

# RELIEF KOT VIR REKONSTRUKCIJE PALEOSEIZMIČNOSTI NA SLOVENSKEM

Ivan Gams\*

UDK 550.34:551.24 (497.12)

**Čprav vseh neotektonskih dviganj in grezanj delov zemlje ne spremljajo potresi, je možno daleč prek pisanih dokumentov razširiti znanje o potresih s pomočjo kvartarne geomorfologije. To znanje je tam, kjer so v ugreznjenih kotlinah starostno datirani mladokvartarni sedimenti, tudi praktično uporabno za ugotavljanje paleoseizmičnosti.**

Članek o novem izračunu povratnih dob za potrese različnih jakosti v Sloveniji, objavljen v tej številki Ujme, omenja kratkost beleženj o potresih na Slovenskem kot oviro za točnejši izračun seizmične ogroženosti. To je razumljivo, saj so v urbanih in podeželskih naseljih v Sloveniji do pred enim stoletjem ali dvema prevladovala potresno manj ranljive manjše lesene stavbe. O potresih je bilo kaj zapisanega le, če so porušili ali poškodovali zidane gradove in cerkve. Dodatno znanje je možno iskati v kvartarni geomorfologiji, ki je že doslej ugotovila nekaj primerov holocenskega tektonskega grezanja. Vseh sicer ne spremljajo potresi, zlasti ne regionalnega tektonskega dviganja ali spuščanja. Ker pa je več primerov, kjer seizmična območja sovpadajo z območji recentnega grezanja, je taka povezava tudi za holocensko preteklost verjetna. Zato je tu nekaj takih opozoril, kjer bi dodatno geomorfološko in geološko raziskovanje in zlasti datiranje holocenskih sedimentov lahko izboljšalo znanje o paleoseizmičnosti naših tal.

Ta članek si ne prizadeva za popolno dokumentacijo. Želi predvsem opozoriti na zanemarjene pomožne vire za ugotavljanje paleoseizmike.

## Mladotektonska dviganja kot indikatorji paleoseizmičnosti

V mladem alpidskem reliefu, kakršen je v Sloveniji, so zelo redke rečne mreže, ki bi dosegle t. i. zreli stadij in bile podobne simetričnemu drevesu z deblom, vejami in vejicami. Slovenska geomorfologija pozna mnogo primerov obglavljanja rečnih tokov, ki so pustila sledove v reliefu. Po naših najvišjih gorovjih potekajo razvodnice večjih rek. Tako je z osrednjim grebenom Ju-

lijskih Alp med Železno dolino (Canal del Fero) in Bohinjem (razvodnica Save in Drave z jadranskimi pritoki), z osrednjim grebenom Karavank (dravsko-savska razvodnica). Tudi od osrednjega grebena Grintovcev v Kamniško-Savinjskih Alpah se potoki raztekajo sredobežno, ker so smer svojega toka prilagodili dvigajočemu se površju. Vsaj pri teh primerih je intenzivno tektonsko dvigovanje v mlajšem kvartarju našlo svoj odraz tudi v oblikovanosti rečne mreže. Na ravnini rečne tokove lahko prestavi že razmeroma neznatna tektonska denivelacija tal (19).

Neotektonska geomorfologija pozna polkrožno usmerjene doline in vmesna slemena, ki se znižujejo proti osrednji vzpetini. Ta je navadno iz magmatskih kamnin. To so t. i. polkrožne ali obročaste strukture, ki so bile ugotovljene tudi v Sloveniji (4; 14a, str. 48). So posledica mladih tektonskih premikov. Novejša geofizika je pod mnogimi ugotovila t. i. vroče točke (hot spot), in to v večjih globinah. Njihov učinek na relief so našli tudi v primerih mlajših tektonskih narivov. Tak primer je domnevno jugovzhodno od Šentjurja. Tam so štirje hribovi. Po geološki karti lista Celje 1:100.000 so iz keratofirja, diabaza in njihovih tufov (to so Prednja gora, Gradišče, vrh s koto 462 m in Lipovski hrib). Odrinili so potok Ločnico in jo prisilili k poglobitvi epigenetskih dolin, tako da napravi štiri velike oključke (3). Porečje Ločice spada k seizmičnemu območju Kozjanskega, kjer sta bila junija 1974 dva potresa z magnitudo 4,4 in 5,1.

