

SLOVENSKA AKADEMIJA ZNANOSTI IN UMETNOSTI
ACADEMIA SCIENTIARUM ET ARTIUM SLOVENICA

RAZRED ZA NARAVOSLOVNE VEDE
CLASSIS IV: HISTORIA NATURALIS

ZNANSTVENORAZISKOVALNI CENTER SAZU
INSTITUT ZA RAZISKOVANJE KRASA * INSTITUTUM CARSOLOGICUM

ACTA CARSOLOGICA

KRASOSLOVNI ZBORNIK

XIV—XV
1985—1986



LJUBLJANA
1986

SPREJETO NA SEJI
RAZREDA ZA NARAVOSLOVNE VEDE
SLOVENSKE AKADEMIJE ZNANOSTI IN UMETNOSTI
DNE 31. OKTOBRA 1985
IN NA SEJI PREDSEDSTVA
DNE 26. FEBRUARJA 1986

UREDNIŠKI ODBOR
JOŽE BOLE, IVAN GAMS, MARIO PLENIČAR, RADO GOSPODARIČ,
PETER HABIČ

UREDILA
PETER HABIČ IN RADO GOSPODARIČ

Zamenjava — Exchange:
Biblioteka SAZU
Novi trg, 5/1, 61001, P. P. 323, Jugoslavija

Tiskano s subvencijo Raziskovalne skupnosti Slovenije in
Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU

POSVEČENO
AKADEMIKU PROF. DR. SVETIZARJU ILEŠIČU
1907—1985

Akademik prof. dr. Svetozar Ilešič

8. 6. 1907—4. 2. 1985

Ugledni slovenski geograf, redni član SAZU, univerzitetni učitelj od 1933 do 1977, zaslužni profesor ljubljanske univerze, častni doktor mari-borske univerze, častni predsednik slovenskega geografskega društva in častni član hrvaškega, srbskega, makedonskega, poljskega, madžarskega, italijanskega in Münchenskega geografskega društva, je bil od leta 1972 do 1975 tudi upravnik Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU v Postojni. Od leta 1969 je bil član znanstvenega sveta tega inštituta in od 1972 predsednik sveta ter od leta 1972 do 1984 tudi glavni urednik inštitutskega zbornika Acta carsologica, ki je po njegovi zaslugi preimenovan iz Poročil v Krasoslovni zbornik.

Vkljub obsežnemu delu, številnim nalogam in funkcijam je akademik prof. dr. Svetozar Ilešič izredno zavzeto skrbel za delo Inštituta za raziskovanje krasa. Živo se jeanimal za vsakega sodelavca in skrbel za prijetno delovno vzdušje. Krepil je enotnost delovnega kolektiva s svojimi rednimi obiski v Postojni, na poučnih ekskurzijah po slovenskem krasu, ali ob sprejemih med poletnimi počitnicami na Bledu. Osebno se je zavzemal za takšen raziskovalni program, ki poleg teoretičnih izsledkov daje odgovore tudi na številna praktična vprašanja človekovega dela in bivanja na krasu, tem svojevrstnem geografskem okolju. Zavzel se je za ustanovitev Kraške muzejske zbirke, bil je častni predsednik 6. jugoslovanskega speleološkega kongresa 1972 v Lipici in III. mednarodnega simpozija o sledenju podzemeljskih voda 1976 na Bledu. S svojo človeško toplino in dobroto ter s široko svetovno razgledanostjo geografa znanstvenika in učitelja nam bo ostal v posebnem spominu.

Uredniški odbor

VSEBINA — INDEX

<i>In memoriam</i> : Akad. prof. dr. Svetozar Ilešič (1907—1985)	5
SIMPOZIJ O KRAŠKEM POVRŠJU — predgovor	9
<i>Herak, Milan</i>	
Geotektonski okvir zaravni u kršu (5 slika)	11
Geotectonic frame of karst plains (with 5 Figures)	18
<i>Gospodarič, Rado</i>	
O geološkem razvoju klasičnega Krasa	19
About the geological development of classical Karst	29
<i>Čar, Jože</i>	
Geološke osnove oblikovanja kraškega površja	31
Geological bases of karst surface formation	37
<i>Habič, Peter</i>	
Površinska razčlenjenost Dinarskega krasa (s 7 slikami)	39
Surface dissection of Dinaric karst (with 7 Figures)	58
<i>Šušteršič, France</i>	
Model čistega krasa in nasledki v interpretaciji površja	59
The »pure karst model« and its consequences in the karst relief interpretation	69
<i>Gams, Ivan</i>	
Kontaktni fluviokras (s 5 slikami)	71
Contact fluviokarst (with 5 Figures)	87
<i>Sušteršič, France</i>	
Zaprte kraške globeli, problematika interpretacije in kartografskega prikaza (z 1 sliko)	89
The closed depression, problems of identification and cartography (with 1 Figure)	97
<i>Radinja, Darko</i>	
Kras v luči fosilne fluvialne akumulacije	99
Karst in the light of fossilized fluvial deposition	108
<i>Kranjc, Andrej</i>	
Transport rečnih sedimentov skozi kraško podzemlje na primeru Škocjanskih jam	109
Underground fluvial sediments as an example from Škocjanske jame (Kras, Slovenija)	116
<i>Kogovšek, Janja</i>	
Korozija pri vertikalnem prenikanju vode (z 2 slikama)	117
Corrosion during vertical water percolation (with 2 Figures)	126
<i>Petrović, Jovan B.</i>	
Dubinski krš Belopalanačke kotline	127
The phreatic karst of the Bela Palanka basin	135
<i>Miljković, Ljupče</i>	
Dubinski krš zapadnog oboda Beljanice (3 slike)	137
The phreatic karst of the western Beljanica border (with 3 Figures)	148

