

R A Z P R A V E

UDC
UDK 551.053 (497.12-14)

EROZIJA V POREČJU PIVKE

Andrej A. Kranjc *

Uvod

O koroziji oziroma kraški eroziji v porečju Ljubljanice je bilo že precej napisanega (G a m s, 1967; G a m s, 1969, 17—18; G a m s, 1972, 79; G a m s, 1976, 43; G a m s, 1980, 11), manj pa je podatkov o rečni eroziji, ki jo v nadaljnjem besedilu imenujem kar erozija.

V glavnem gre za splošne trditve, da je v »kraških vodah le malo lebdečega in kotrljajočega nanosa in da na krasu celo visoke vode niso napolavinske. Na krasu naj bi bilo v povprečju le 7—10% nanosa glede na porečja v normalnem reliefu« (J e n k o, 1959, 108). Karta Erozijskih žarišč in erodiranosti območij (Z v e z a vodnih skupnosti, 1978, K-6.1) za celotni kraški del porečja Ljubljanice, kamor sodi tudi Pivka, nima nobenega erozijskega žarišča niti območja, ki bi bilo kategorizirano glede na stopnjo erozije. Vseeno se mi zdi, da bi bilo natančnejše poznavanje količin drobirja, ki ga vode odnašajo s Pivke, dovolj zanimivo. Ker je porečje Pivke tako na karbonatnih kamninah kot tudi na flišu, bi bilo mogoče primerjati tudi intenzivnost erozije na kraškem delu z erozijo na normalnem delu površja.

Rezultati, ki jih podajam v tem prispevku, so bili dobljeni z delom na raziskovalni nalogi, ki sta jo finančno podprla RSS in ZVSS (K r a n j c, 1980).

Oznaka preučevanega ozemlja

Porečje Pivke, omejeno z orografsko razvodnico, obsega 268 km². 84% razvodnice poteka preko kraškega sveta. 59% (157 km²) porečja je na karbonatnih kamninah, 41% (111 km²) pa na flišu (18% ali 48 km²) oziroma aluviju (23% ali 63 km²). Jedro porečja ob Pivki in pritokih predstavlja raven in nizek svet. V spodnjem delu je ob rekah Pivki, Nanoščici in manj-

* Mag. geogr., razisk. sodel., Inštitut za raziskovanje krasa, SAZU, Titov trg 2, 66230 Postojna, YU



ših pritokih razvit normalni relief, sestavljen iz aluvialne ravnice in oblih flišnih »brd«. Ob zgornjem toku Pivke je apniška osnova, menjavajo se ravni deli z relativno tankim aluvialnim pokrovom in uravnani, a v drobnem kraško razjedeni deli površja. Ta del porečja leži v nadmorski višini 510—620 m z reliefno energijo do nekaj 10 m/km². Pobočja flišnih »brd« imajo naklone med 8—12°.

Kraški svet izven ravnega in nizkega dna ob Pivki predstavljajo robni oziroma razvodni deli Nanosa, Hrušice, Javornikov in Snežnika. To je svet z vrhovi do 1.300 m in reliefno energijo preko 500 m/km². Nakloni pobočij so precejšnji, 15—45°, posebna značilnost pokrajine so sicer manj strma, a izredno pravilna in dolga pobočja Javornikov. Po Sholzovi klasifikaciji (Demek, 1972, 58) so nakloni nad 8° že močni, z erozijo tudi na poraščenem zemljišču, nad 15° pa so že kritični v zvezi s tvorjenjem profilov prsti.

Večina vodnih tokov, glavna sta Pivka in Nanoščica, je koncentriranih na flišnem delu porečja — 475 m/km² stalnih tokov, na kraškem svetu pa so v glavnem le občasni tokovi. Za celotno porečje Pivke je gostota rečne mreže 178 m/km² stalnih tokov oziroma 519 m/km² vseh, stalnih in ob-
časnih tokov.

