

UDK 551.79:551.24(497.12) = 863

Kvartarni savski zasipi in neotektonika

The Quaternary valley fills of the Sava River and neotectonics

Dušan Kuščer

Inštitut za geologijo, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo
Aškerčeva 20, 61000 Ljubljana

Kratka vsebina

V würmskem sasipu Save med Radovljico in Ljubljano ni opaznih neotektonskih deformacij. Vsi starejši zasipi pa kažejo, da se je Ljubljanska kotlina v kvartarju stalno deformirala. Območji med Radovljico in Kranjem ter med Medvodami in Mednim sta se dvigali, Sorško in Ljubljansko polje pa pogrezali. Vidne deformacije so le zvezna upogibanja terasnih površij. Ne moremo pa izključiti prelomov v pogreznjenih delih starejših zasipov, ki so pod pokrovom težko dostopni opazovanju.

Abstract

There are no indications of neotectonic deformations of the Würmian valley fill of the Sava River between Radovljica and Ljubljana. The three older Quaternary valley fills on the contrary show clear tectonic deformations, a continuous rising tendency of the area between Radovljica and Kranj and of the area between Medvode and Medno, and a subsiding tendency of the areas of the Sorško Polje and Ljubljansko polje. The observable deformation is only a continuous bending of the terraces, but the existence of faults in the older valley fills in the deeper parts of the basins, where they are covered by the younger valley fill, can not be excluded.

Uvod

Kvartarni rečni zasipi so med najboljšimi indikatorji neotektonskih premikanj. Najgloblji deli zasipov leže v dnu dolin, ki so jih reke zarezale tik pred pričetkom nasipavanja. Če ni bilo kasnejših tektonskih premikov ali če so bili premiki na vsem ozemlju enakomerni, je dno zasipov še vedno nagnjeno v smeri rečnega toka s prvotnim naklonom. Če pa so v poteku dna zasipov izrazita odstopanja od enakomernega strmca, ki niso vezana na litološke spremembe podlage, ali če so v njem celo odseki z nasprotnim strmcem, je to lahko le posledica tektonskih premikanj med nasipavanjem ali po končanem nasipavanju.

Žal je težko ugotoviti potek nekdanjega dolinskega dna, ker je globoko zasuto in leži povečini pod nivojem današnjih dolin. Več podatkov nam dajejo površja zasipov, ki so se nam ohranila v obliki bolj ali manj širokih teras. Ta površja so se zaradi

preperavanja le malo spremenila. Ob nastanku je površje ravno in je enakomerno nagnjeno v smeri vodnega toka. Naklon površja je bil ob nastanku lahko večji, enak ali manjši od naklona današnje rečne struge. To je odvisno od takratne prodonosnosti in rečnega vodnega režima. Zaradi neotektonskih deformacij, ki so mlajše od površja, so strmci lahko povečani ali zmanjšani ali se nam kažejo kot nepravilne upognitve teras, prelomi pa kot bolj ali manj visoke stopnice.

Kvartarni savski zasipi

O kvartarnih savskih zasipih obstaja že obsežna literatura. Prve podrobnejše podatke o njenih pleistocenskih zasipih je dal Brückner (1909). Podobno kot v drugih alpskih dolinah navaja tudi ob Savi štiri zasipe: nizko in visoko teraso ter mlajši in starejši krovni prod. Imel jih je za tvorbe štirih ledenih dob: würmske, riške, mindelske in gūnske.

Podrobnejši pregled literature o savskih zasipih so dali Ilešič (1935), Oblak (1952) in Žlebnik (1971), zato je ne navajam. Na kratko pa bom omenil zgrešeno interpretacijo, ki izvira od Ampfererja in so ji kasneje sledili tudi nekateri drugi avtorji. Ampferer (1918, 406) je v nasprotju z Brücknerjem trdil, da lahko ugotovimo v savski dolini le dva zasipa: »starejšega«, ki je sprijet v bolj ali manj trden

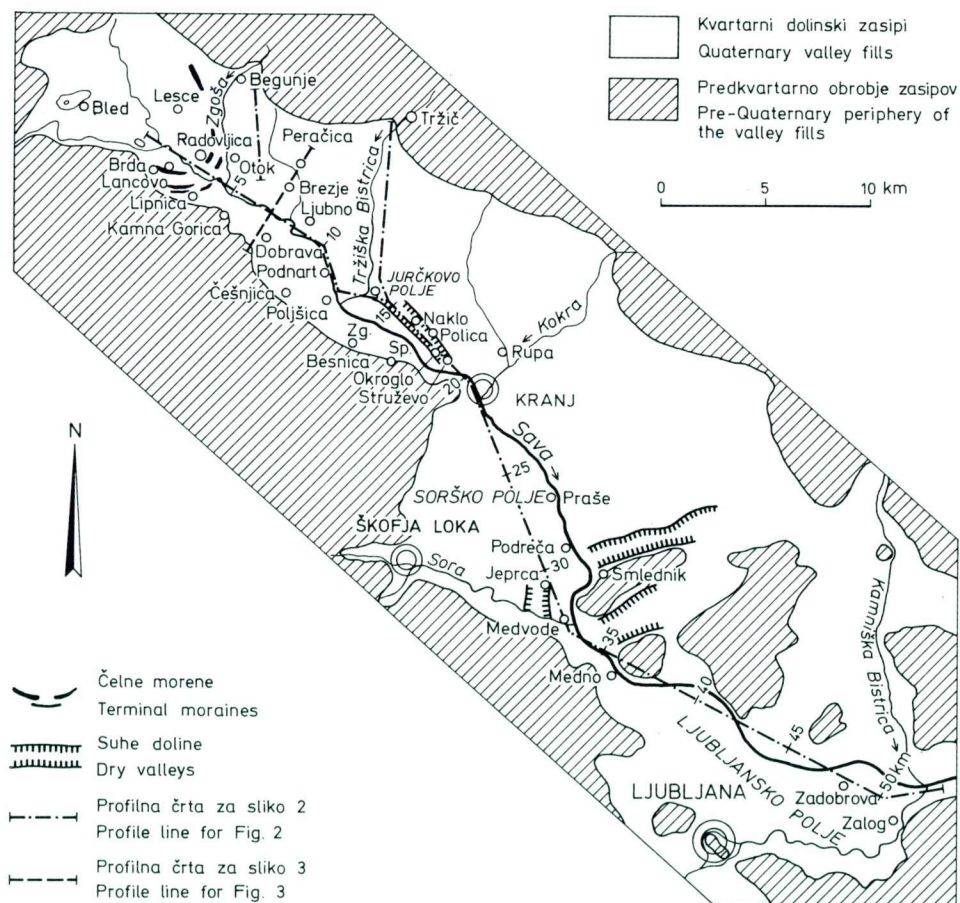
Tabela 1. Kvartarni savski zasipi, terase in njihova domnevna starost
Table 1. Quaternary valley fills of the Sava River, terraces and their supposed age

Zasipi Valley fills (Žlebnik, 1971)	Terasa Terraces (Ilešič, 1935; Šifrer, 1969)	Domnevna starost Supposed age
Starejši konglomeratni zasip Older Conglomerated Fill	IB	Gūnz
Srednji konglomeratni zasip Middle Conglomerated Fill	IA	Mindel
Mlajši konglomeratni zasip Younger Conglomerated Fill	I	Riss
Prodni zasip Gravel Fill	II	Würm I
	III	Interstadial Würm I/II
	IV	Würm II
	V-IX	Pozni glacial in postglacial Late- and post-glacial

konglomerat, in »mlajšega«, ki je le tu in tam sprijet v rahel konglomerat. Zasipa naj bi bila po Ampfererju (1918, 407) neodvisna od poledenitev in naj bi bila odložena v medledenih dobah.