<i>Božičević, Srećko</i>	
Morfologija i geneza urušnih vrtača (4 slika, 2 crteža)	149
Morphology and genesis of collapse dolines (with 4 Photos and 2 Figures)	162
<i>Pavičić, Ante — Fritz, Franjo</i>	
Postanak i razvoj doline Krčića i izvora Krke (Dalmacija) (2 slike)	163
The origin and development of the Krčić river valley and Krka spring (with 2 Figures)	172
<i>Kunaver, Juriš</i>	
K problematiki geomorfološkega kartiranja in tipologije visokogorskega glaciokraškega reliefa	173
On the problems of geomorphological mapping and typology of mountain glaciokarst relief	182
<i>Belij, Srdjan</i>	
Komparativnost krškog, glacialnog i periglacialnog procesa u reliefu Juž- nog Velebita (11 slika)	183
Comparison of karst, glacial and periglacial process in the relief of Southern Velebit (with 11 Figures)	196
<i>Bognar, Andrija — Blazek, Ištvan</i>	
Geomorfološka karta područja Velike Paklenice, 1:25.000 (2 slike)	197
The geomorphological map of Velika Paklenica region (with 2 Figures) .	206
<i>Mihevc, Andrej</i>	
Geomorfološka karta ozemlja Logaških rovta (z 1 kartom)	207
Geomorphological map of Logaške Rovta region (with 1 map)	218
<i>Natek, Karel</i>	
Projekt »Splošna geomorfološka karta Jugoslavije v merilu 1:100.000 in kartiranje kraškega površja	219
The project »General geomorphological map of Yugoslavia in the scale 1:100.000« and the mapping of karst areas	226
<i>Bonacci, Ognjen</i>	
Polja u kršu — utjecaj rada čovjeka na promjenu hidrološkog režima (2 slike)	227
Poljes in karst — The influence of man's work on the changes in the hydrological regime (with 2 Figures)	229
<i>Šestanović, Slobodan</i>	
Utjecaj građevinskih objekata izvan urbaniziranih područja na vodne resurse u kršu	239
The influence of civil engineering structures located outside the urban on the water resources in karst	241
<i>Debelak, Marjan</i>	
Turistično rekreacijska Valorizacija ohranjenih naravnih fenomena na območju občine Cerknica	245
Tourist-recreational valorization of preserved natural phenomena in the region of Cerknica commune	247

PREDGOVOR

SIMPOZIJ O KRAŠKEM POVRŠJU

(12.—14. JUNIJ 1985, POSTOJNA)

V 14. in 15. številki Krasoslovnega zbornika — Acta carsologica objavljamo referate s simpozija o kraškem površju, ki ga je organiziral Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU v Postojni. Pobudo o znanstveni razpravi, izmenjavi izkušenj pri preučevanju in kartiranju kraškega površja z vidika njegovega nastanka in funkcije sta podprli Zveza geografskih društev Slovenije in Raziskovalna skupnost Slovenije, ki je prispevala tudi del sredstev za organizacijo zborovanja in objavo referatov.

Intenziven razvoj krasoslovja pa tudi gospodarskega izkoriščanja ter naraščajoči problemi varstva krasa odpirajo nova vprašanja v zvezi z nastankom in razvojem kraškega površja, njegovo funkcijo in kartografsko upodobitvijo. V Sloveniji je temeljno raziskovanje krasa vključeno v raziskovalni program Slovenske akademije znanosti in umetnosti z naslovom »Naravna in kulturna dediščina slovenskega naroda«, ki ga izvajajo sodelavci Inštituta za raziskovanje krasa Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU s finančno podporo Raziskovalne skupnosti Slovenije. Kras preučujejo tudi druge ustanove oziroma posamezniki in tako bogatijo skupna spoznanja. Podobno velja tudi za druge republike v okviru Jugoslavije.

Znanje o kraškem površju se je v zadnjih desetletjih doma in po svetu znatno poglobilo. K temu so prispevale sodobne raziskovalne metode različnih raziskovalnih področij. Na klasičnem krasu smo po skromnih močeh spremljali ta razvoj znanosti in skušali k napredku krasoslovja tudi nekaj prispevati. Odprtih pa je še precej vprašanj o geomorfološkem razvoju pa tudi o gospodarskem vrednotenju krasa. To potrjujejo prebrani referati in živahna razprava na simpoziju, na katerem je sodelovalo 54 krasoslovcev iz vse Jugoslavije. Po dopoldanskih predavanjih in razpravi so bili popoldne na vrsti terenski prikazi različnih kraških predelov klasičnega krasa z genetskega, funkcijskega in kartografskega vidika. Udeleženci simpozija so si ogledali Zgornjo Pivko, Cerkniško jezero, Planinsko polje in Loško dolino ter Divaški kras in okolico Škocjanskih jam. Ob tej priložnosti so razpravljali o različnih možnostih tolmačenja teh pojavov, kar je bilo zelo zanimivo in koristno za vse sodelujoče.