Na obravnavanem svetu je vsega skupaj 140 km vodnih tokov, od tega 30 % stalnih in 70 % občasnih — kraških. Največja tokova sta Pivka (26 km, od tega stalnega toka le 11 km) in Nanoščica (21 km, od tega 19 km stalnega toka). Povprečni pretok Pivke pred Postojnsko jamo je 6,04 m³/s, maksimalni 70 m³, minimalni pa 0,001 m³ (Zveza vodnih skupnosti, 1978, T 5.02). Porečje Pivke sodi v področje z modificiranim mediteranskim padavinskim režimom, z jesenskim maksimumom in zimskim minimumom (Furlan, 1960, 55). Z gozdom je poraslega 28 % porečja, računano s karte 1:100.000.

Metodologija

Metodologija opazovanj je bila zelo preprosta. Ob različnih vremenskih situacijah oziroma različnem stanju voda, po možnosti pa vsaj enkrat mesečno, sem na opazovalnih mestih zajel v plastenko 2 l vode. V laboratoriju sem jo precedil skozi predhodno sušeni in stehani filtrirni papir, ga ponovno posušil in stehtal ter dobil količino lebdečega tovara. Uporabljal sem grobi filtrirni papir (črni trak) in rezultati torej predstavljajo količino grobega lebdečega tovara (nad 0,001 mm). Tehtal sem na analitski tehtnici z natančnostjo 0,0001 g. Sicer sem se skušal držati navodil, objavljenih v literaturi (Brus, 1955—56). Pomanjkljivost te metode je predvsem v premajhni količini opazovanj oziroma v nezveznosti opazovanj po eni strani in možnost zajemanja le površinske plasti do globine okoli 0,5 m po drugi strani, zaradi česar so dobljene količine lebdečega tovara malo nižje od realnih.

Rezultati opazovanj

Od številnih opazovanj tokov in izvirov, tako kraških kot tudi normalnih, se omejujem le na troje zajemnih mest: na Pivki na Prestranku in pred ponorom v Postojnsko jamo ter na Nanoščici (Šmihelski most oziroma Mali Otok), ker so ta mesta opremljena z vodomeri. Zgolj za ilustracijo navajam tudi nekaj drugih primerov.

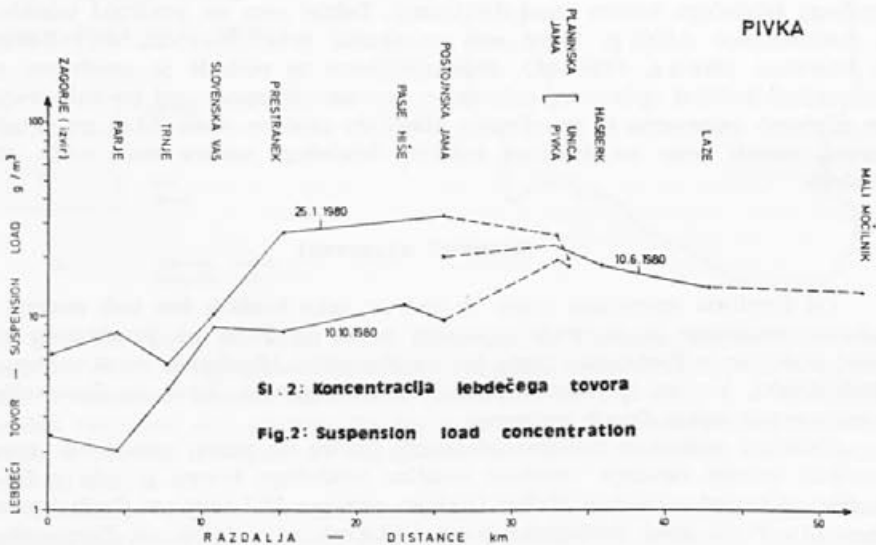
Tabela 1 prikazuje količine lebdečega tovara na zgoraj navedenih opazovalnih mestih. Srednja vrednost količine lebdečega tovara je bila v Nanoščici 17,4 g/m³ vode pod Malim Otokom oziroma 17,1 g/m³ pri Šmihelskem mostu, v Pivki pred Postojnsko jamo 15,8 g/m³ ter v Pivki na Prestranku 8,6 g/m³. Mejne količine so bile na Nanoščici 4,4—74,9 g pri Šmihelskem mostu in 5,8—39,8 g pod Malim Otokom, na Pivki pred Postojnsko jamo 3,7—34,4 g, na Prestranku pa ±0,0—28,0 g.