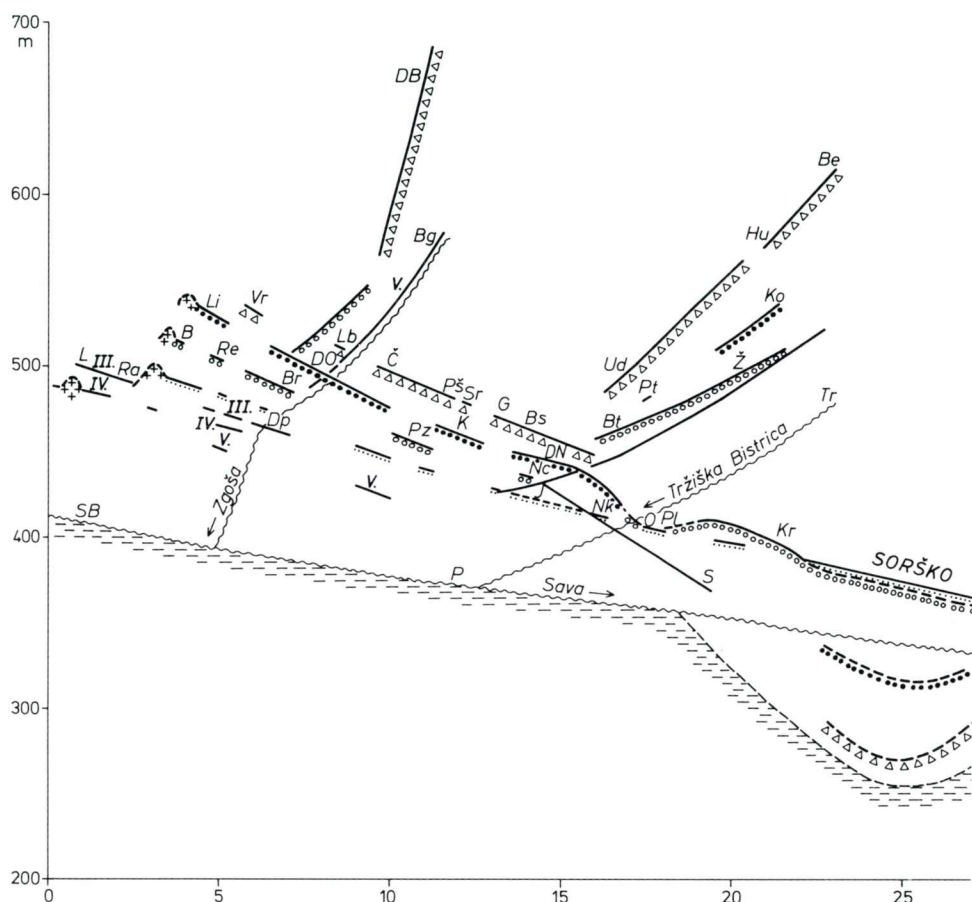
Ilešič (1935) se je omejil predvsem na morfološko razčlenitev teras. Označil jih je z rimskimi številkami od I (najstarejša) do IX (najmlajša). Starejšemu (konglomeratnemu) zasipu naj bi ustrezal nivo I, vse druge terase pa so na mlajšem zasipu. Ugotovil pa je (idem, 141), da je na območju starejšega zasipa ponekod še višji nivo, ki ga je označil z IA. Kasneje je Šifrer (1969) ugotovil še nadaljnji višji nivo in ga označil z IB. Tudi Oblak (1952, 125) je ugotovil tri nivoje v starejšem zasipu: I, IA in IB.

Šele Žlebnik (1971) je nedvoumno ugotovil, da je imel Brückner prav in da gre pri »starejšem zasipu« za tri samostojne zasipe. To dokazujejo ne samo različni nivoji terasnih površij, ampak tudi različna globina predkvartarne podlage zasipov