Posebna večerna okrogla miza je bila namenjena problemom geomorfološkega kartiranja krasa. Bogate razprave ni mogoče strniti v nekaj stavkov, vključno pa naj zabeležimo nekaj najpomembnejših misli in sklepov. Pokazala se je potreba po izostritvi kraške geomorfološke terminologije, koristen pa bi bil tudi leksikon temeljnih krasoslovnih pojmov. Natančneje je treba definirati namen in vsebino geomorfološkega kartiranja in izpopolniti metodologijo izdelave geomorfološke karte krasa. Inštitut za raziskovanje krasa naj bi zbiral

dokumentacijo o sledovih fosilnih akumulacij na krasu in o posebnih kraških reliefnih oblikah. V sodelovanju z zainteresiranimi naj bi načrtali in uredili krasoslovno učno pot po klasičnem krasu in izdali potrebni vodnik. Okrepiti bi bilo treba tudi informativno središče v Postojni. Udeleženci simpozija so se zavzeli tudi za takšno zavarovanje Cerkniškega in Planinskega polja, da z morebitnimi posegi ne bi bila ogrožena naravna in kulturna dediščina tega dela klasičnega krasa. V prihodnje bi bilo treba organizirati podobna posvetovanja tudi o kraškem podzemlju in kraški hidrologiji.

Udeleženci simpozija so zadolžili organizatorja, da izsledke posreduje širšemu krogu strokovnjakov doma in po svetu.

Zbrani prispevki so v tem zborniku razporejeni po tematiki, kakor je bila nakazana v programu in poteku simpozija. Uvodni del predstavljajo referati, ki obravnavajo geološko podlago in razvoj, sledijo poročila o kraškem in fluvio-kraškem reliefu, o sledovih nekdanjih in recentnih dogajanj, nato pa tematski in regionalni prikazi iz različnih predelov jugoslovanskega krasa. V drugem delu zavzemajo osrednje mesto problemi geomorfološkega kartiranja, sledijo pa primeri funkcijskega vrednotenja in pobude za zaščito kraškega površja.

Uredništvo

GEOTEKTONSKI OKVIR ZARAVNI U KRŠU

(S 5 SLIKAMI)

GEOTECTONIC FRAME OF KARST PLAINS

(WITH 5 FIGURES)

MILAN HERAK

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
dr. MILAN HERAK
Jugoslovenska akademija znanosti i umjetnosti
41000 Zagreb, Ante Kovačića 5
Jugoslavija

Sažetak

UDK 551.24:551.44
551.44:551.24

Herak Milan: Geotektonski okvir zaravni u kršu

Novija geotektonska istraživanja pokazuju da su položaj i rasprostranjenost nekih zaravni u kršu dijelom uvjetovani i geotektonskim okvirom, pa određivanje stupnja alohtonije olakšava rekonstrukciju cjelovitog procesa nastanka zaravni. Za ilustraciju prikazani su primjeri u diseciranom i akumuliranom orogenskom kršu.

Abstract

UDC 551.24:551.44
551.44:551.24

Herak Milan: Geotectonic frame of karst plains

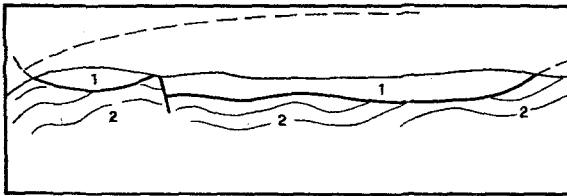
The recent geotectonic investigations have shown that the situation and the distribution of some karstic plains are partly influenced by geotectonics, thus the degree of allothony facilitates the reconstruction of the entire process of the plains origin. Some examples in dissected and accumulated orogenic karst are given for illustration.

UVOD

U analizi morfologije krških terena, redovito se u dovoljnoj mjeri uvažava uloga vode, klime, strukture i kemizma stijena kao i elementarnih (lokalnih) tektonskih oblika, ali najčešće izostaje uočavanje značenja širih geotektonskih odnosa u genezi površinskih oblika, osobito većih zaravni. Razlog je tome što su klasične geomorfološke koncepcije nastale u vrijeme kada alohtona tektonika (bilo kojega tipa) nije još bila stekla ni pravo građanstva, a kamoli da bi postala osnovom svih tektogenetskih analiza, kao što je to danas. Štoviše, danas se bez mobilističkog razmišljanja (uz potreban kritičan odnos) ne može u potpunosti izvršiti suvremena interpretacija većih površinskih oblika krških terena orogenskog tipa. Zato ćemo se u ovoj prilici zadržati samo na tipovima krških terena koji nose obilježja akumuliranog i diseciranog krša kojima je upravo navlačna tektonika odredila širi okvir i neke bitne unutrašnje odnose o kojima ovisi tip i stupanj propusnosti, odnos prema eroziji i dr., pa ovo izlaganje treba shvatiti samo kao dopunu, a nikako ne kao zamjenu za bilo koju standardnu metodu geomorfologije.