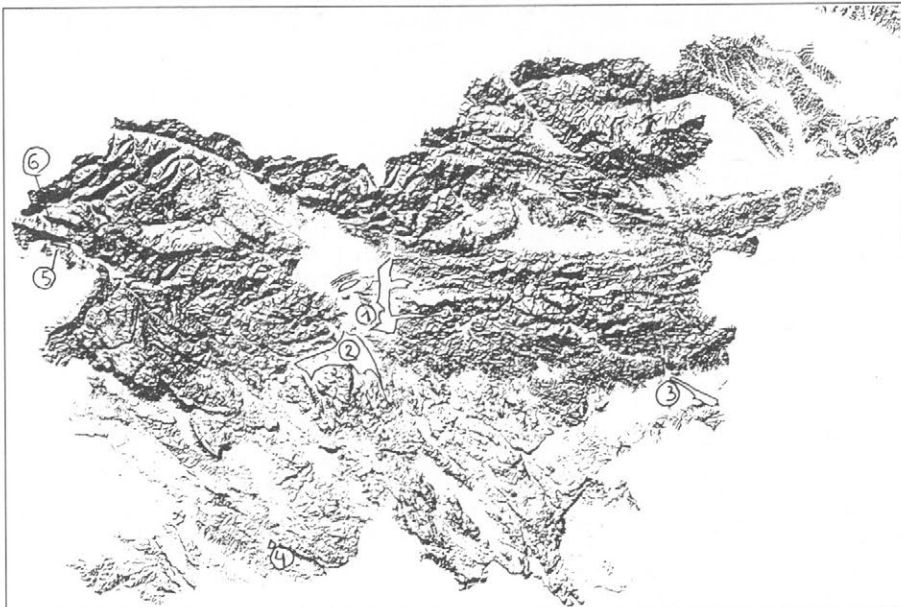
Na Slovenskem so lepi primeri, kjer je v tektonskih jarkih osrednja reka ozkega in dolgega porečja. Tako je v Ziljski dolini med Karnijskimi in Ziljskimi Alpami. Njej je vzporeden nekdanji enoten jarek Kanalska dolina – Zgornjesavska dolina. Slednjo odmaka zgornja Sava. V obeh primerih govorimo o rečnih dolinah, nastalih vzdolž tektonske prelomnice. Zaradi velike razlike pri odpornosti proti eroziji si je težko predstavljati, da bi brez mladega grezanja (ali zastajanja pri dvigu okolice) lahko nastala tako dolga in enakomerno široka erozijska ali glacialno preoblikovana dolina. Take so značilne za tektonski jarek.

Doline ob labotsko-mislinjski prelomnici so lep primer, kako se v sistemu izrazitih tektonskih prelomnic zvrstijo različne ugreznjene strukture. Labotska dolina je kotlina z do 7,5 km širokim dnom in več sto metrov globokimi ugreznjenimi miocenskimi sedimenti (20). V njenem premočrtnem nadaljevanju sta jarka, dravski do Dravograda, in nato mislinjski (Spodnja Mislinjska dolina). Pri Slovenj Gradcu se jarek razširi v kotlinico (12). Nadaljuje se z lokom pod Pohorjem skozi Doliško podolje. Pri Ločah se viliči za smer vzdolž doline Dravinje in proti Rogaški Slatini (gl. sliko).

