačbo:

$$Q = \frac{2,3, k \cdot M \cdot s}{\log R - \log r}$$

Po tej enačbi je vrednost koeficienta k okrog $7,5 \cdot 10^{-2}$ cm/s.

5. Zaključek

- 5.1 Ljubljansko barje je podolgovata udorina prekrita z mladimi holocenskimi in pleistocenskimi glinastimi, meljnimi ter prodnimi in peščenimi naplavinami. Iz ravnine, ki leži na nadmorski višini 287,5 do 294 m se dvigajo barjanski osamelci, Sinja gorica, Blatna Brezovica, Kostajnica in Bevke, Bluše, Plešivica, Medvedica, Vnanje gorice in Dočenca, ki jih sestavljajo triadni dolomiti ter permokarbonski in triadni glinasti skrilavci in peščenjaki.
- 5.2 Barjansko ravnino seka Ljubljanica, ki jo napajajo kraški izviri pri Vrhniki, v njo pa se z desne strani izlivajo Bistra, Borovniščica in Iška ter številni kraški izviri med Bregom in Tomišljem. Z leve strani se izlivajo v Ljubljanico Podlipščica, Radna in Gradaščica; vode številnih potokov na severnem obrobju barja pa odvajajo v Ljubljanico jarki Zernica, Pekov jarek, Bevški jarek in Veliki Graben. Zaradi izredno majhnega podca Ljubljanica ob deževjih ne more prevajati vse vode iz kraških izvirov ter površinskih pritokov, zato često poplavlja. K zamočvirjenju in preplavljanju pripomorejo tudi neprepustne plasti šote, polžarice in gline na površini barja, ki onemogo-

čajo pronicanje padavin v globino. Zaradi neznetnega padca površine ozemlja pa je otežkočeno površinsko odtekanje padavinske vode.

- 5.3 Preiskave, ki so bile izvršene v okviru projektiranja hitre ceste preko barja so dale številne podatke o sestavi barjanskih mlajših naplavin ter globini skalne podlage v zahodnem ter severnem in osrednjem delu barja, medtem ko je južni in vzhodni del barja še zelo slabo preiskan.

Podatki vrtin ter geoelektričnih preiskav kažejo, da je na barju skalna osnova izredno valovita ter kotanjasta. Ugotovljeno je bilo več 60 do 90 m globokih kotanj v zahodnem ter severnem in osrednjem delu barja, medtem ko doseže podolgovata globel južno od Lukovice in Brezovice celo globino 200 m. Najgloblji deli barja so bili ugotovljeni južno od Kozarij ter severno od Lipe, kjer leži sklana podlaga celo 200 m do 280 m globoko pod površino.

Južni del barja je še slabo preiskan, pičli podatki, ki so na razpolago pa kažejo, da je skalna podlaga prav tako na posameznih mestih preko 100 m globoko pod površino.

V zahodnem in južnem delu je skalna podlaga sestavljena, po podatkih vrtin, povečini iz dolomita, delno tudi iz apnenca, v severnem delu pa povečini iz permokarbonskih glinastih skrilavcev in peščenjakov.

- 5.4 Na barju je po podatkih vrtin ter vodnjakov podtalna voda povečini zelo plitvo pod površino, največ 1 m. globoko, nekateri predeli so celo stalno zamočvirjeni. Novejše preiskave, ki so bile izvršene na barju v letih 1962 (vrtina BV₂) ter 1967, 1968 in 1969 so pokazale, da so na barju razen vrhnjega horizonta podtalne vode v večji globini

Še številni horizonti podtalne vode pod pritiskom. Te horizonte nahajamo v peščenih in prodnih ter gruščnih plasteh, ki so vložene med neprepustne barjanske gline in melje, ter v dolomitu, ki sestavlja skalno podlago mladim barjanskim naplavinam.

V zahodnem delu barja je bilo ugotovljenih 3 do 7 vodonosnih peščenih in prodnih plasti s podtalno vodo pod pritiskom. Razen tega se nahaja obsežen horizont podtalne vode pod pritiskom tudi v dolomitni skalni podlagi. Piezometrična gladina podtalne vode je pri srednjem vodostaju na višini 290,5 do 292,5 m. V posameznih predelih barja, kjer je površje nižje od piezometrične gladine horizontov podtalne vode pod pritiskom, voda sama izteka na površino, če prebijemo neprepustne gline in melje, ki prekrivajo vodonosne plasti (arteške vode). Arteški vodni horizonti so na območju med vrhniško opekarno in Podlipščico, med Ljubijo, Bistrom in Ljubljano, severno od Sinje gorice do Drenovega griča in Kurje vasi, med Blatno Brezovico in Bevkami ter verjetno na celotnem območju med Bistrom, Borovnico in Goričico.