PRIMJERI U DISECIRANOM KRŠU

Osvrnut ćemo se najprije na nekoliko primjera orogenskog diseciranog krša. Taj tip krša nalazimo u tzv. Unutrašnjim Dinaridima i u dijelu jadranskog strukturnog kompleksa na kojem je razvijen transgresivan paleogenski (uglavnom eocenski) fliš. U jednom i drugom području došlo je, zbog navlačne tektonike, do dezintegriranja karbonatne podloge i do stvaranja strukturnih odnosa u kojima su dijelovi primarnog karbonatnog kompleksa odvojeni nepropusnim naslagama što je imalo bitnog odraza na cjeloviti krški proces. No, i u takvim terenima postoje znatne razlike u ovisnosti o litostratigrafiji i drugim faktorima. Za ilustraciju, navest ću neke primjere.



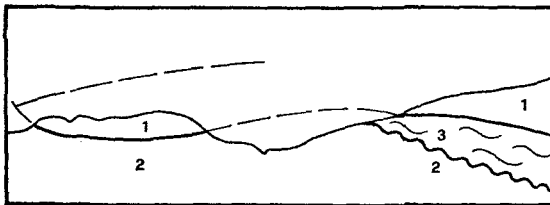
Sl. 1 Šire područje Peštera:
1 — navučene trijasko naslage,
2 — jursko-kredni »vulkanogeno-sedimentni« kompleks

Fig. 1. Broader area of Peštera:
1 — the nappe of Triassic deposits,
2 — Jurassic-Cretaceous »volcanic-sedimentary« complex

U području Unutrašnjih Dinarida postoje prostrane karbonatne površine poput onih u području Peštera (sl. 1), Devetaka i dr. Danas se znade da se tu radi o navlakama trijaskih pretežno karbonatnih stijena na jursko-kredne »vulkanogeno-sedimentne« tvorevine u kojima ima i ultramafita, ali u širem prostoru i tipičnog fliša. Prema tome, već su pri samom navlačenju nastali zaravnjeni oblici, koji su kasnije izdignuti i izloženi najprije eroziji, a po smirivanju tektonske dinamike, i koroziji koja je dala završno oblikovanje. Da bi se mogao odrediti stupanj korozije, valjalo bi znati točan litostratografski ras-

Sl. 2. Model diseciranih karbonatnih kompleksa (desno) i akumuliranih (lijevo) u Žumberku i Beloj Krajini:
1 — navučeni trijaski dolomiti,
2 — jurski vapnenci,
3 — kredni fliš

Fig. 2. Model of dissected carbonate complexes (right) and accumulated ones (left) in the area of Žumberak and Bela Krajina:
1 — the nappe of Triassic dolomites,
2 — Jurassic limestones,
3 — Cretaceous flysch



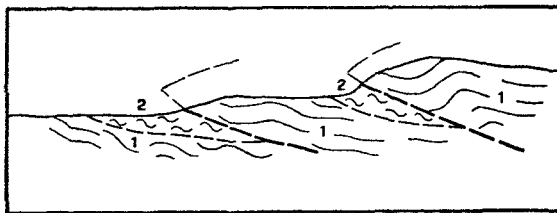
pon navučenog karbonatnog kompleksa i učinak erozije. Što se raspona tiče, siguro je jedino da se kretao unutar općeg raspona karbonatnih naslaga srednjega i gornjega trijasa. To bi mogla biti i jedina osnova za određivanje učinka erozije i korozije zajedno, a to znači i za razdvajanje uloge tektonike od uloge vode u oblikovanju više ili manje zaravnjenih područja.

Do sličnih odnosa može doći i u graničnom području tzv. Unutrašnjih i Vanjskih Dinarida, i to tamo gdje su trijasko karbonatne naslage navučene na rubni fliš Vanjskih Dinarida (sl. 2). Kao primjer može poslužiti područje Žumberka s dijelom Bele Krajine u susjednoj Sloveniji. Novija su istraživanja pokazala da tu postoji navlaka karbonatnih naslaga Unutrašnjih Dinarida na fliške i karbonatne naslage Vanjskih Dinarida, pa je i to bitno pridonijelo primarnoj zaravnjenosti nekih prostora izgrađenih od dolomita, gdje bi teško bilo i zamisliti uvjete za dalekosežnije korozivno djelovanje vode (npr. u području između Sošica i Kostanjevice). No, i unutar toga područja ima razlika koje su uvjetovane činjenicom da karbonatna navlaka dijelom pokriva rubni fliš (pa je diseciran karbonatni kompleks), a dijelom karbonatni kompleks Vanjskih Dinarida, te je došlo do akumuliranja karbonatnih naslaga. Dok su u prvom dijelu površinske krške forme rijetke ili čak i nedostaju, u drugom dijelu postoji jaka propusnost podloge navlake, koja se sastoji od jurskih i krednih vapnenaca. U koliko su oni bliže površini, u toliko više utječu na propusnost navučenih dolomita, pa se mjestimično i u njima mogu pojavljivati ponikve, uvale, pa i ponori.