Tudi vzdolž idrijske prelomnice se zvrstijo različne depresijske oblike. Od jugovzhoda si od premočrtne doline Čabranke sledijo Babno, Loško, Cerknjsko, Unško-Rakovsko in Planinsko polje. Med njim in Godovičem je v dnu podolja (tektonskega jarka? – prim. 6 b) kraški ravnik, nato dolina Kanomlje, Hotenje in Idrjce, niže Trebuše, jarek med Mostom na Soči in Kobaridom. Pri tem kraju se razdeli v dva dela, v Starijsko podolje in v dolino Soče do Žage ter Učje. od tu se prelom nadaljuje do kraja Venzone (Pušje vasi) oziroma Gemone (Humina), to je do stika dvigajočih se Julijskih Alp in grezajočega se furlanskega nižavja. Pod kvartarnim pokrovom se v nižavju starejša podlaga hitro znižuje in je ob morju več kot sto metrov pod površjem. Grezajoča se Furlanska nižina je usmerila k sebi reke v slovenskem Primorju od Vipave na severu prek Rižane do Dragonje. Proti SZ se znižujejo tudi vmesna slemena in planota Kras. Vzdolž idrijske prelomnice je seizmična aktivnost dokazana na več mestih. Na Cerknjskem polju je obenem z mladokvartarnim prodnim pokrovom prelomljena in premaknjena tudi skalna podlaga kot posledica neotektonike (7, s. 44). V Idriji je bil leta 1511 največji potres na Slovenskem in ob isti prelomnici v Furlaniji leta 1976 katastrofalen furlanski potres. Na slovenski strani državne meje sta bili najbolj poškodovani naselji Breginj in Podbela. Slednja je na koncu t. i. Starijskega podolja (pridevnik od Staro selo), ki je slep pomol soškega podolja zahodno od Kobarida. Ker teče skozi

\* univ. prof., akad., dr., Ul. Pohorskega bataljona 185, Ljubljana

starijsko-breginjško depresijo večji potok Nadiža le v njegovem zgornjem delu, si nastanek Starijskega podolja morfološko ni mogoče razlagati drugače, kot da je neposreden učinek tektonskega grezanja (1 b). Ob idrijski prelomnici je med Žago in Srpenico z vrtnami dokazana akumulacija več sto metrov debelih mladopleistocenskih in holocenskih jezerskih in rečnih odkladnin na skalni podlagi, ki doseže precej nižje nadmorske višine, kot je dolina Soče niže Kobarida ali celo Mosta na Soči (9). Med Žago in Srpenico Soča na aluvialni ravnici pogosto poplavlja. Tu ima manjši strmec kot niže do Kobarida. Vse to kaže na še trajajoče grezanje v dnu do 700 m široke doline (2). Niže ob Soči je v tolminski kotlinici do 60 m debela soška naplavinna na skalni podlagi, ki potone nižje, kot je skalnata struga Soče pod Mostom na Soči.



Slika. Kotline (doline) z geomorfološkimi znaki recentnega grezanja (na karti reliefa in ekspoziciji dr. D. Perko, GZ 1994)

1. Kamniškobistriško in vzhodno Ljubljansko polje
2. Ljubljansko barje
3. Krško-Brežiško polje
4. Kotlina Ilirske Bistrice
5. Starijsko podolje
6. Soška dolina med Žago in Serpenico

Vidni so prelomi, omenjeni v besedilu, zlasti labotsko-mislinski, savski in idrijski.

Figure. Basins (valleys) with geomorphological signs of recent sinking (on the relief and relief face map of Dr. D. Perko, GZ 1994).

The faults mentioned in the text are evident especially the Labot–Mislinja, Upper Sava and Idrija.

## Sedimenti v grezajočih se kotlinah kot vir datacij paleoseizmične dejavnosti

Zgornjih primerov ni mogoče uporabiti za izračun povratnih dob potresov različne jakosti z enako vrednostjo, kot jo imajo zgodovinske omembe potresov in registracije v instrumentalni dobi. Pritegniti pa jih kaže vsaj k izrisanju izoseist, to je črt enake potresne jakosti. Seveda je potrebno upoštevati, da se seizmična aktivnost ponekod pojavlja v valovih (primer zamrlega potresnega žarišča pri Beljaku po letu 1348). Značilno pa je, da so blizu Beljaka navrtali ok. 100 m debele mladokvartarne prode (20).