Podtalna voda v peščenih in prodnih plasteh kot tudi v dolomitni podlagi se napaja iz podtalne vode v dolomitu in apnencu na obrobju barja, zato je piezometrična gladina teh vodnih horizontov enaka gladini številnih prelivnih izvirov na robu barja. Iz podatkov opozovnj gladine arteških in subarteških vodnih horizontov ni mogoče sklepati v katero smer se pretaka podtalna voda. Vsekakor sklepamo, da je poleg gibanja v vodoravni smeri, zelo intenzivno tudi gibanje v navpični smeri skozi razpoke in bolj prepustne cone barjanskih glin. Skozi bolj prepustne cone se voda iz arteških in subarteških vodnih horizontov precejšnje vzgor bodisi neposredno v vrhnji horizont podtalne

vode bodisi v malih neopaznih izvirih v površinsko tekoče vode.

Po podatkih laboratorijskih opazovanj in meritev iztekanja arteške vode v piezometrih je koeficient prepustnosti "k" peščenega proda $15 \cdot 10^{-3}$ do $9 \cdot 10^{-3}$ cm/s peska z meljem $1,5 \cdot 10^{-5}$ do $5 \cdot 10^{-5}$ cm/s, ter dolomita $2,5 \cdot 10^{-3}$ do $4 \cdot 10^{-3}$ cm/s.

V severnem delu barja, na območju med barjanskimi osamelci in severnim obrobjem barja ter na območju vršaja Gradaščice so bile z vrčinami ugotovljene številne peščene, prodne peščene in gruščne vodonosne plasti, ki so vložene med neprepustne glinaste plasti. Vodonosne plasti se v smeri proti barjanskim osamelcem tanjšajo in izklinjajo. V podaljšku vršaja Gradaščice segajo vodonosne prodne peščene plasti daleč proti jugu, verjetno vse do Ljubljane.

V vodonosnih prodnih peščenih in gruščnih plasteh se nahaja podtalna voda pod pritiskom. Njena gladina je na višini 292 do 294 m in je povečini precej višje od površje barja zato je verjetno, da nahajamo arteško podtalno vodo na mnogo širšem območju, kot je bila ugotovljena z dosedanjimi preiskavami. Po podatkih dosedanjih preiskav nahajamo arteško vodo med Logom in Dragomerom ter pri Brezovici.

Podtalna voda v vodonosnih plasteh se napaja z infiltracijo površinskih vodotokov v gruščne in prodne naplavine, ki prekrivajo dna dolin ter na robu barja potonejo pod neprepustne glinaste naplavine. Podlago mladih barjanskih naplavin sestavljajo na tem območju permokarbonski in triadni glinasti skrilavci in peščenjaki, ki so neprepustni in ne vsebujejo podtalne vode.

Iz nepopolnih podatkov opazovanj gladine arteških in subarteških vodnih horizontov, ki se na razpolago, ni mogoče sklepati v katero smer se giblje podtalna voda. Verjetno je poleg gibanja vodoravni smeri zelo intenzivno tudi gibanje v navpični smeri skozi bolj prepustne cone v glinastih plasteh, ki prekrivajo vodonosne plasti. Arteška in subarteška voda se skozi te cone preceja navzgor ter napaja vrhnji horizont podtalne vode s svobodno gladino.

Prepustnost in izdatnost vodonosnih plasti ni bila posebej preiskana. Iz podobnosti z vodonosnimi plastmi v zahodnem delu barja sklepamo, da koeficient prepustnosti "k" ne presega vrednosti $9 \cdot 10^{-3}$ cm/s. Peščene prodne plasti v podeljčku vršaja Gradaščice so znatno bolj prepustne ter je vrednost koeficienta "k" okrog $5 \cdot 10^{-2}$ cm/s.