Kada se radi o orogenskom diseciranom kršu u okviru jadranskog strukturnog kompleksa (u otočnom i priobalnom području, zatim u Hercegovini i dijelom u Dalmatinskoj Zagori), susrećemo se s dodatnim problemima. Oni se odnose ne samo na stupanj navlačenja nego i postnavlačne erozije, budući da je starosni raspon navučenih karbonatnih naslaga na fliš mnogo širi a debljina veća. Obično postoji kombinacija karbonatnih naslaga krede i paleogena i eocenskog fliša (sl. 3). U tom sklopu fliš, iako najmlađi, prekinuo je primarni

Sl. 3. Pojednostavljeni model vezanih navlaka kredno-paleogenskih vapnenaca (1) i eocenskog fliša (2)

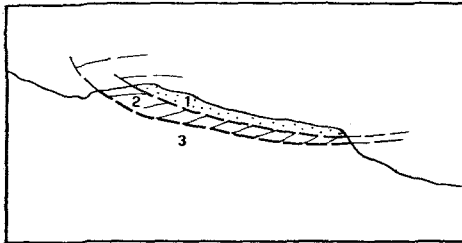
Fig. 3. Simplified overthrust model of Cretaceous-Paleogene limestones (1) and Eocene flysch (2)



kontinuitet karbonatnih stijena, reducirao dubinu krške propusnosti i ograničio ulogu vode u formiranju krških oblika. Te su pojave dovoljno poznate, pa se nećemo njima detaljnije baviti. No, valja ponovno upozoriti da Promina formacija koja je karakteristična za to područje, a dijelom i Jelar formacija, jasno pokazuju da je proces mehaničke erozije za vrijeme navlačne tektonike i neposredno nakon njezina smirivanja, bio veoma intenzivan, pa je tako olakšao korozivnu ulogu vode u konačnom modeliranju površinskih oblika.

PRIMJERI U AKUMULIRANOM KRŠU

Još je veće značenje navlačne tektonike u orogenskom akumuliranom kršu, kojemu uglavnom pripada i pojas Visokog krša. U ovom se slučaju, naime povezuju primarno odvojeni karbonatni kompleksi, kao što je već naznačeno u prikazu graničnog područja Vanjskih i Unutrašnjih Dinarida u Žumberku. No, ovdje je debljina akumuliranih karbonatnih naslaga veća, a tektonska poremećenost dublja što bitno utječe na raspored i cirkulaciju podzemnih voda i na njihovu ulogu u postanku podzemnih i nadzemnih krških oblika. Kada se još uzme u obzir da su procesom navlačenja obuhvaćene i neke starije nepropusne naslage (u prvom redu paleozoika i donjeg trijasa), onda je genezu nekih većih površinskih oblika još teže rekonstruirati, pa svaka simplifikacija predstavlja opasnost od krivih ili barem nepotpunih zaključaka. Klasičan primjer za to jesu polja i druge prostranije zaravni u Lici. Donedavno je Lika smatrana klasičnim autohtonim terenom, pa su isključivo na toj osnovi izvođeni zaključci o karbonatnim zaravnima različita tipa i prostranstva. Zato je i razumljivo da je teorija korozivnih zaravni upravo tu našla prvo uporište. Danas, međutim, znamo da čitavom tom prostoru navlačna tektonika daje osnovno strukturno obilježje, koje je poremećeno i zamaskirano kasnijom radijalnom tektonikom. Na rubovima polja susrećemo čela navlačenja, na zaravnima navlačke, a u nekim spuštenim područjima tektonska okna. Postoje čak i indicije o navučenom paleozoiku. O znatnom kretanju i mehaničkom razaranju različitih kompleksa govore i bogato razvijene makroklastične karbonatne naslage Jelar formacije u kojoj ima fragmenata od donjeg trijasa do paleogena.



Sl. 4. Dio navlačnog sustava u Gorskom kotaru:

- 1 — paleozojski i trijaski klastiti,
- 2 — trijaski dolomiti,
- 3 — jurski vapnenci

Fig. 4. A part of the nappe system in Gorski Kotar:

- 1 — paleozoic and Triassic clastics,
- 2 — Triassic dolomites,
- 3 — Jurassic limestones

Samim rasjedima bilo bi nemoguće objasniti toliki starosni raspon izdanaka i njihov današnji raspored u kojem starost fragmenata više upućuje na blizinu ishodišnog područja u okviru navlake nego na dubinu erozije koja bi bila potrebna da se odgovarajući izdanci pojave na površini. Zato lički zaravnjeni prostori traže dodatnu tektonsku evaluaciju, kako bi se moglo razlučiti ono što je posljedica navlačne tektonike od pojava nastalih naknadnim djelovanjem vode.