Dokaz seizmične cikličnosti je Velenjska kotlina. V njej so zgornjepliocenski in spodnjekvartarni sedimenti ponekod globoki 670 m in je skalna podlaga nižja od morske gladine (12, s. 41). Toda v te sedimente je Paka v mladem pleistocenu in holocenu poglobila ožjo dolino, ki dokazuje konec tektonskega grezanja.

Jugovzhodni rob Ljubljanske kotline je naš najlepši primer sovpadanja območij večje seizmične ogroženosti, recentnih rečnih poplav in geomorfoloških znakov recentnega grezanja.

V visokogorskem povirju Save so pleistocenske ohladitve znižale vegetacijske pasove do take mere, da so se na večjem območju začele nezaščitene skale intenzivno krusiti, povečali sta se denudacija in erozija in v nižinskih delih gorjanskih vodnih tokov se je pojavila akumulacija. Toplejša medledena doba je po vrnitvi vegetacijskih pasov v gore v nižinah

obnovila erozijsko sposobnost tokov, da so poglobili v starejši nasip (zasip) dolino. Če se je podgorska ravnina v toku teh paleoklimatskih ciklov dvigala, je akumulacijska faza izostala ali novejša akumulacija ni dosegla starejše. Če pa se je med tem časom podgorska ravnina tektonsko grezala, je novejša ledenodobna akumulacija med poplavljanjem vode prekrila starejšo.

Ker nas tu zanima samo holocensko tektonsko delovanje, v glavnem ne bomo ponavljali geološko dokazanih starejših kvartarnih tektonskih dvigov in spustov delov Ljubljanske kotline, ki so omenjeni v geološki literaturi (10). Pregled te in druge podobne literature je najti tudi v tolmačih k listom geoloških kart v merilu 1:100.000 (8; 12; 13; 14 a; 17), rezultate pa predstavljajo tudi geološke karte z bolj ali manj jasno delitvijo na holocenske in pleistocenske sedimente. Omejili se bomo na jugovzhodni rob Ljubljanske kotline. Samo tu je namreč primer sovpadanja seizmološke ogroženosti, poplavljanja potokov in prekritja starejših kvartarnih sedimentov s holocenskimi. Pri poplavih ne bomo upoštevali njihovega današnjega zoženja zaradi človeka.

Večino tu obravnavanega jugovzhodnega roba Ljubljanske kotline Premru (14 a, s. 4) združuje z imenom ljubljanska udorina in vanjo prišteva tudi Kranjsko in Skaručensko polje. Čeprav je na Kranjsko-Soškem polju obsežna wuermska prodna akumulacija, sta Sava in Sora poglobili vanjo dolini, ki postajata proti jugovzhodu vse plitvejši. To ne govori v prid recentnemu grezanju. Enakomerna širina Vodiške suhe doline (nedognano je, ali je skozi njo