Sl. 1. Položajna skica kvartarnih zasipov Ljubljanske kotline

Fig. 1. Sketch map of Quaternary valley fills of the Ljubljana Basin

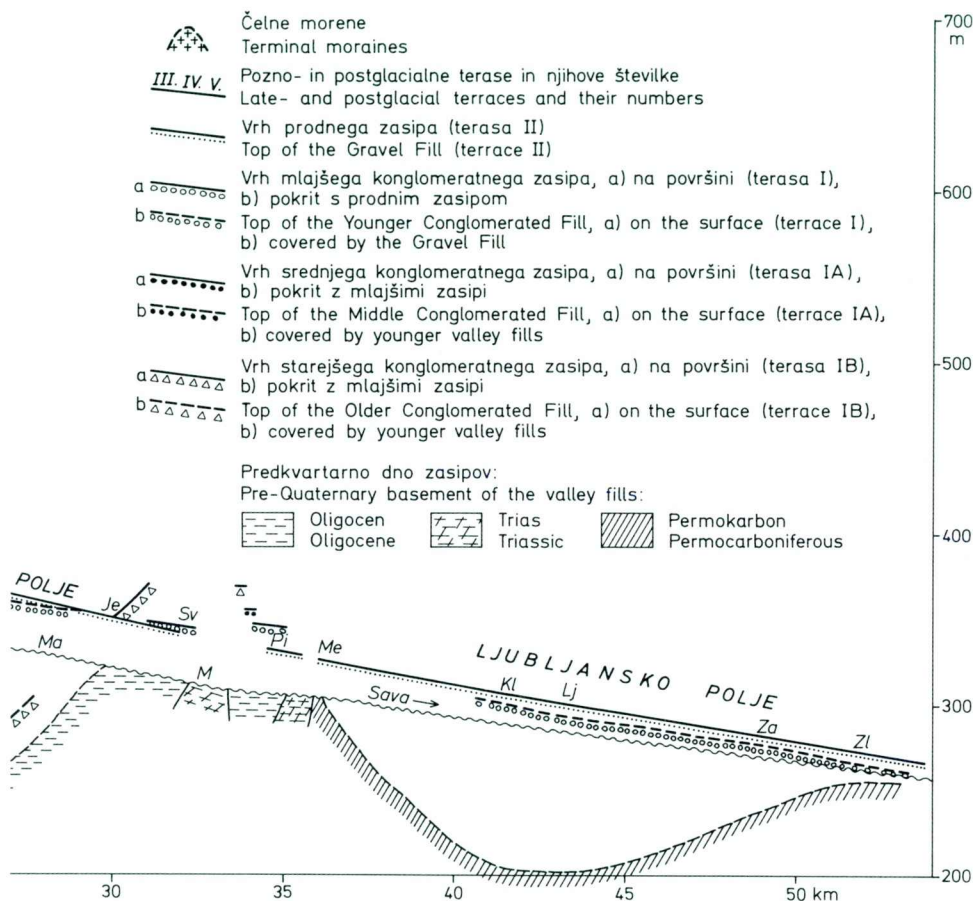


med Radovljico in Kranjem. Vsaki fazi zasipavanja je sledila faza erozije, pri kateri je bil prerezan ves zasip in se je dno doline poglobilo še bolj ali manj globoko v podlago. Terciarna podlaga se zato stopničasto spušča, stopnice pa se skladajo z robovi starejših zasipov. Zasipe je Žlebnik imenoval starejši, srednji in mlajši konglomeratni zasip in prodni zasip. Mlajši in srednji konglomeratni zasip se začenjata pri Radovljici vsak ob svojem vencu čelnih moren. Zasipi so torej glacifluvialne tvorbe.

Tudi prodni zasip je glacifluvialna tvorba, kot kaže povezanost II. in IV. terase z ustreznimi morenskimi nasipi (Kuščer, 1955). II. in IV. terasa naj bi ustrezali dvema fazama würmske poledenitve, medtem ko je III. terasa interstadialna in se začinja pri Radovljici kot zasip čelne kotanje.

V tabeli 1 podajamo pregled zasipov, ustreznih teras in njihovo domnevno starost.

Žlebnik je tudi spoznal in natančno opisal vpliv neotektonskih deformacij zasipov v različnih delih Ljubljanske kotline. Pokazal je, da so konglomeratni zasipi bolj ali manj močno deformirani, medtem ko würmski zasip ne kaže takšnih sprememb. V naslednjem bom podal potek površij glavnih teras še v shematskem vzdolžnem profilu od Radovljice do Zaloga (sl. 1 in 2). Vzdolžni profil začenjamo s čelnimi



Sl. 2. Shematski vzdolžni profil savskih zasipov med Radovljico in Ljubljano

Fig. 2. Schematic longitudinal profile of the valley fills of the Sava River between Radovljica and Ljubljana

Krajevne kratice:

Locality abbreviations:

B Bratranca; Be Brezje nad Trzičem; Bg Begunje; Br Brezje; Bs Besnica; Bt Britof; Č Češnjica; DB Dobrava pri Begunjah; DO Dobrava pri Otočah; Dp Dobro polje; G Gradišče; Hu Hudo; J Jurčkov polje; Je Jeprca; K Komarji; Kl Kleče; Ko Kovor; Kr Kranj; L Lesce; Lb Ljubno; Li Lipnica; Lj Ljubljana; M Medvode; Ma Mavčiče; Me Medno; Nc Nacovka; Nk Naklo; O Okroglo; P Podnart; Pi Pirniče; Pl Polica; Pš Polšica; Pt Podtabor; Pz Prezrenje; Ra Radovljica; Re Resje; S Struževo; SB sotočje Save Bohinjke in Dolinke; Sr Srednja vas; Sv Svetje; Tr Tržič; Ud Udenboršt; Vr Vreče; Za Zadobrova; Zl Zalog; Ž Žvirče

morenami pri Radovljici. Od tam navzgor ob Savi so ostanki predwürmskih zasipov tako redki, da jih ne moremo povezati v sklenjen profil.

Od skrajnih morenskih vencev, ki leže okrog 1 km vzhodno od Radovljice, navzdol ob Savi ni znakov poledenitev. Na Osnovni geološki karti SFRJ, list Celovec (Buser

& Cajhen, 1981) pa so morene vrisane tudi na južnem pobočju Dobrče in Križke gore, to je daleč zunaj navedenih vencev morenskih nasipov. Sestava teh gruščnatih tvorb, neposredna bližina Savskega preloma, ki dela mejo med oligocensko sivico in triasom, ter oblika pobočja pa kažejo, da gre v navedenih primerih za plazine triasnega gruščja, delno zelo velikih dimenzij. Večina teh plazov danes miruje.

Vzdolžni profil (sl. 1 in sl. 2) ne poteka povsod vzdolž današnjega savskega toka, saj je Sava v pleistocenu večkrat menjala potek svoje struge. Zato je izbrana lomljena profilna linija, ki je sestavljena iz čim daljših ravnih odsekov in se kolikor mogoče prilagaja poteku Save med nasipavanjem prodnega zasipa. V ta profil so projicirana površja teras z leve in desne strani. Ponekod so nekatere terase precej oddaljene od profilne linije, terasa pri Češnjici npr. 2,5 km. Zaradi lomljenega poteka profila je oblika teras v projekciji nekoliko deformirana, vendar tega zaradi majhnega merila skoraj ni opaziti. Podrobnejšega opisa teras tu ne podajam, saj ga je dal že Žlebnik (1971).

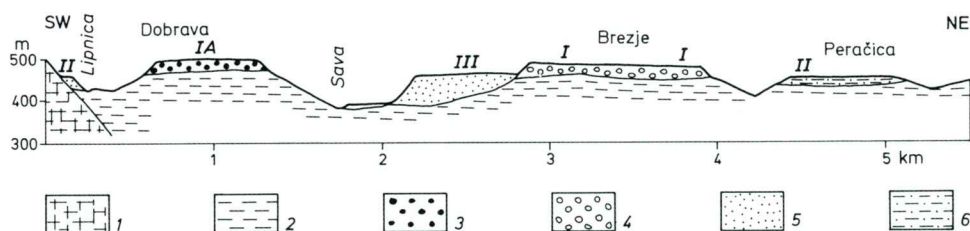
Zasipavanje pritokov je povečini potekalo vzporedno z zasipavanjem savske doline. Dva taka primera prikazujemo na sl. 2 v vzdolžnih profilih teras ob Zgoši in Tržiški Bistrici.

Zasipi med Radovljico in Podnartom

Starejši konglomeratni zasip je v okolici Radovljice že erodiran. Prvi njegov ostanek zasledimo ob Savi šele pri Ljubnem. K temu zasipu prišteva Šifrer (1969) tudi planotaste grebene v terciarnem gričevju severno od Ljubnega. Bolj razširjen je ta nivo na desni strani Save od Češnjice navzdol. Skrasela planota triasnega apnenca Vreče pri Kamni gorici se po višini vklaplja v nivo starejšega konglomeratnega zasipa. Brückner (1909, 1952) omenja na njenem zahodnem robu tudi ostanek konglomerata.