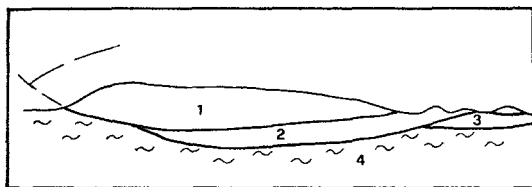
Zanimljiv je i primjer Gorskog kotara (sl. 4) gdje kompleks navlake paleozoika i trijasa leži na veoma poremećenim jurskim vapnencima s nešto dolomita. Budući da se radi o inverziji stratigrafskih kompleksa, pa na juri najprije leže trijaski dolomiti, zatim trijaski klastiti, a na njima (dijelom in na juri) paleozojski klastiti, jasno je da u formiranju današnje površine važnu ulogu valja pripisati navlačenju ali i eroziji. Navlačenjem su stvorene zarav-

njene površine koje su kasnije izdignute i dijelom poremećene. Kako su se u početku na površini nalazile upravo nepropusne klastične naslage paleozoika i trijasa, proces mehaničke erozije došao je do punog izražaja na što upućuju i sačuvani često veoma mali erozijski ostaci klastičnih naslaga na dolomitima trijasa ili čak i na vapnencima jure. Nakon uklanjanja dijela toga pokrivača, voda je mogla djelovati i na karbonatnu osnovu. Dolomiti su uglavnom mehanički trošeni i odnošeni bilo površinski ili kroz otvorene šupljine u podlozi izgrađenoj od jurskih vapnenaca. Prema tome korozivna je aktivnost više pridonijela proširivanju podzemnih šupljina nego oblikovanju površine, iako se time ne želi takva njezina uloga potpuno isključiti.

Novija istraživanja upućuju na mogućnost da i jurske naslage u ovom strukturnom kompleksu predstavljaju navlačnu jedinicu koja leži na pelagičkim manje propusnim, pa i nepropusnim naslagama (koje se povezuje s tolminskim i budvanskim pojasovima). U koliko se to pokaže ispravnim, tada bi i činjenica da sve vode iz tog prostora gravitiraju crnomorskom a ne jadranskom slivu, imala svoje logično objašnjenje.

Analognim uključivanjem alohtone tektonike, mogu se objasniti i mnogi dosad neriješeni problemi makromorfologije krša, osobito krških polja i njihovih rubnih zaravni. No, to prelazi okvir ovog prikaza, kojemu je jedini cilj da potakne kompleksniji pristup rješavanju tih problema.

Pa ipak, dodat ću par riječi o području u kojem se nalazimo i njegovoj široj okolini. Elementi navlačne tektonike u novije se vrijeme sve češće ističu, pa mislim da ne treba dokazivati da se uglavnom radi o akumuliranom orogenskom kršu. Međutim, pojava fliša i ispod navlaka (sl. 5) nameće pitanje o



Sl. 5. Slovenski kras:

1—3 karbonatne navlake,
4 — fliš

Fig. 5. Slovenian Karst:

1—3 carbonate nappes,
4 — flysch

prisutnosti i diseciranog orogenskog krša. Na prvi pogled odgovor bi bio pozitivan. Ali, detaljnija analiza pokazuje da taj fliš u podlozi navlaka nije prekinuo primarne karbonatne komplekse, jer je on nastao u samostalnom sedimentacijskom prostoru koji se odlikovao pelagičkim uvjetima od gornjeg trijasa do eocena. Prema tome, te su naslage primarno odvajale različite karbonatne platforme, (jadransku i dinarsku), pa zato njihova prisutnost u podlozi dinarskih struktura nema nikakvo posebno značenje u odnosu na kršku klasiifikaciju. Naveo sam ovaj primjer i zato da upozorim kako sama litostratigrafija i lokalna tektonika nisu dostatni za ocjenu složenih tipova krških terena kakvi su disecirani i akumulirani krški kompleksi. S obzirom na to da kod nas upravo takvi tipovi krša pretežu, smatram da bi ovakav pristup morfo-genetskim problemima olakšao i upotpunio geomorfološku sliku krških prostora orogenskih karakteristika, a jednako tako i u svim ostalim analognim geotektonskim pojasovima.

Ovo je izlaganje zapravo tematski nastavak referata pod naslovom »Geotektonski okvir speleogeneze« (Herak; Deveti jugosl. speleol. kongres, Karlovac 1984, Zbornik predavanja, 111—129, Zagreb 1984), pa se u njemu može naći dodatna literatura.

GEOTECTONIC FRAME OF KARST PLAINS

Summary

(1) Every analysis of karst morphology should be, more than usually, based on a reliable geotectonic concept of the area in question, especially when dissected and accumulated orogenic karst terrains are involved. Such an approach is even more needed in case of karst plains which, within the orogens (i. e. mountain belts), to a great part owe their basic extension to overthrust or even nappe tectonics, the final modelling being performed by mechanical and chemical activity of water.

(2) Several carbonate plains within the Inner Dinarides, e.g. Pešter, Devetak, etc. are true nappes of Triassic rocks underlain by Jurassic-Cretaceous »volcanic-sedimentary« complexes (Fig. 1) or by marginal flysch covering carbonate platform (Fig. 3). They have been separated from the basement of the Inner Dinaric area in question, and are to be considered as a part of the dissected orogenic karst. The recent shape is due to tectonic, erosion and corrosion (obviously to a lesser extent).