V južnem delu barja je bilo delno preiskano le območje vzdolž spodnjega toka Iške. Podatki vrtin ter površinskih opazovanj (veliki kotlasti izviri v polžarici), kažejo da so na tem območju pod vrhnjo 17 do 20 m debelo plastjo polžarice in štote številne vodonosne prodne peščene plasti s podtalno vodo pritiskom. V vrtini BV₂ so bile ugotovljene 4 vodonosne plasti debeline 2 do 13 m. Prodne peščene plasti na tem območju so podaljšek iškega vršaja ter se napajajo iz podtalne vode iškega vršaja.

Piezometrična gladina horizontov podtalne vode je v vrtini G₁₂ na višini 290,8 m v vrtini BV₂ pa celo znatno višje, zato sklepamo, da nahajamo arteško podtalno vodo na vseh nižjih predelih barja v podeljčku iškega vršaja.

Iz obstoječih pomanjkljivih podatkov opazovanj gladine arteške podtalne vode ni mogoče sklepati v katero smer se pretaka podtalna voda. Po vsej verjetnosti se giblje v smeri proti izvirov na barju ter še dalje v smeri proti Ljubljani. Poleg gibanja v vodoravni smeri je verjetno zelo izrazito

tudi pretakanje v navpični smeri skozi bolj prepustne cone v barjanskih glinah do površine. Tu se izliva v vrhnji horizont podtalne vode ali pa v površinsko tekoče vode v neizrazitih in skoraj neopaznih, delno pa tudi v velikih kotlastih izviri.

Prepustnost in izdatnost prodnih in peščenih plasti nista bili posebej preiskani. Iz podatkov meritev iztekanje vode iz piezometrov ter meritev piezometrične gladine smo približno izračunali vrednost koeficienta prepustnosti "k" po že preje omenjeni Dupuitovi enačbi. Po tej enačbi je vrednost koeficienta "k" okrog $7,5 \cdot 10^{-2}$ cm/s.

5.5 Številne vrtine, ki so bile izvrtane v okviru projekta hitre ceste preko barja, so pokazale, da so v posameznih, dokaj razsežnih predelih barja pod vrhujo, bolj ali manj debelo plastjo neprepustne gline in melja številne plasti prepustnega proda, peska in gruščja s podtalno vodo pod pritiskom. Podtalna voda pod pritiskom je bila ugotovljena tudi v dolomitni podlagi barjanskih naplavin. Piezometrična gladina horizontov podtalne vode pod pritiskom je enako gladini podtalne vode v prepustnih plasteh na obrobju barja iz katere se ti horizonti tudi napajajo. Zaradi tega nahajamo arteške vode v niže ležečih predelih barja, kjer leži površina ozemlja nižje kot je piezometrična gladina horizontov podtalne vode pod pritiskom. Na mestih, kjer se vodonosne prode in peščene plasti izklinjajo, ali pa sploh niso razvite ni pojavov arteške vode, razen v zahodnem delu barja, kjer nahajamo podtalno vodo pod pritiskom tudi v apneni in dolomitni podlagi. Dosedaj izvršene preiskave niso zadostne, da bi omejili območja z arteško oziroma subarteško podtalno

vodo na barju, pač pa so dale številne podatke o debelini arteških in subarteških horizontov ter njihovi razprostranjenosti vzdolž različnih variant trase hitre ceste. Za točnejše poznavanje razprostranjenosti, debeline, piezometrične gladine, načina napajanja ter smeri pretakanja horizontov podtalne vode pod pritiskom bi bilo treba preiskati celotno barje z vrtinami v več presekih pravokotno na tok Ljubljanice. Posebno podrobno bi bilo treba preiskati podaljške vršajev Borovniščice, Iske, Želimeljščice in Gradaščice, kjer bi morda lahko izkoriščali arteško podtalno vodo tudi za vodopreskrbo. V vrtinah bi bilo treba vgraditi piezometrične cevi ter opazovati nihanje piezometrične gladine v daljšem obdobju.

5.6 Iz preiskav, ki so bile izvršene vzdolž obeh variant trase hitre ceste preko barja (vzdolž opuščene proge Ljubljane Vrhnika in preko barjanskih osamelcev) je razvidno, da nahajamo pri prvi varianti arteške vodne horizonte na dolžini 4,5 km, pri drugi varianti pa okrog 2,5 km. Če upoštevamo tudi subarteške vodne horizonte, potem nahajamo podtalno vodo pod pritiskom skoraj na vsej dolžini trase.