Naklon površja starejšega konglomeratnega zasipa na tem območju je okrog 8–9 ‰, tj. precej več, kot je današnji savski (3–4 ‰) strmec.

Dno vseh treh konglomeratnih zasipov je v odseku med Radovljico in Podnartom visoko nad Savo (sl. 3). Kontakt med terciarno podlago in konglomeratom je povečini



Sl. 3. Prečni prerez savske doline med Dobravo in Brezjami
1 triasni apnenec; 2 oligocenska morska glina; 3 srednji konglomeratni zasip; 4 mlajši konglomeratni zasip; 5 prodni zasip; 6 zasip glinastega proda in gline v dolini Peračice; IA, I, II, III številke teras

Fig. 3. Cross section of the Sava River Valley between Dobrava and Brezje
1 Triassic limestone; 2 Oligocene marine clay; 3 Middle Conglomerated Fill; 4 Younger Conglomerated Fill; 5 Gravel Fill; 6 Gravel with clay in the Peračica valley; IA, I, II, III Number of the terrace

zasut s preperino. Njegov položaj lahko ugotavljamo le posredno po morfologiji pobočja. Kaže, da je bila terciarna podlaga pred nasipavanjem konglomeratnih zasipov zelo dobro zravnanjena, saj je kontakt med podlago in konglomeratom na večjo razdaljo skoro v isti višini. Kljub majhni debelini zasipov je širina teras zato marsikje velika.

Debelina konglomeratnih zasipov narašča v smeri savskega toka. V odseku do Globokega jo cenimo na 10 do 25 m, pri Brezjah na 35 do 40 m. Pri tem moramo upoštevati, da se je debelina starejših zasipov zaradi preperevanja, tj. predvsem raztapljanja apnenih in dolomitnih prodnikov, občutno zmanjšala. Zaradi pretežno karbonatne sestave savskih prodnikov (okrog 75 %) sklepamo, da je bila prvotna debelina konglomeratnega zasipa za 10 do 15 m večja, njegovo površje pa za toliko višje, kot je danes. Močnejša preperelost starejšega in srednjega konglomeratnega zasipa se kaže tudi v velikem številu vrtač, ki jih na mlajšem konglomeratnem zasipu ni (Ilešič, 1935, 41).

Površje prodnega zasipa (II. terasa) je dobro ohranjeno vzhodno od Radovljice tik ob čelnem morenskem nasipu. V nadaljevanju proti vzhodu je le nekaj manjših ostankov tega površja ob Dobropoljski terasi. V večji širini je ohranjeno pod Ljubnim. Površje tega zasipa zelo enakomerno pada v smeri savskega toka s 7 %. Prodni zasip je pri Radovljici debel okrog 90 m, pri Podnartu pa še vedno okrog 60 m.

Nasipavanje nekaterih pritokov je bilo počasnejše kot nasipavanje Save. Zato so nastala v spodnjem delu dolin teh pritokov občasna jezera, katerih sedimenti so se ohranili v obliki glinastih teras v približno enaki višini, kot je površje prodnega zasipa ob izlivu teh pritokov v Savo (Peračica, dalje navzdol ob Savi Bobovk pri Kranju).

Naklon površij zasipov se sistematično zmanjšuje od starejšega do najmlajšega od 9 na 7 % in na le 3 % pri današnjem savskem toku. To kaže na bolj ali manj enakomerno dviganje območja nad Kranjem. Dviganje je bilo pri Radovljici močnejše. Nikjer, niti v podlagi zasipov niti na njihovem površju, ni mogoče ugotoviti stopenj, ki bi jih lahko pripisali neotektonskim prelomom.

Zgoša je po zadnji poledenitvi nasula širok vršaj, ki pokriva čelne morene severno od Radovljice. Nastal je verjetno takrat, ko je Sava nasipavala V. teraso (Kuščer, 1955, 143). Rokav tega vršaja sega mimo Dvorske vasi do vasi Otok, kjer se izteka na II. teraso. Njegov naklon je pri Begunjah 30 %, pri Otoku pa le še 15 %.

Osnovna geološka karta SFRJ, list Celovec (Buser & Cajhen, 1981), kaže v tericarnem gričevju nad dolino Peračice ostanke starejšega zasipa. Le-ta ima v resnici še znatno večji obseg, kot ga kaže karta. Proti severu sega do vrha Begunjske Dobrave, kjer je že Ampferer (1917, 408) ugotovil konglomerat na višini 651 m. Naklon tega starega zasipa Zgoše je v zgornjem delu Begunjske Dobrave izredno velik in doseže 75 %. Nad Otokom je le še 18 %, severno od Črničva pa se na koti okrog 500 m konča tik nad površjem mlajšega konglomeratnega zasipa.

Globoka preperina, ki jo na tem zasipu opazujemo na več mestih, govori za njegovo veliko starost, vendar njegovega površja ne moremo nedvoumno povezati s srednjim ali starejšim konglomeratnim savskim zasipom, ker je oddaljenost do najbližjih ustreznih teras prevelika. Majhna višina v spodnjem delu kaže, da vsaj spodnji del ustreza mlajšemu konglomeratnemu zasipu. Za višjo starost pa govorijo drugi deli tega površja, ki so znatno nad višino sosednje terase Ledevnice. Ta leži okrog 1 km zahodno od roba Begunjske Dobrave in je brez dvoma del mlajšega konglomeratnega zasipa. Njen severni del doseže le višino 545 m, medtem ko je višina Dobrave v isti oddaljenosti od Črničva 560 m.

Terasa Ledevnice pada s približno istim naklonom kot postwürmski vršaj Zgoše. Begunjska Dobrava pa je mnogo bolj strma, kar moramo pripisati tektonskemu dviganju severnega dela kotline po zasipavanju srednjega oziroma starejšega konglomeratnega zasipa in pred zasipavanjem mlajšega konglomeratnega zasipa.

Območje med Podnartom in Kranjem

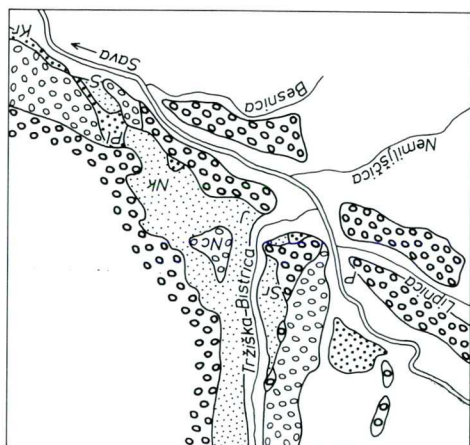
Površje starejšega konglomeratnega zasipa je v tem odseku ohranjeno v večji širini le na desni strani Save v terasah pri Češnjici, Poljšici in Besnici. Na levi strani Save sta ohranjena le dva majhna ostanka, eden nad Srednjo vasio in drugi v Gra-dišču na skrajnem zahodnem delu Nakelske Dobrave (Žlebник, 1971, 10 in 12). Srednji konglomeratni zasip pa je ohranjen na desni strani Save le v vzhodnem koncu teras pri Besnici, v večji širini pa na levi strani Save. Tu nastopa okrog ostankov starejšega konglomeratnega zasipa pri Srednji vasi, v mnogo večji širini pa na Nakelski Dobravi in med Naklim in Kokrico.