tekla Sava ali Pšata) dopušča možnost mlajšega ugreznenja, kar potrjujejo tudi pogosti potresi. Takega nastanka je verjetno tudi Skaručensko podolje med Šmledniško-Bukovniškimi hribi in nizom Šmarna gora–Rašica. V zahodnem nadaljevanju tega polja si je Sava izdelala širšo holocensko rečno ravnico, ki se nadaljuje skozi medanska vrata na Ljubljansko polje. Večino tega polja zavzema višja prodna terasa, ki jo imenujemo Ljubljanska terasa. V njej so pod plitvim prodnim, ob osamelih ilovnatim pleistocenskim pokrovom plasti konglomerata. V srednjem in zgornjem delu Ljubljanskega polja je po teh znakovih pred zadnjo ledeno dobo prevladovalo tektonsko grezanje, ki je zajelo še Posavsko hribovje med Ljubljanskim poljem in Ljubljanskim barjem. Samo tu so njegove vzpetine znižane v gričevje (Rožnik–Šišenski hrib, Ljubljanski grad, Golovec–Orlje), povsod drugod pa je hribovje (14 b). Ljubljanska terasa pa se dviguje nad savsko obrečno ravnico le do Zaloga, kjer holocenski ravnici Save in Ljubljanice izrineta le še nekaj metrov visoko vmesno Ljubljansko teraso. Geološke vrtno so ugotovile globine skalne podlage pod sto metrov le med Klečami in Zadobrovo (8, s. 45). Vendar lahko po opisanem sklepamo, da je vzhodno od Zaloga najintenzivnejše holocensko grezanje. To se domnevno nadaljuje še vzdolž doline Save med Dolskim in Litijo. Tam so ohranjeni ostanki ilovic in gline s prodniki ter grušč iz wuerma II/III do postglaciala (gl. geološko karto Ljubljane). Pri geomorfološki analizi so našli do gladine Save tektonsko znižan pomol pri Pogoniku, na katerem so reke odložile prodnike pri drugačni hidrografski mreži od sedanje

162 (5). Skladno s tem so tu pogosti potresi, po katerih je znana Litijska kotlina.

Pas obrečne ravnice brez višjih pleistocenskih rečnih teras se iz vzhodnega konca Ljubljanskega polja nadaljuje proti severu čez Kamniškobistriško polje. Kamniška Bistrica, po kateri imenujemo polje, podaljšuje prodno akumuliranje tudi v holocenu, saj je v osredju polja holocenski vršaj. Wuermiska prodna terasa, ki je visoka še v Kamniku (16 b, 16 c), potone pod Šmarco pod holocensko naplavino in Bistrica teče od tu dalje približno v ravni vsega polja. Ta ravan se v 4 km širokem in 4,5 km dolgem pomolu vriva med Posavske hribe proti vzhodu do naselij Lukovica in Zalog pod Trojico, kar kaže na mlado grezanje. To je pritegnilo Pšato, ki je prej tekla domnevno po Vodiški suhi dolini in po dolini Gameljšči in zdaj ob poplavih povečuje debelino ilovnatoga zahodnega in južnega obrobja Kamniškobistriškega polja. Žal ne poznamo prvotnega spleta tokov Kamniške Bistrice po polju, kjer je človek že v srednjem veku z regulacijami zmanjšal število tokov in uredil mlinščice. S tem je zožil poplavni pas, ki je ostal širok ob spodnjem toku Bistrice (1 a).

Zanimiva je primerjava toka Save in Bistrice v podgorju visokogorstva. Ko zapusti Sava pri Mostah visokogorje, je do 90 m poglobljena med starejše zasipe blejsko-radovljiškega terasnega sistema, Kamniška Bistrica pa je v podgorju še vedno v fazi akumulacije.

Holocensko grezanje jugovzhodnega roba Ljubljanske kotline je geološko najbolj dokazano na Ljubljanskem barju, na katerem se je med mindlom in sedanostjo nabrala do 140 m debela rečna odkladnica (11, 14 a). Tako kot prej imenovani deli Ljubljanske kotline tudi kotlina Ljubljanskega barja tektonsko ni enotna. Nadmorske višine skalnega dna pod naplavino nakazujejo s tektonskimi linijami na drobno razbito kotanjo, ki se je taka mogla ohraniti samo zato, ker je pokrov izločil zunanje preoblikovalne procese (gl. skico v Enciklopediji Slovenije, 6, s. 263). Toda ob južnem robu se skalno dno kotanje strmo dviguje v pobočje dinarske Krimske planote. Na kartah je ta stik le redkokje ob kratkih premih črtah. Večino zavzemajo polkrožni odseki, zajede in pomoli. So dokaz, da obseg grezanja in s tem črte enake potresne jakosti le ne smemo povsod vleči po dolgih premočnih tektonskih linijah. S pelodnimi analizami (15, 16) je ugotovljena do 20 m debela holocenska naplavina, kar pomeni, da je povprečno pogrezanje 1,67 mm na leto. Ker je ta hitrost med mindlom in holocenom (ok. 90 m odkladnine v okoli pol milijona let) bistveno manjša (0,18 mm na leto), se pravi, da se je proti sedanosti grezanje stopnjevalo in z njim vred verjetno tudi seizmičnost.