Dissected karst terrains within the Adriatic structural complexes have been formed in different conditions, i. e. Cretaceous-Paleogene carbonate rocks (predominantly limestones) are disintegrated, and at least partly separated by Eocene flysch (Fig. 3) due to overthrusts (or even nappes). The existence of Promina formation (molasse consisting of predominantly carbonate fragments) testify mechanical activity of waters which, jointly with contribution of corrosion, modelled the recent topography.

(3) Accumulated karst terrains are best recognizable along the High Karst Belt. The poljes surrounded by plains are numerous, but different in origin.

The areas of the Lika were mostly considered as tectonically autochthonous. Hence, the origin of flat surfaces was ascribed mainly to water corrosion. However, the recent investigations have supplied reliable data of nappe structures. The preserved calcirudites of Jelar formation, being mechanically accumulated, indicate that beside tectonics and corrosion also erosion contributed to modelling of flat surfaces.

In the area of Gorski Kotar it is evident that the main cause of flat surfaces has been nappe tectonics (confirmed by inverse lithostratigraphic sequences), followed by partial erosion of Paleozoic and Triassic clastics which are the uppermost nappe unit (Fig. 4). There was not much left for surficial corrosion. However, it was extensively active in the karst interior (under the nappe system).

The areas of Slovenski Kras (Slovenian Karst) is as well to be classified as accumulated orogenic karst, despite of their basement consisting of flysch deposits (Fig. 5). The reason for such a conclusion is in fact that this particular flysch belongs to an independent belt (primarily dividing two carbonate platforms). Hence, it does not dissect any homogenous carbonate complex. This is a good example to show that the knowledge of lithostratigraphy and local tectonics only is not sufficient for a reliable classification of orogenic karst types. There is also needed a complete insight into time and space relations of the whole major tectonic belt to which belongs the area under estimation.

O GEOLOŠKEM RAZVOJU KLASIČNEGA KRASA
ABOUT THE GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF CLASSICAL KARST

RADO GOSPODARIČ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985
*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address

dr. RADO GOSPODARIC, znanstveni svetnik, izr. prof.
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
66230 Postojna, Titov trg 2
Jugoslavija

UDK 551.763.3(24)(497.12)
551.78/.79(24)(497.12)
551.44(497.12)

Izvleček

Gospodarič Rado: O geološkem razvoju klasičnega krasa.

Prispevek obnavlja dosedanje znanje o paleogeografskih razmerah in zakrasevanju v zgornji kredi in terciarju ter ugotavlja faze zakrasevanja v kvartarju. Pokazani so favnistični in floristični, posebej pa sedimentološki dokazi o stratigrafskem zaporedju izvotljevanja in zasipavanja kraških jam med kraškimi polji in v ponornih območjih kraških ponikalnic. Z novejšimi podatki je dopolnjen geološko-geomorfološki model S. Brodarja (1952) o razvoju kraških jam v kvartarju. Nakazani so nerešeni problemi datiranja terra rosse in puhlice ter raznovrstnih fluvialnih sedimentov na kraškem površju in v podzemlju, ki ovirajo geokronološko usklajevanje številnih geoloških in geomorfoloških podatkov s klasičnega krasa Slovenije.

UDC 551.763.3(24)(497.12)
551.78/.79(24)(497.12)
551.44(497.12)

Abstract

Gospodarič Rado: About the geological development of classical Karst.

The article resumes the knowledge on paleogeographic conditions and karstification in Upper Cretaceous and Tertiary and established the phases of karstification in Quaternary. Faunistic and floristic, and specially sedimentological proofs of the stratigraphic sequences of cavitation and filling of karst caves among karst poljes and in ponor regions of karst sinking streams are shown. By the recent data geologic geomorphological model of S. Brodar (1952) about the karst caves development in Quaternary is completed. Terra rossa and loess dating as well as several fluvial sediments on the karst surface and in the underground are presented as the unsolved problems, impeding the geochronological adjustment of several geological and geomorphological data from Classical Karst of Slovenia.

O GEOLOŠKEM RAZVOJU KLASIČNEGA KRASA

Za uspešno preučevanje krasa neke pokrajine neobhodno potrebujemo podatke o geološki zgradbi in geološkem razvoju. V analizo in sintezo vključujemo geološki čas od nastajanja kamnine do njenih tektonskih deformacij, od prvega kopnega do današnjega površja.

Za obravnavani del klasičnega krasa, ki je pretežno razvit v krednih in paleocenskih apnencih, imamo že dokaj opredeljene litološke osnove zakrasevanja, manj pa vemo o geokronološkem zaporedju nastajanja in oblikovanja tega krasa. Če na zakrasevanje v mezozoiku in starejšem terciarju še lahko sklepamo po stratigrafsko opredeljenih boksitih in po emerzijah kopnega, potem je ugotavljanje zakrasevanja v neogenu na obravnavanem krasu zelo otežkočeno, ker ne poznamo tud ustreznih sedimentov. O geološko-geomorfološkem razvoju posameznih tukajšnjih kraških pojavov pretežno iz kvartarja sicer poročajo nekateri raziskovalci (S. Brodar, 1952; I. Gams, 1965; R. Gospodarič, 1976; R. Gospodarič in P. Habič, 1979), vendar smo še daleč od stratigrafsko utrjene regionalno in globalno veljavne geokronologije obdobj zakrasevanja v neogenu in kvartarju.