V primeru, da bi pri gradnji nasipov hitre ceste preko barja izvedli globoko drenažo s katero bi presekali horizonte podtalne vode pod pritiskom je pričakovati, da se bo vzdolž ceste znižala piezometrična gladina teh horizontov. S tem se bo zmanjšal vzgon na zgoraj ležeče neprepustne glinaste in meljne plasti, kar bo povzročalo dodatno posedanje tal na območju vzdolž ceste. Obseg depresijskih lijakov, v območju katerih je pričakovati dodatno posedanje tal je odvisen predvsem od znižanja gladine vode v drenažnih vodnjakih, ter od prepustnosti vodonosnih plasti s podtalno vodo pod pritiskom.

- 28 -

Preiskave, ki so bile izvršene so pokazale, da se prepustnost teh plasti precej spreminja, zato je pričakovati, da se bo obseg depresijskih lijakov vzdolž ceste precej spreminjal. Za točnejšo oceno dodatnih posedanj na območju depresijskih lijakov drenažnih vodnjakov bi bilo treba izvesti vsaj tri poizkusne vodnjake (pri Sinji Gorici, pri Drenovem griču in pri Brezovici) s piezometri ter izvršiti poizkusno črpanje.

Ljubljana, 8.8.1969

Ljubo Žlebnik
dr. Ljubo Žlebnik



Literatura

- Buser, S., 1965 Geološka zgradba južnega dela Ljubljanskega barja, in njegovega obrobja, Geologija 8, Ljubljana
- Grimšičar, A., in Ocepek, V., 1967 Vrtini BV-1 in BV-2 na Ljubljanskem barju, Geologija 10, Ljubljana
- Habič, P., 1962 Vrhnika, Geografski zbornik VII, SAZU cl IV, Ljubljana
- Habe, F., 1934, Toplinski odnošaji na izviri Ljubljanice, Geografski vestnik 12-13, Ljubljana
- Jenko, F., 1959, Hidrogeologija in vodno gospodarstvo kraša, Državna založba Slovenije, Ljubljana
- Jenko, F., 1954, Vodnogospodarska osnova porečja Ljubljanice, arhiv Geol. zavoda v Ljubljani
- Kramer, F., 1905, Das Laibacher Moor, Ljubljana
- Melik, A., 1944, Ljubljansko mostiščarsko jezero in dediščina po njem. Dela Akad. znan. in umet. 5, Ljubljana
- Novak, D., 1965 Izviri Ljubljanice, Proteus, Ljubljana
- Novak, D., 1967 Hidrogeološke razmere na Slovenskem krašu, arhiv Geol. zavoda, Ljubljana
- Podnagsky, J., 1888 Die Entwässerung des Laibacher Moores. Zeitschr. Oesterr. Ing. Arch. Ver., Wien
- Pavlovec, R., 1959 Poročilo o rezultatih vrtine med Notranjimi goricami in Podpečjo na Ljubljanskem barju, arhiv SAZU v Ljubljani
- Pleničar, M., 1963, Tolmač k osnovni geološki karti FLRJ list Postojna 1 : 100.000, arhiv Geol. zavoda v Ljubljani

- Rakovec, I., 1938, O nastanku Ljubljanskega barja, Geografski vestnik 14, Ljubljana
- Rakovec, I., 1955, Geološka zgodovina Ljubljanskih tal. V knjigi Zgodovina Ljubljane I., Ljubljana
- Ramovš, A., 1953, O stratigrafskih in tektonskih razmerah v borovniški dolini in njeni okolici, Geologija 1, Ljubljana
- Ravnik, D., 1962, Geoelektrične raziskave vzhodnega dela Ljubljanskega barja, arhiv Geol.zavoda v Ljubljani
- Ravnik, D., 1967, Geoelektrične raziskave Ljubljanskega barja, arhiv Geol.zavoda v Ljubljani.
- Sovinc, I., 1964, Geotehnične značilnosti tal Ljubljanskega barja, arhiv Laboratorija za mehaniko tal Univerze v Ljubljani
- Sovinc, I., 1965, Nekaj osnovnih geotehničnih značilnosti sedimentov iz vrtine BV-1 med Notranjimi goricami in Podpečjo na Ljubljanskem -barju, Geologija 8, Ljubljana
- Šercelj, A., 1965, Paleobotanične raziskave in zgodovina Ljubljanskega barja, Geologija 8, Ljubljana
- Šerko, A., 1951, Ljubljanica, Geografski vestnik XXIII., Ljubljana