Za nas je pomembno dokajšnje sovpadanje najgloblje ugreznjenega skalnega dna Ljubljanskega barja z najširšimi poplavi. Oboje je osredotočeno ob južnem in vzhodnem robu Barja (6 a). Tako sovpadanje poplavnega ozemlja in holocenskega grezanja je tudi na Krško-

Brežiškem polju. Na njem so pod holocensko ravnico ob Savi med sotočjem Sotle in Krškim z vrtnami dokazali neenakomerno debelo holocensko akumulacijo, katere globina je med 7 in 28 m. Z njo se debelina kvartarnih sedimentov povzpne na 30 do 40 m (17). Tudi to območje holocenske akumulacije sovпада z območjem močne seizmične ogroženosti, ki sega sem po savskem tektonskem jarku do vzhoda in kjer vzhodno od Krške vasi izgine višja pleistocenska prodna terasa (Krško polje v ožjem smislu besede) pod holocenom.

Prav tako širok poplavni pas je tudi v srednjem delu Krške kotline, ki ga imenujemo po Kostanjevici. Tu holocenske ravnice ne obrobajo višje in starejše kvartarne terase. O intenzivni akumulaciji Krke v njej priča več kot meter debela naplavina Krke čez opuščeno srednjeveško mesto Otok (18).

Pogosti potresi doletijo tudi Ilirskobistriško kotlino. Vanjo se znižujejo slemena flišnih Brkinov in med mestom in vasjo Mala Bukovica sestavljajo dno zgornjepleistocenski in kvartarni sedimenti (13), pod katerimi potonejo eocenski fliši. To je osrednje tipične medgorske kotline, nastale ob narivu snežniške mezozojske grude. Kotlina je pomembna sovodenj in znaten del ozemlja pleiocenskih odkladnin zajemajo še zdaj katastrofalne poplave Reke in pritoka Molje (8 b).

1 a. Bat, M., Lipovšek, I., 1981. Učinki poplave 1990 ob Kamniški Bistrici v občinah Domžale in Bežigrad. Ujma, 5, 29-35. Ljubljana.

1 b. Gams, I., 1976. Potres 6.5. 1976 v zgornjem Posočju in neotektonska morfologija Starijskega podolja. Geografski obzornik, 23, 1/2, 13-15.

2. Gams, I., 1980/81. Nastanek korit v Soški dolini. Proteus 42, 124-126.

3. Gams, I., 1981. Nastanek probojnih dolin južno od Šenturja pri Celju. Geografski vestnik, 53, 31-37.

4. Gams, I., 1981. Morfološki sistemi u Jugoslaviji. Glasnik Srpskog geografskog društva. Beograd, 61, št. 1, 7-19.

5. Gams, I., Natek, K., 1981. Geomorfološka karta 1 : 100.000 in razvoj reliefa v Litijski kotlini. Geografski zbornik, 21, 5-67.

6 a. Gams, I., 1992. Tektonska pogojenost večjih poplavnih področij v Sloveniji in bivši Jugoslaviji. Poplave v Sloveniji, Ljubljana, 59-67.

6 b. Habič, P., 1982. Kraški relief in tektonika. Acta carsologica 10, 23-44. Ljubljana.