Ob današnji savski dolini med Podnartom in Struževim ni niti teras mlajšega konglomeratnega zasipa niti prodnega zasipa, pač pa nastopajo ti zasipi severno od Save med Podnartom, Naklim in Kranjem. Ilešič (1935) in Žlebник (1971) sta po tem sklepala, da je tekla Sava v času mlajšega konglomeratnega zasipa oz. prodnega zasipa v smeri danes suhe nakelske doline proti Kranju. Potek teh pretočitev shematsko kažejo sl. 4a do 4d. Ilešič (1935) je domneval, da je po vsej verjetnosti Sava pričela teči v današnji smeri po nasutju konglomeratnega zasipa med Britofom in Podnartom, ki po Žlebniku ustreza mlajšemu konglomeratnemu zasipu. Takrat naj bi se Sava pretočila prek območja starejših teras pri Podnartu. Domnevo, da je Sava tekla po tej pretočitvi, tj. med nasipavanjem prodnega zasipa v smeri od Podnarta po spodnjem delu današnje doline Tržiške Bistrice do Jurčkovega polja in nato po danes suhi nakelski dolini proti Kranju, je opustil, ker je površje prodnih teras v spodnjem delu doline Tržiške Bistrice nagnjeno v smeri današnjega toka Bistrice, tj. v nasprotni smeri nekdanjega domnevnega savskega toka.

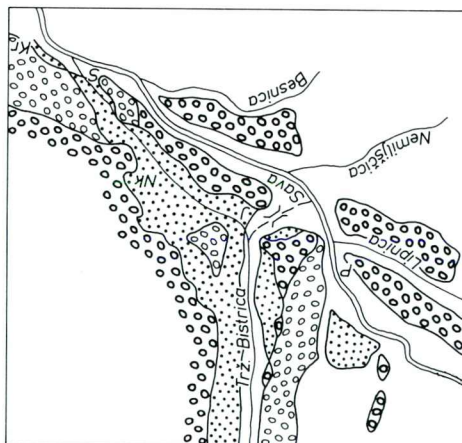
Žlebник (1971, 12 in 20) pa je dokazal pravilnost domneve, da je nakelska dolina stara savska dolina iz časa prodnega zasipa. Sava se je pretočila v sosednjo dolino Nemiljščice šele po nasutju prodnega zasipa (sl. 4c). Tržiška Bistrica je nato še nekaj časa tekla po nakelski dolini in pri tem v spodnjem delu med Naklim in Struževim poglobljala svojo strugo in celo zarežala kratko epigenetsko dolino v mlajši konglomeratni zasip pri Polici, nad Naklim pa je istočasno nasipavala.

Istočasna erozija v spodnjem toku in nasipavanje v zgornjem toku Tržiške Bistrice neposredno po pretočitvi Save sta posledica različnega strmca vzdolžnih profilov obeh rek. Površina prodnega savskega zasipa je pri Naklem nagnjena za okrog 5 %, površina prodnega zasipa Tržiške Bistrice pa za okrog 10 do 14 %. Tržiška Bistrica je na Jurčkovem polju nasula okrog 5 do 10 m proda na površje savskega prodnega zasipa. Meja med savskim prodom in prodom Tržiške Bistrice je vidna v zaseku stare ceste ob gramoznici. Prod Tržiške Bistrice ima več temno sivih apnenih prodnikov in več rdečih porfirskih prodnikov kot savski prod.

Nasipavanje Tržiške Bistrice je seglo tudi v takrat suho dolino med Jurčkovim poljem in Podnartom. Zaradi bližine Save je bil strmec v tej smeri večji kot proti Struževemu. Ko je nasipavanje doseglo rob savske doline, je Tržiška Bistrica hitro poglobila rokav v tej smeri in zapustila Nakelsko dolino. Površje prodnega savskega zasipa torej tone vzhodno od Podnarata pod mlajši prodni zasip Tržiške Bistrice in se



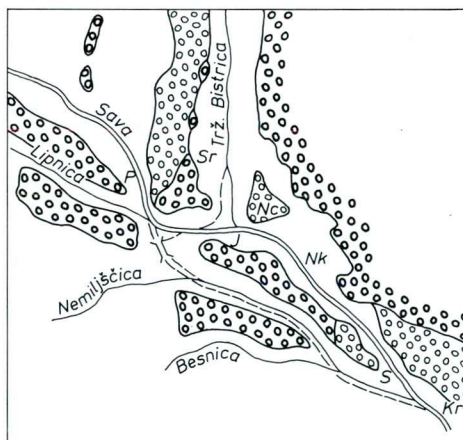
a) Porečje tik pred mlajšim konglomeratnim zasipom
The river system immediately before the Younger Conglomerated Fill



b) Porečje tik pred prodnim zasipom
The river system immediately before the Gravel Fill



c) Porečje tik po würmskem prodnem zasipu
The river system immediately after the Würmian Gravel Fill



d) Današnje porečje po pretočitvi Tržiške Bistricе
The present river system after the detour of the Tržiška Bistrica River



Sl. 4. Spremembe v porečju Save med Podnartom in Kranjem. Pri vseh fazah je vrisana današnja kontura teras, ne pa nekdanji mnogo širši obseg

1 starejši in srednji konglomeratni zasip; 2 mlajši konglomeratni zasip; 3 würmski prodni zasip; 4 postwürmski prodni zasip Tržiške Bistricе; 5 mesto pretočitve v naslednji fazi; 6 za lažjo orientacijo so pri fazah a), b) in c) vnešene danšanje smeri toka Save in Tržiške Bistricе

Fig. 4. Changes in the Sava River System between Podnart and Kranj. In all figures the recent extent of the terraces is entered

1 Older and Middle Conglomerated Fill; 2 Younger Conglomerated Fill; 3 Würmian Gravel Fill; 4 Post-Würmian gravel fill of the Tržiška Bistrica River; 5 Points of the detour in the next phase; 6 For easier orientation the present courses of the Sava and Tržiška Bistrica Rivers are shown

ponovno pojavi pri Naklem na desni strani doline v komaj opazni nizki terasi na koti 410 m, dalje v smeri toka pa v izraziti terasi na Polici v višini okrog 405 m.