V Pivški kotlini sem opazoval tudi troje malo večjih tokov, ki imajo povodje v flišu, a se ne izlivajo neposredno v Pivko oziroma niti ne pripadajo njenemu ali ljubljaniškemu porečju. To so Lokva, ki ponika v Jamo

(Predjama) in sodi v porečje Vipave, Osojščica, ki teče pod zemljo v porečje Ljubljaničice, in Črni potok, ki ponika v jamo Lekinko in se izliva v podzemeljsko Pivko v sistemu Postojnske jame. Lokva ima razmeroma močan padec in razrezano porečje, Osojščica teče med flišnimi brdi, Črni potok pa izvira v zamočvirjenem dnu kotline ob spodnjem toku Pivke in po ravnem vijuga do ponora. V teh reliefnih razlikah so vzroki za razlike v količinah lebdečega tovara, ki ga nosijo ti tokovi. Srednja vrednost za Lokvo je $58,1 \text{ g/m}^3$ (1—970 g), za Osojščico $12,3 \text{ g}$ (2,2—21,4 g) in za Črni potok $9,8 \text{ g}$ ($\pm 0,0$ —21,7 g). Neposredni pritoki Pivke s fliša, sami majhni potoki Poliček, Graben in Stržen, imajo srednje vrednosti količin lebdečega tovara $19,7$ — $60,2 \text{ g/m}^3$, z maksimi preko 70 g.

Kraški izvir Korentan v osrednjem delu Pivške kotline ima srednjo vrednost, $8,2 \text{ g/m}^3$ (4,7—12,3 g), kraški izviri na Zgornji Pivki, tako sam izvir Pivke pri Zagorju ter Parski, Trnjski in Žejski izviri pa nosijo med $2,4$ in $7,7 \text{ g/m}^3$ lebdečega tovara.

Pivka in Nanoščica sta glede na količino lebdečega tovara nekje v sredini med prvimi in drugimi tokovi, saj prejema dotoke tako s kraškega kot z normalnega sveta. Manjši in hitreje tekoči potoki, ki imajo povodje zgolj ali pretežno v flišu, imajo večje količine lebdečega tovara, pravi kraški tokovi in izviri, kamor moramo šteti tudi zgornji tok Pivke nad Prestrankom, pa kar 100-krat nižje.



Glavni vzrok za razlike v količini lebdečega tovara med posameznimi tokovi je razlika v petrografski sestavi porečja in v reliefni energiji. Največ lebdečega tovara nosi Lokva s povinjem v razrezanem flišnem gričevju, najmanj pa počasni kraški tokovi na karbonatnem svetu ob zgornjem toku Pivke.

Absolutne količine odnešenega lebdečega gradiva, po Kolbeznju, (1979) je to odtok suspenza v g/s oziroma t/leto, so v pretežni meri odvisne od količine pretoka in od vremenskih razmer, predvsem padavin. Podatki o dolgotrajnem povprečju količine padavin za Postojno se razlikujejo pri različnih avtorjih in so po Rey i (1946) 1703 mm, po podatkih Meteorološkega zavoda za obdobje 1931—1960 pa 1299 mm letno. V času, ko sem opazoval lebdeči tovor v porečju Pivke, v letih 1979—80, sta bili letni količini padavin v Postojni nadpovprečno visoki: 1979 — 2073 mm in 1980 — 1760 mm.