7. Gospodarič, R., Habič, P., 1979. Kraški pojavi Cerkniškega polja. Acta carsologica, VIII, 7-162.

8 a. Grad, K., Ferjančič, L., 1968. Tolmač za list Kranj, L. 33-65. Osnovna geološka karta 1:100.000. Geološki zavod Ljubljana. Beograd, 170.

8 b. Kranjc, A., Mihevc, A., 1988. Poplavni svet ob Notranjski Reki. Geografski zbornik, 28, 193-218.

9. Kuščer, D., Grad, K., Nosan, A., Ogorelec, B., 1974. Geološke raziskave Soške doline med Bovecem in Kobaridom. Geologija 17.

10. Kuščer, D., 1991. Kvartarni savski sedimenti in neotektonika. Geologija, 1990.

11 a. Mencej, Z., 1990. Prodni zasipi pod jezerskimi sedimenti Ljubljanskega barja. Geologija, 31/32, 1988/89.

11 b. Perko, D., 1994. Ekspozicija površja v Sloveniji. Geografski zbornik, 34, 120-147, Ljubljana.

12. Mioč, P., Žnidaršič, M., 1978. Tolmač za list Slovenj Gradec. Osnovna geološka karta R. Jugoslavije, Beograd, 78.

13. Pleničar, M., 1970. Tolmač za list Postojna, L. 33-77. Osnovna geološka karta 1 : 100.000. Geološki zavod Ljubljana. Beograd, 75.

14 a. Premru, U., 1983. Tolmač za list Ljubljana, L. 33-66. Osnovna geološka karta 1:100.000. Geološki zavod Ljubljana. Beograd.

14 b. Rakovec, I., 1955. Geološka zgodovina ljubljanskih tal. Zgodovina Ljubljane I. DZS, 11-57. Ljubljana.

15. Serčelj, A., 1966. Pelodne analize pleistocenskih in holocenskih sedimentov Ljubljanskega barja. Razprave 9 IV. r. SAZU.

16 a. Serčelj, A., 1967. Razvoj južnega dela Ljubljane v luči pelodnih raziskav. Razprave 10/7, 4. r. SAZU.

16 b. Sifrer, M., 1991. Poplave 1990 ob Savi med Zidanim mostom in Bregano. Ujma, 5, 81-86. Ljubljana.

16 c. Sifrer, M., 1961. Poročje Kamniške Bistrice v pleistocenu. Dela 12 IV. r. SAZU. Ljubljana.

17. Šikič, K., Basch, O., Šimunič, A., 1979. Tumač za list Zagreb L. 33-80. Osnovna geološka karta 1 : 100.000. Inštitut za geološka istraživanja Zagreb. Beograd.

18. Slibar, V., 1977. Spremembe rečnega korita v srednjem toku Krke. Krško skozi čas. Zbornik ob 500. letnici (1477-1977). Krško.

19. Zereški, M., 1982. Neotectonic processes and Their Forms. Geographica Jugoslavica, III, Ljubljana, 24-31.

20. Winkler, A. H., 1957. Geologisches Kraeftespiel und Landformung. Wien.

Ivan Gams

## Paleoseismical Reconstruction in Slovenia

In the young alpine tectonical relief of Slovenia the areas of the following features coincide: absence of the Pleistocene aggraded terraces, Holocene alluvial cover of the Wuermian sediments in the Alpine area, recent innudations and significant seismic threat. In the article this coincidence is attributed to the recent tectonic sinking of some basins. The most evident sinking is the South-eastern border of the Ljubljana basin: in the Ljubljansko barje (Ljubljana Marshes) up to 140 m of Mindel and post-Mindel sediments, in the Ljubljana Polje up to 100 m deep Quaternary gravel and conglomerate are proved by borholes. From the Eastern part of the last basin, the subsidence belt spreads north on Kamniško-Bistriško polje and east along the Sava River Valley between Dolsko in Litija. Holocene sinking is evident between the settlements Žaga and Srpencia in the Soča River Valley, near Ilirska Bistrica and at Brežice (see the relief map).