Površje najvišje prodne terase Tržiške Bistrice je torej mlajše od površja prodnega savskega zasipa. Današnje dno suhe Nakelske doline se končuje pri Struževem okrog 15 m nad Savo, kar bi morda ustrezalo V. ali celo mlajši terasi, tj. poznemu glacialu ali celo postglacialu.

Nepravilnost z delno nasprotnim strmcem površja najvišje prodne terase vzdolž nekdanjega savskega toka torej ni posledica tektonskih premikov, temveč posledica opisanih pretočitev Save in Tržiške Bistrice.

Očitne pa so v tem odseku tektonske deformacije starejšega in srednjega konglomeratnega zasipa, ki jih je opisal že Žlebni^k (1971, 14 in 18). Neizrazito je že med srednjim in mlajšim konglomeratnim zasipom nad Okroglim moramo tudi pripisati tektonski upogitvi srednjega konglomeratnega zasipa. Leži v podaljšku podobne ježe med Polico in Rupo, ki jo je opisal Žlebni^k (1971, 18). Neizrazita je tudi ježa med starejšim in srednjim konglomeratnim zasipom na severni strani ceste Naklo–Kokrica. Med Polico in Kranjem je tudi površje mlajšega konglomeratnega zasipa valovito, česar na drugih območjih ni. Pri Okroglem je to površje na višini 405 do 410 m, 1 km dalje v smeri toka pa je na Zlatem polju celo na višini 411 m, torej približno na isti višini kot srednji konglomeratni zasip pri Rupi. Dalje v smeri toka ob cesti Kranj–Medvode, tonejo površja konglomeratnih zasipov pod prodni zasip. Kaže, da so opisane neizrazite ježe črte, vzdolž katerih so bile tektonske deformacije močnejše in so upognile površja konglomeratnih zasipov navzdol proti Sorškemu polju, tako da starejše terase tonejo pod mlajše.

Kvartarne terase nastopajo v veliki širini tudi na obeh straneh Tržiške Bistrice nad Jurčkovim poljem. Udenboršt je že Žlebni^k (1971, 14) opisal kot starejši konglomeratni zasip in pripisal veliki strmec njegovega površja v severnem delu tektonskim premikom. K istemu zasipu prištevamo površje na desni strani Bistrice med Hudim in Brezjem pri Tržiču, katerega strmec je tudi neobičajno velik (21 ‰). Srednji konglomeratni zasip je ohranjen v večji širini le med Žvirčami in Kovorjem. Njegovo površje je nagnjeno za 14,5 ‰. Mlajši konglomeratni zasip zavzema večji zahodni del Bistriške doline. Začenja se že pri Kovorju in sega navzdol do savske doline pri Podnartu. Njegov naklon je le okrog 11 ‰, tj. celo nekoliko manjši, kot je pri današnjem toku Bistrice (14 ‰).

Močnejše dviganje severnega dela kažejo bistriške terase le pri starejšem konglomeratnem zasipu, vendar tudi te ne dosegajo takšnega strmcu kot pri vršaju Zgoše. Očitno se dvig severnega dela Ljubljanske kotline od zahoda proti vzhodu zmanjšuje. Ob Zgoši je višinska razlika med površjem konglomeratnega zasipa in prodnega zasipa 115 m, ob Tržiški Bistrici okrog 100 m, vzhodno od Kokre (med Olševkom in Češnjevkom) pa le še 30 do 40 m (Žlebni^k, 1971, 15).

Sorško polje

Sorško polje je globoka kvartarna kotlina, v kateri so kvartarni zasipi skupaj debeli do 120 m (Žlebni^k, 1971, 26). Ob cesti Kranj–Medvode je na površini le prodni zasip. Le nekaj metrov pod njegovo površino se pojavlja mlajši konglomeratni zasip. Večjo debelino doseže prodni zasip le v stari zasuti dolini, ki si jo je Sava zarežala v konglomeratni zasip med Drulovko in Goričanami (Žlebni^k, 1971, 31). Potem ko je dolino do vrha zasula s prodom, si je zarežala današnjo sotesko vzhodno

od tod med Drulovko in Smlednikom v mlajši konglomeratni zasip, med Smlednikom in Medvodami pa celo v terciarno in triasno podlago.

Površje prodnega zasipa je nagnjeno 4,5 % v smeri toka. Površje mlajšega konglomeratnega zasipa, ki je pri Kranju še nad površjem prodnega zasipa, tone sredi Sorškega polja za okrog 5 m pod prodni zasip. Pri Svetju se ponovno pojavi nad prodnim zasipom v obliki izrazite, do 5 m visoke terase. Enakomeren strmec površja prodnega zasipa kaže, da po njegovem nastanku ni bilo tektonskih deformacij. Površje mlajšega konglomeratnega zasipa je sredi Sorškega polja rahlo ugreznjeno, ob robovih pa rahlo dvignjeno nad površje prodnega zasipa.

Pri Jeprci se dvigne nad površje prodnega in mlajšega konglomeratnega zasipa tudi starejši konglomeratni zasip (Žejski hrib, 370 m). Zahodno pobočje Žejskega hriba je pri Jeprci strmo, kar je verjetno posledica lokalne erozije pred nasipavanjem prodnega zasipa. Na vzhodnem delu pri Podreči pa je mnogo bolj položno, nagnjeno za okrog 30 % proti severozahodu. V cestnem zaseku pri cerkvi na Jeprci so tudi konglomeratne plasti nagnjene v tej smeri. Položno pobočje na severovzhodnem koncu hriba je torej verjetno del prvotnega površja zasipa, ki je zaradi tektonskih premikov nagnjeno v nasprotno smer, kot je bilo odloženo.

Podobna, a mnogo širša konglomeratna terasa se dviga nad suho dolino med Smlednikom in Vodicami. Dno doline moramo po njeni višini prištevati k mlajšemu, teraso na njeni severni strani pa k srednjemu in starejšemu konglomeratnemu zasipu (Žlebnik, 1971, 33). Površje te terase je skoro vodoravno in le ponekod položno nagnjeno proti severozahodu.

V vrtnah na Sorškem polju so na nekaterih mestih med konglomeratom ugotovili vložke rjave gline, ki so verjetno ostanki preperinskega pokrova na nekdanjih površinah zasipov (Žlebnik, 1971, 26–27). Po podatkih, ki jih navaja Žlebnik, so na sl. 2 vrisane domnevne pokrite meje med zasipi. Površje starejšega konglomeratnega zasipa je po teh podatkih nagnjeno v jugovzhodnem delu Sorškega polja za okrog 20 % proti toku Save, površje srednjega konglomeratnega zasipa pa občutno manj. Površje mlajšega konglomeratnega zasipa se spusti le nekaj metrov pod površje prodnega zasipa. Sorško polje kaže torej tendenco stalnega pogrezanja med nastajanjem kvartarnih dolinskih zasipov.