Tabela 2 priazuje število dni s padavinami nad 25 oziroma nad 40 mm

Tabela 1 a

Zajemno mesto na Pivki pred Postojnsko jamo

1	2	3	4	5	6	7	8
24. 01. 1979	32,2	3	13,8	—	55,800	32,3	1802,0
22. 03. 1979	82,7	5	22,6	300	24,400	3,7	90,0
11. 04. 1979	29,3	3	13,6	240	9,550	11,5	110,0
28. 06. 1979	17,4	2	16,6	176	0,107	5,7	0,6
23. 07. 1979	20,3	2	19,4	180	0,110	21,1	2,3
06. 08. 1979	65,5	1	65,5	170	0,101	14,6	1,5
24. 09. 1979	103,9	3	62,5	199	2,660	11,3	30,0
24. 10. 1979	0,0	0	0,0	186	0,560	14,1	7,9
14. 11. 1979	128,5	4	93,5	300	24,400	6,2	151,0
15. 11. 1979	26,0	1	26,0	380	40,300	13,6	548,0
13. 12. 1979	27,2	3	21,8	233	8,330	11,8	98,0
24. 01. 1980	79,6	3	43,5	334	33,100	34,4	1139,0
21. 03. 1980	27,9	2	25,6	224	6,760	18,8	127,0
26. 03. 1980	31,4	5	16,0	221	6,230	9,7	60,0
28. 04. 1980	19,8	4	12,5	223	6,580	17,7	117,0
10. 06. 1980	90,4	5	35,5	227	7,280	20,5	149,0
27. 06. 1980	87,6	7	30,6	284	19,600	28,4	557,0
10. 10. 1980	193,3	5	137,0	335	33,300	9,6	320,0

1 = datum opazovanja

2 = količina padavin (mm) v tednu pred opazovanjem

3 = število dni s padavinami neposredno pred opazovanjem

4 = maksimalna dnevna količina padavin (mm) pred opazovanjem

5 = vodostaj (cm)

6 = pretok (m³/s)

7 = količina lebdečega tovara (g/m³)

8 = odtok suspenza (g/s)

Tabela 1 b

Zajemno mesto na Pivki na Prestranku

Datum	Vodostaj v cm	Lebdeči tovor g/m ³
22. 03. 1979	—	± 0,0
11. 04. 1979	—	3,0
14. 11. 1979	262	6,5
13. 12. 1979	180	7,0
24. 01. 1980	185	28,0
26. 03. 1980	120	5,9
28. 04. 1980	93	8,2
27. 06. 1980	187	10,8
10. 10. 1980	270	8,2

Tabela 1 c

Zajemno mesto na Nanoščici pri Šmihelskem mostu (1979) in Malem Otoku (1980)

Datum	Vodostaj v cm	Lebdeči tovor g/m ³
22. 03. 1979	—	13,5
22. 04. 1979	—	4,4
28. 06. 1979	—	6,9
23. 07. 1979	—	22,2
06. 08. 1979	—	13,4
24. 09. 1979	—	15,6
24. 10. 1979	—	8,5
14. 11. 1979	—	6,6
23. 12. 1979	—	12,3
24. 01. 1980	103	5,8
21. 03. 1980	137	19,0
26. 03. 1980	117	14,6
28. 04. 1980	208	39,8
10. 06. 1980	136	16,2
27. 06. 1980	176	14,2
10. 10. 1980	zalit	12,3

Tabela 2

Število dni s padavinami nad 25 mm/dan in nad 40 mm/dan za obdobje 1979—80 za mersko postajo Postojna

Mesec	Dni nad 25 mm	Pogostnost	Dni nad 40 mm	Pogostnost
I	8	0,36	5	0,23
II	6	0,30	—	—
III	4	0,11	—	—
IV	1	0,04	1	0,04
V	—	—	—	—
VI	6	0,19	—	—
VII	1	0,04	—	—
VIII	3	0,15	1	0,05
IX	3	0,20	1	0,07
X	6	0,23	3	0,12
XI	7	0,28	4	0,16
XII	4	0,15	1	0,04
Skupaj	49	0,16	16	0,05

dnevno, skladno z ugotovitvami, da imajo v naših krajih take dnevne količine padavin že vidnejše oziroma intenzivnejše erozijske učinke (Kolbezen, 1979, 75). Absolutni dnevni padavinski maksimum v letih 1979—80 je bil 137 mm (9. 10. 1980). Izdatnejše dnevne padavine so bile v opazovalnem obdobju predvsem jeseni in pozimi.

Najmanjšo količino odtoka suspenza v Pivki pred Postojnsko jamo sem nameril ob pretoku $0,107 \text{ m}^3/\text{s}$ — $0,6 \text{ g/s}$. Največja količina pa je bila 1.802 g/s ob pretoku $55,8 \text{ m}^3/\text{s}$ in koncentraciji lebdečega tovara 32 g/m^3 . Podatke o pretokih je posredoval Hidrometeorološki zavod iz Ljubljane in se mu zahvaljujem.