HIDROGEOLOŠKA KARTA ZAHODNEGA GA IN OSREDNJEGA DELA LJUBLJANSKEGA BARJA

M · 1 : 25.000

Stratigrafska uvrstitev	Oznaka	Litološki in hidrogeološki opis	Stratigrafska uvrstitev	Oznaka	Litološki in hidrogeološki opis
DOBRO PREPUSTNE KAMENINE IN ZEMLJINE					
srednja triada, jura T ₂ , J ₁ , J ₂ , J ₃		APNENEC, POVEČINI DEBELOPLASTOVIT ALI NEPLASTOVIT; MOČIL; MOČNO SKRASEL IN PREPUSTEN; KOEFICIENT PREPUSTNOSTI „K“ $\geq 1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$; POVRŠINSKI DELI SO BREZ VODE; IZVIRI VELIKE IZDATNOSTI	zgornja triada T ₃		TUFSKI PEŠČENJAK, LAPORNAT SKRILAVEC, PLOŠČASTI APNENEC; MENJAVANJE KAMENIN Z RAZPOKLINSKO POROZNOSTJO TER SREDNJO PREPUSTNOSTJO Z NEPREPUSTNIMI KAMENINAMI; IZDATNOST IZVIROV POVEČINI MANJŠA OD 5 l/s
holocen Q ₂		PROD S PESKOM, NANOS REK IN POTOKOV; PODZEMNA VODNA VODA S PROSTO GLADINO; MEDZRNSKA POROZNOST IN VELIKA POKLINSKA PREPUSTNOST; KOEFICIENT PREPUSTNOSTI „K“ $\geq 1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$; IZDATNOST IZVIROV IN OSTALIH VODNIH OBJEKTOV POVEČINI NAD 10 l/s	zgornja triada T ₃		TENKOPLASTOVIT DOLOMIT Z VLOŽKI SKRILAVCA, MENJAVANJE KAMENIN Z RAZPOKLINSKO POROZNOSTJO TER SREDNJO PREPUSTNOSTJO Z NEPREPUSTNIMI KAMENINAMI; IZDATNOST IZVIROV POVEČINI MANJŠA OD 5 l/s
pleistocen Q ₁		PROD S PESKOM IN MELJEM (PLEISTOCENSKE TERASE); PODZEMNA VODA S PROSTO GLADINO; MEDZRNSKA POROZNOST IN VELIKA POKLINSKA PREPUSTNOST; KOEFICIENT PREPUSTNOSTI „K“ POVEČINI VEČINI VEČJI KOT $1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$	holocen Q ₂		PEŠČEN MELJ Z GRUŠČEM, VLOŽKI PESKA IN MELJA; MENJAVANJE KAMENIN Z MEDZRNSKO POROZNOSTJO IN SREDNJO PREPUSTNOSTJO Z MALO PREPUSTNIMI ZEMLJINAMI; POGOSTNI ARTEŠKI IN SUBARTEŠKI VODNI HORIZONTI
			pleistocen holocen Q ₁ , Q ₂		RJAVKASTA GLINA, DROBEN PESEK Z MELJEM, V VEČJI VEČJI GLOBINI MENJAVANJE PLASTI MELJA, MELJNE GLINE, GLINE, PEŠKA IN PRODA; MENJAVANJE ZEMLJIN Z MEDZRNSKO POROZNOSTJO IN SREDNJO PREPUSTNOSTJO Z NEPREPUSTNIMI ZEMLJINAMI; GLADINA PODTALNE VODE PLITVA POD POVRŠINO; POGOSTNI ARTEŠKI IN SUBARTEŠKI VODNI HORIZONTI
SREDNJE PREPUSTNE KAMENINE IN ZEMLJINE					
spodnja, srednja, zgornja triada; spodnja, srednja jura T ₁ , T ₂ , T ₃ ; J ₁ , J ₂		DEBELOPLASTOVIT IN NEPLASTOVIT DOLOMIT, POVEČINI MOČIL; MOČNO RAZPOKAN IN DELNO TUDI SKRASEL; SREDNJE PREPUSTEN; KOEFICIENT PREPUSTNOSTI „K“ $< 1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$; IZDATNOST IZVIROV POVEČINI MANJŠA OD 10 l/s, LE V SKRASELEM DOLOMITU IZVIRI VEČJE IZDATNOSTI	karbon, perm., spodnja triada C, P, T ₁		RDEČKAST, ZELENKAST IN ČRN GLINAST SKRILAVEC Z VLOŽKI PEŠČENJAKA; NEPREPUSTNE KAMENINE LE V TEKTONSKO RAZPOKANIH CONAH SLABO PREPUSTNE, IZVIRI MALE IZDATNOSTI IN SOLZAJI IZ VRHNE PREPERELE CONE
holocen Q ₂		PESEK, NANOS IZVIRA BISTRA, MEDZRNSKA POROZNOST, SREDNJE PREPUSTEN; KOEFICIENT PREPUSTNOSTI „K“ OD 1×10^{-3} DO $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$	holocen Q ₂		ORGANSKA GLINA, ŠOTA, POLŽARICA, V VEČJI GLOBINI MELJ, MELJNA GLINA, VLOŽKI PESKA IN PRODA, NEPREPUSTNE ZEMLJINE S POSAMEZNI VLOŽKI SREDNJE PREPUSTNIH ZEMLJIN V VEČJI GLOBINI; GLADINA PODTALNE VODE PLITVA POD POVRŠINO ALI NA POVRŠINI TERENA; POSAMEZNI HORIZONTI ARTEŠKE IN SUBARTEŠKE VODE