V vzdolžnem profilu na sl. 2 je na Sorškem polju vrisana tudi predkvartarna podlaga. Meja je vrisana kot sklenjena črta brez prekinitev s prelomi, vendar se moramo zavedati, da imamo o poteku te meje le sorazmerno malo podatkov iz dosedanjih vrtn. Morda se meje starejšega in srednjega konglomeratnega zasipa spuščajo ob prelomih stopničasto proti sredini polja, vendar zaenkrat o obstoju takšnih prelomov nimamo še nobenih dokazov.

Savska dolina med Medvodami in Mednim

V tem odseku je predkvartarna podlaga plitvo pod recentnimi savskimi naplavinami. Pri Medvodah je to oligocenska morska glina, pri Vikračah triasni apnenec, pri Mednem pa so to permokarbonski muljevec, peščenjak in konglomerat. Terasa v višini 332 do 335 m, ki je razvita na obeh straneh doline, se po višini vklaplja v površje prodnega zasipa na Sorškem in Ljubljanskem polju. Žlebnik (1971, 37–38) opisuje v podolju med Šmarno goro in Smledniškim hribom še tri višje terase (370, 355 in 345 m), ki naj bi ustrezale trem konglomeratnim zasipom. To območje se je torej v kvartarju dvigalo, toda precej manj kot območje med Radovljico in Kranjem.

Razvoj povodja ob jugozahodnem robu Kranjsko-Sorškega polja in v podolju med Šmarno goro in Smledniškim hribom še ni pojasnjeno. Suhi dolini med Smlednikom in Vodicami ter med Vikračami in Skaručno kažeta, da so po njih nekdaj tekle vode v smeri proti vzhodu, vendar še nimamo zadovoljive razlage o njihovem nadaljnjem teku in o pretočitvah v današnjo smer.

Ljubljansko polje

Na Ljubljanskem polju je le malo teras. Vso njegovo površino sestavlja prodni zasip, v katerega si je Sava zarezala le plitvo dolino. Strmec prodnega zasipa je tu 3 ‰, strmec savske struge pa le 2,5 ‰, tako da se višinska razlika med obema tu še nadalje zmanjšuje. Pri Radovljici je okrog 90 m, pri Zalogu pa niti 10 m.

Plitvo pod površino prodnega zasipa je površje konglomeratnega zasipa. Konglomeratnih zasipov na Ljubljanskem polju še ni bilo mogoče razčleniti, vendar zelo verjetno tudi tu obstajajo vsi trije. Skupna debelina vseh kvartarnih zasipov je okrog 100 m (Žlebnič, 1971, 43). Pri Zadobrovi je globina paleozojske podlage le še okrog 40 m in se v smeri proti Dolskem še naprej dviguje. Ljubljansko polje je torej podobna kvartarna kotlina kot Sorško polje. Tudi tu ni nobenih neposrednih podatkov o prelomih, ki bi sekali kvartarne zasipe.

Sklep

Strmec površja prodnega zasipa med Radovljico in Ljubljano je nekoliko večji od strmca današnje savske struge, kar pripisujemo večji prodonosnosti reke v ledeni dobi. Strmec se enakomerno zmanjšuje od 7 ‰ pri Radovljici na 3 ‰ pri Ljubljani in ne kaže nepravilnosti, ki bi jih lahko pripisali tektonskim deformacijam.

Površje vseh treh starejših zasipov pa kažejo s svojim neenakomernim strmcem, da sta se območji med Radovljico in Kranjem ter med Medvodami in Mednim v kvartarju stalno dvigali, Sorško in Ljubljansko polje pa stalno pogrezali. Prekinitve nasipavanja zasipov z erozijskimi fazami niso posledica tektonskega dviganja, temveč posledica klimatskih sprememb ter z njimi povezanimi spremembami prodonosnosti in vodnega režima rek v medledenih dobah. Kvartarnih tektonskih deformacij torej na raziskanem območju ni mogoče razčleniti v več tektonskih faz.

O neotektoniki sosednjega območja na vzhodu je pisal Premru (1976). Neotektonske deformacije naj bi se tu vrstile ob številnih prelomih v več zaporednih kratkotrajnih fazah. Pri vsaki fazi naj bi bila smer prelomov različna. Takšno hitro spreminjanje smeri aktivnih prelomov bi kazalo na pogostno in hitro spreminjanje napetostnega stanja v zemeljski skorji, ki pa bi ga bilo le težko razložiti. Geološke strukture tega območja se nadaljujejo proti zahodu pod dnom kvartarnih zasipov Ljubljanske kotline. Zato bi v podlagi teh zasipov pričakovali podobne neotektonske deformacije, ki bi se morale ustrezno odražati tudi v deformacijah na tej podlagi ležečih kvartarnih zasipov. Opazovane počasne deformacije kvartarnih zasipov brez vidnih prelomov in s stalnim predznakom na istem območju (bodisi pogrezanje, bodisi dviganje) pa so v popolnem nasprotju s Premrujevimi neotektonskimi deformacijami. Zato mislim, da bi bilo potrebno preveriti osnovna opazovanja in upravičenost sklepov, s katerimi Premru utemeljuje svoje neotektonske faze.

Zahvala

Članek je del raziskovalne naloge Inštituta za geologijo Fakultete za naravoslovje in tehnologijo Usklajevanje tektonskih interpretacij Slovenije, ki jo je financiral bivši Sklad Borisa Kidriča. Skladu najlepša hvala.

The Quaternary valley fills of the Sava River and neotectonics

Quaternary fluvial deposits can give reliable evidence of neotectonic deformations, partly by abnormal gradients of their bottoms and partly by deformations of their originally even surfaces. In this respect the Quaternary valley fills of the Sava River are quite instructive.

The flat pre-Quaternary basement of the Ljubljana basin was extensively covered by fluvial sediments during the Quaternary. According to Brückner (1909) there are four glaciofluvial systems, and they were assigned to the Günz, Mindel, Riss and Würm glaciations. Later on, as a consequence of a misinterpretation by Ampferer (1918) (accepted also by many other authors), only two phases of Quaternary fluvial deposits were supposed, an »Older Valley Fill« (mostly well cemented) and a »Younger Valley Fill« (predominantly uncemented). In addition, they were described to be independent of the moraines, and referred to as interglacial deposits. During geomorphological studies of this area by Ilešič (1935), the Quaternary terraces were labeled with I (for the terraces of the Older Valley Fill), and with II to IX for the terraces of the Younger Valley Fill. In some places on the surface of the Older Valley Fill different levels could be observed and were labeled with IA for the next higher (Ilešič, 1935, 141) and with IB for the highest level (Šifrer, 1969).