Zaključek

Če vzamemo srednjo vrednost odtoka suspenza, dobljeno za Pivko pred Postojnsko jamo (97 g/s), kot približno povprečno vrednost ob srednji količini lebdečega tovara 16 g/m^3 , dobimo povprečni letni odtok suspenza 3058 t oziroma $11,4 \text{ t/km}^2/\text{leto}$ ($4,22 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{leto}$ pri specifični teži 2,7).

Srednja količina lebdečega tovara v potokih, ki pritekajo s karbonatnih kamnin, je vsaj petkrat manjša od količin v Pivki pred Postojnsko jamo. Ob upoštevanju specifičnega odtoka $22,5 \text{ l/s/km}^2$ in srednje količine lebdečega tovara 3 g/m^3 , dobimo za kraško zaledje Pivke pri Zagorju vrednost specifičnega odtoka suspenza $2,1 \text{ t/km}^2/\text{leto}$.

V skladu z navedenimi podatki o količinah lebdečega tovara in odtoku lahko računam, da je specifični odtok suspenza z normalnega sveta (fliš in aluvij) v porečju Pivke okoli $25 \text{ t/km}^2/\text{leto}$ ($9 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{leto}$).

V celotnem porečju Save predvidevajo (Zveza vodnih skupnosti 1978), da obsega lebdeči tovor 66 % celotnega gradiva, ki ga prenašajo vodotoki. Ker pa prenaša Pivka razmeroma malo proda, je najbrž pravilneje, če računam, da obsega v njenem porečju lebdeči tovor vsj 70 % ali celo več od skupnega transporta kamninskih delcev. Po takih predvidevanjih bi bila količina gradiva, ki ga Pivka odnaša v Postojnsko jamo oziroma v kraško podzemlje okoli 4.000 t letno oziroma 15 t/km^2 letno ($5,5 \text{ m}^3$). Dobljene številke so verjetno malo prenizke, a vseeno potrjujejo predvidevanja o šibki eroziji v porečju Pivke, veliko šibkejši od erozije v celotnem porečju Save z $260 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{leto}$. Vendar pa je razlika med erozijo na kraškem in erozijo na normalnem porečju Pivke zelo velika in dobro ilustrira selektivno erozijo.

Večina erozije v porečju Pivke gre na račun normalnega reliefa, od koder so dobljene količine laže primerljive s podatki o ostali Sloveniji. Pri tem moram poudariti, da imajo nekateri tokovi s fliša Pivške kotline še precej večje srednje vrednosti količin lebdečega tovara kot pa Pivka. Ekstremni primer je Lokva z 58 g/m^3 . Indeks lebdečega tovara Lokve v primerjavi s Pivko pred Postojnsko jamo je 367. Če računamo, da je tudi specifični odtok suspenza v Lokvi ustrezno večji (žal nimam podatkov o pretokih Lokve), dobimo vrednost vsaj okoli $80 \text{ t/km}^2/\text{leto}$ (30 m^3), kar je že vredno upoštevanja.

Čeprav predhodni, precej okvirni in približni, se mi zde ti podatki kot orientacijski dovolj zanimivi in upoštevanja vredni tudi za speleogenezo — Pivka vnaša v kraško podzemlje okoli 4000 t zdobljene kamnine letno.

Veliko lebdečega tovara voda sicer spet prinese na dan v kraških izvirih, vendar pa je ta količina tolikšna, da bi ob določenih spremembah sedimentacijskih in transportnih pogojev v podzemlju lahko voda relativno hitro odložila velike količine sedimentov. Posebno pozornost zasluži to vprašanje v zvezi z načrtovanim akumulacijskim jezerom na Planinskem polju, namreč koliko od teh 4000 t sedimentov voda prinese prav na Planinsko polje in koliko bi se jih tam sedimentiralo v primeru zaježitve.