HIDROGEOLOŠKI POJAVI IN OBJEKTI

- IZVIRI**
- NEZAJETI IZVIRI**
- IZVIR Z IZDATNOSTJO DO 1 l/s
 - IZVIR Z IZDATNOSTJO 1 DO 10 l/s
 - IZVIR Z IZDATNOSTJO PREKO 10 l/s
 - MOČILO
 - TERMALNI IZVIR
- VODNJAKI**
- VODNJAK
- RAZISKOVALNA DELA TER VODNI OBJEKTI**
- V₂ GEOMEHANSKA SONDAŽNA VRTINA
 - V₃ VRTINA Z VGRAJENIM PIEZOMETROM; LEVO SPODAJ KOTA USTJA LEVA ZGORAJ PIEZOMETRIČNA GLADINA ARTEŠKEGA VODNEGA HORIZONTA DNE 10. 6. 1969
 - VODOMERNA POSTAJA
- ZAJETI IZVIRI**
- ZAJETI IZVIR Z IZDATNOSTJO DO 1 l/s
 - ZAJETI IZVIR Z IZDATNOSTJO 1 DO 10 l/s
 - ZAJETI IZVIR Z IZDATNOSTJO NAD 10 l/s
 - OBMOČJA OBMOČJA Z ARTEŠKO PODZEMNO VODO
 - OBMOČJA OBMOČJA Z DOMNEVNO ARTEŠKO PODZEMNO VODO
 - OBMOČJA OBMOČJA OD KODER SE NAPAJAJO ARTEŠKI VODNI HORIZONTI

GEOLOŠKE OZNAKE

- DOLOČENA LITOLOŠKA MEJA
- DOMNEVNA LITOLOŠKA MEJA
- VPAD PLASTI
- UGOTOVLJEN } PRELOM
- DOMNEVNI }
- UGOTOVLJEN } NARIV
- DOMNEVNI }
- PROFILNA ČRTA

OSTALE OZNAKE

- TRASA HITRE CESTE (VARIANTA MED OBSTOJEČO CESTO IN OPUŠČENO PROGO)
- TRASA HITRE CESTE (VARIANTA ČEZ BARSKE OSAMELCE)



GEOLOŠKI ZAVOD LJUBLJANA GEOLOŠKI SEKTOR	
Objekt: HITRA CESTA LJUBLJANA - VRHNIKA	
Predmet: HIDROGEOLOGIJA LJUBLJANSKEGA BARJA	
Obdelal: dr. L. ŽLEBNIK	Merilo: 1 : 25.000
Risal: M. PADERČIČ	Datum: julij, 1969
Pregledal: T. NOSAN dipl. geol.	Inv. št. St. priloge 1

NARAVNO IN UMETNO HIDROGRAFSKO OMREŽJE NA LJUBLJANSKEM BARJU

— meja barjanskega območja

MERILO 1:25.000



NALOGA: GEOGRAFIJA POPLAVNIH PODROČIJ NA SLOVENSLEM
IZDELANO V GEOGRAFSKEM INŠTITUTU ANTONA MELIKA SAZU

VIR: VODNO GOSPODARSKO PODJETJE LJUBLJANICA - SAVA