Only after a detailed mapping of the Quaternary sediments between Radovljica and Kranj Žlebnik (1971) could show that Brückner (1909) was right and that the Older Valley Fill represents in reality three independent phases of river aggradation separated by phases of erosion. He named them the Older, Middle and Younger Conglomerated Fill, and the Younger Fill as the Gravel Fill. The dependence of river aggradation on moraines was shown by Kuščer (1955) for the II and IV terrace and by Žlebnik (1971) for the Younger and Middle Conglomerated Fill.

Table 1 gives a recapitulation of the valley fills of the Sava River.

In his study Žlebnik gives also a very clear description of tectonic deformations of the valley fills. Here we present these data on a longitudinal profile from the terminal moraines at Radovljica to Ljubljana. For more details see Žlebnik's publication (1971).

During the Quaternary the Sava River changed its course many times. A profile along the course of the Sava River during the latest glaciation seems more appropriate than a profile along the recent course (Fig. 1). The surfaces of the valley fills are projected onto this profile (Fig. 2). In addition the terraces of two tributaries (Zgoša Stream and Tržiška Bistrica River) are shown.

In the area between Radovljica and Kranj the valley fills form terraces high above the Sava River. The thickness of the conglomerated valley fills does not exceed 20–30 m. In many places the pre-Quaternary basement is therefore visible on the slopes of the deeply incised Sava valley (Fig. 3). The thickness of the Gravel Fill is larger (up to 80 m). Its bottom is near the present valley floor or even below it.

The gradients of the terraces are higher than the gradient of the Sava River and are increasing with their age. Extremely high gradients are observed on the older terraces of the two northern tributaries shown on Fig. 2. These gradients indicate a continuous rising tendency of the upstream part of the area during the Quaternary. It is more pronounced in the northern part of the area. The uneven surface of the conglomerated terraces in the surroundings of Kranj are attributed to locally more pronounced tectonic deformations (Žlebnik, 1971, 14, 18).

River piracy between Podnart and Kranj were discussed by Ilešič (1935, 145) and described in more detail by Žlebnik (1971, 12, 20). Here they are summarized on Figs. 4a–4d. The irregular gradient of the gravel terrace along the Würmian Sava River between Podnart and Naklo can be explained as follows. After the detour of the Sava River into the Nemiljščica Brook (Fig. 4c), the Tržiška Bistrica River, still flowing along the former Sava River channel, had to accommodate the low gradient of the former Sava River valley to the much higher gradient required by Tržiška Bistrica River. This was accomplished by aggradation at the former confluence with the Sava River and further upstream, and erosion in the downstream part of the valley. As a consequence of this the surface of the gravel terrace of the Sava River plunges in the vicinity of the former confluence under the younger gravel of the Tržiška Bistrica River and reappears above it at Naklo and Polica. The highest gravel terrace of the Tržiška Bistrica River at the former confluence and upstream is thus much younger (late- or post-glacial) than the highest gravel terrace of the Sava River. Only after the detour of the Tržiška Bistrica River into its present direction (Fig. 4d) the former Sava Valley got dry. The irregular gradient of the Gravel Fill between Podnart and Naklo with gradients partly contrary to the former Sava River course can thus be explained by normal river aggradation after the detours of the rivers into their recent direction.

The large plain between Kranj and Medvode (Sorško Polje) is a young Quaternary basin. The terraces of the Older, Middle and Younger Conglomerated Fills plunge near Kranj under the Gravel Fill. Under the plain the valley fills lie one above the other. The whole thickness of all of them is up to 120 m, as determined by boreholes during hydrogeologic investigations of the area (Žlebnik, 1971). Some clayey layers, interbedded in the conglomerate, were considered by Žlebnik as possible weathered surfaces of the Older and Middle Conglomerated Fills. This supposition was also accepted in our profile (Fig. 2).

On the southern and eastern border of the Sorško Polje the older valley fills emerge above the Gravel Fill. The Younger Conglomerated Fill forms a terrace only a few meters high. The Older Conglomerated Fill forms a higher terrace sloping clearly to NW, i.e. contrary to the Sava River course.

The great depth of the pre-Quaternary basement and the shape of the surface of the conglomerated valley fills demonstrate a continuous subsidence of the Sorško Polje during the Quaternary. Only the youngest, Würmian valley fill has a uniform gradient.

Under the next downstream section of the Sava River between Medvode and Medno the pre-Quaternary basement lies immediately under the recent river channel. On the left side of the Sava River terraces are well preserved and can be correlated with the terraces upstream from Kranj. They demonstrate a rising tendency of this part of the Ljubljana basin.

The floor of the two dry valleys near Smlednik and Pirniče, sloping eastward away from the Sava River, lie at the level of the Younger Conglomerated Fill. They

indicate some important changes of the river system during the Quaternary, which could not yet be explained.

The Ljubljana Polje is an other subsiding area with a thickness of all the Quaternary valley fills up to 100 m. The surface is almost everywhere covered by gravel of the last glaciation. Below it, usually in a depth not more than 5 to 10 m, is the surface of the Younger Conglomerated Fill. The deeper part of the basin is probably composed of the Middle and Older Conglomerated Fills, but up to now it was not possible to separate one from another.

Conclusions

The tectonic deformations of the Quaternary valley fills of the Save River between Radovljica and Ljubljana demonstrate an alternation of areas with a constant subsiding tendency and areas with a constant rising tendency. No steps which could be attributed to faults could be observed.

The neotectonics of the area immediately east of the Ljubljana Basin was described by Premru (1976). The Quaternary tectonic deformations were supposed to have taken place along numerous faults during several short-lived phases, the faults of each phase having a different orientation. The striking contrast of the here specified deformations to the slow and steady deformations of the Quaternary valley fills of the Sava River require a verification of Premru's observations and of the correctness of his interpretations.

Literatura

- Ampferer, O. 1918, Über die Saveterrassen in Oberkrain. *Jb. Geol. R. A.*, 67, (1917), Wien.
- Brückner, A., v Penck, A. & Brückner, A. 1909, Die Alpen im Eiszeitalter, III, Leipzig.
- Buser, S. & Cajhen, J. 1981, Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000 Celovec (Klagenfurt), Zvezni geološki zavod Beograd, Beograd.
- Ilešič, S. 1935, Terasa na gorenjski strani. *Geogr. vestn.* 11, Ljubljana.
- Kuščer, D. 1955, Prispevek h glacialni geologiji Radovljiške kotline, *Geologija* 3, Ljubljana.
- Oblak, P. 1952, Morfogeneza dna Ljubljanske kotline. *Geogr. zbornik SAZU I*, Ljubljana.
- Premru, U. 1976, Neotektonika vzhodne Slovenije. *Geologija* 19, Ljubljana.
- Šifrer, M. 1969, Kvartarni razvoj Dobrav na Gorenjskem. *Geogr. zbornik SAZU XI*, Ljubljana.
- Žlebnik, L. 1971, Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja. *Geologija* 14, Ljubljana.