Literatura in viri

- Brus, J., 1955—56: Količine suspendiranega materiala, plavajočega v Savi mimo Radeč v letu 1954. Gradbeni vestnik, 7, 39—40, 127—133.
- Demek, J. (edit.), 1972: Manual of Detailed Geomorphological Mapping. 1—344, Prague.
- Furlan, D., 1960: Klimatska razmejitev Slovenije. Geografski vestnik, 32, 45—57, Ljubljana.
- Gams, I., 1967: Faktorji in dinamika korozije na karbonatnih kameninah slovenskega dinarskega in alpskega krasa. Geografski vestnik, 38 (1966), 11—68, Ljubljana.
- Gams, I., 1969: Ergebnisse der neueren Forschungen der Korrosion in Slowenien. Problems of Karst Denudation, Studia Geographica 5, 9—20, Brno.
- Gams, I., 1972: Effect of Rundoff on Corrosion Intensity in the North-western Dinaric Karst. Trans. Cave Research Group of Great Britain, Vol. 14, No. 2, 78—83.
- Gams, I., 1976: Variations of total hardness of karst waters in relation to discharge (Case studies in Slovenia). Karst Processes and Relevant Landforms, 41—59, Ljubljana.
- Gams, I., 1980: Poglavitni dejavniki kemične erozije na krasu po svetu. Geografski vestnik, 52, 3—15, Ljubljana.
- Jenko, F., 1959: Hidrogeologija in vodno gospodarstvo krasa. 1—237, Ljubljana.
- Kolbezen, M., 1979: Transport hribinskega materiala na potokih vzhodnega in jugovzhodnega Pohorja kot posledica erozije tal. Geografski vestnik, 51, 73—82, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1980: Meritve recentnega fluvialnega transporta v jamah okrog Planinskega polja. Elaborat, Inštitut za raziskovanje krasa, SAZU, 1—39, Postojna.
- Meteorološki zavod Slovenije: Poročila. Ljubljana 1966—1975.
- Reya, O., 1946: Padavinska karta Slovenije. 1—18, Ljubljana.
- Zveza vodnih skupnosti Slovenije: Vodnogospodarske osnove Slovenije. 1—16/2, Ljubljana, 1978.

EROSION IN THE PIVKA RIVER BASIN

Andrej A. Kranjc

(Summary)

Pivka basin as a part of Ljubljana river watershed covers 268 km², 41% of normal (flysch and alluvium) and 59% of karst relief. Pivka basin lies 510—620 m a.s.l., mountains reach 1300 m on the divide line, with more than 500 m/km² of relief energy.

The area includes 140 km of surface streams — 30% are permanent, 70% temporary. The density of the river net in the basin is 178 m/km². The biggest river is Pivka, 26 km long (11 km of permanent stream), with average discharge near the ponor to Postojnska jama 6,04 m³/s (between 70—0,001 m³).

The climate of this region has modified mediterranean precipitation regime with maximum in autumn and minimum in winter. 28% of river basin are covered by forests.

I observed suspension load only. At different hydrologic situations the samples of water have been taken into plastic bottles and filtered through coarse filtering paper (black label) to get the quantity of coarse suspension load (above 0,001 mm).

The mean quantity value of suspension load was 8,6 g/m³ in Pivka river at Prestranek, 15,8 g in Pivka at Postojnska jama. In Nanoštica, the biggest tributary from flysch, there were 17,1 and 17,4 g/m³ respectively of suspension load. Maximal measured quantity in Pivka was 34 g/m³. Some smaller streams from flysch, sinking directly into the underground, had higher values, the highest was found in Lokva 58,1 g/m³ as mean value and 970 g/m³ as maximum one.

The differences among suspension concentrations in particular streams are due mostly to water basin rock structure; the differences in suspension runoff are dependent mostly upon discharge. The smallest suspension runoff in Pivka river was 0,6 g/s (discharge 0,107 m³/s), the biggest 1.802 g/s (discharge 55,8 m³/s).

Annual runoff of suspension load from the Pivka basin is 3048 t, 11,4 t/km²/year respectively (4,22 m³/km²/year at specific weight 2,7). Karst Pivka river spring has specific suspension runoff 2,1 t/km²/year, from impermeable area 25 t/km²/year. There are no data about Lokva discharge. On the base of specific runoff it could be said that it reaches about 80 t/km²/year.