Na obravnavanem krasu so najbolj razgaljene in zakrasele kamnine kredne periode. Njihovo razširjenost ter stratigrafsko in tektonsko razmerje do

jurskih skladov v talnini in terciarnih plasti v krovlini prikazujejo in opisujejo geološke karte in tolmači, predvsem listi Postojna, Ilirska Bistrica in Trst v merilu 1:100.000 (M. Pleničar, 1970; D. Šikić in M. Pleničar, 1975; M. Pleničar, A. Polšak, D. Šikić, 1973). V splošnem gre za plitvomorske in nadplimske sedimente v spodnji kredi ter grebenske in obgrebenske apnenice v zgornji kredi. Podrobnejše podatke z Divaškega, Postojnskega in Cerkniškega krasa sta s tem v zvezi objavila R. Gospodarič (1983) ter J. Čar in R. Gospodarič (1984).

S stališča zakrasevanja je zanimiva litološko-petrološka sestava krednih skladov. V mikritnih in sparitnih apnencih imamo namreč vključene tudi dolomitizirane in silificirane apnenice, ki zaradi slabše topnosti zavirajo zakrasevanje na površju in v podzemlju. Zanimiva je tudi različna skladnatost in z njo povezana različna razpokanost apnenčevih skladov, saj vpliva na morfologijo podzemeljskih rogov in na oblike površinskega krasa.

Doslej še ni pojasnjeno, čemu imamo na obravnavanem ozemlju prav v zgornjekrednih kamninah najbolj razvit površinski in podzemeljski kras. Možno je, da te kamnine bolj zakrasevajo, ker so primarno in sekundarno bolj proпустne kot krovni paleocenski apnenici, saj so lahko bile že na prehodu iz kredne v terciarno periodo tektonsko deformirane in na občasnem kopnem izpostavljene prvemu zakrasevanju.

Karbonatni danijski in drugi paleocenski skladi se razlikujejo od krednih po litološki in petrološki sestavi pa tudi po organskih ostankih (R. Pavlovic, 1963). V teh apnencih so kraški pojavi slabše razviti, manj je tudi kraških jam, ki tudi po razsežnostih ne dosegajo onih v krednih apnencih. To je posebej izrazito na Divaškem krasu in na zahodnem obrobju Pivške kotline, kjer je ta primerjava možna zaradi zvezne sedimentacije. Domnevamo, da so paleocenski apnenici v primerjavi s krednimi slabše topni, manj primarno in sekundarno porozni ter manj tektonsko porušeni.

Kredne in paleocenske kamnine so bile v eocenski epohi transgresivno prekrte s flišnimi kamninami v debelini najmanj 600 m, vse skupaj pa v oligocenu nagubane in prerinjene tudi do 30 km daleč. To tektonsko dogajanje je za naše območje rekonstruiral L. Placer (1981) in pokazal, da se je na Komenski alohton (Divaški kras, jugozahodni del Pivške kotline) narinila Snežniška gruda (osrednji in vzhodni del Pivške kotline, Postojnski kras, Cerkniški kras), na njo pa Hrušinski pokrov (Nanos, Hrušica, Slivnica). Del Hrušiškega pokrova na flišu Snežniške grude je lepo ohranjen v Šmihelski tektonski krpi (J. Čar in A. Juren, 1980). Tako tektonsko deformirane litostratigrafske skladovnice so bile podvržene geomorfološkim procesom in tudi zakrasevanju. S kopnega Komenskega alohtona je morala biti najprej erodirana debela flišna formacija, da so apnenici v talnini lahko začeli zakrasevati, na kopnem območju karbonatnih pokrovov pa je bilo zakrasevanje možno takoj po končanem narivanju.

Kakšne so bile takrat siceršnje paleogeografske razmere na območju obravnavanega krasa, lahko le ugibamo, ker nimamo tod ohranjenih tedanjih sedimentov. Lahko le sklepamo, da so se v morja stekale reke s tedaj še pretežno flišnega kopnega, kjer je bila po I. Rakovcu (1947/48) morebiti že zasnovana razvodnica med vzhodnimi, zahodnimi in južnimi morji. Na panonski

strani poznamo karbonatne in klastične oligocenske plasti ter miocensko molaso, na alpski in predalpski (zahodni) strani pa oligocenski fliš in miocensko molaso (M. P. Gwinner, 1971).

V miocenu moremo računati s pojavi disjunktivne tektonike. Če ne prej, so v tej epohi dolgi zmični prelomi NW—SE in NE—SW smeri razkosali nagubano in naravno zgradbo. Oživiljeni in novi prelomi (med njimi idrijski, predjamski, divaški, raški in drugi) so po eni strani porušili sklade in ustvarili vse vrste prelomnih con, po drugi strani pa vodoravno, poševno in navpično premetili kamninske enote za več sto, tudi tisoč metrov. Takrat so bile že zasnovane depresije in vzpetine ter površinski rečni sistemi v pokrajini s tropsko in subtropsko klimo ter bujno vegetacijo (I. Rakovec, 1952/53).

Podobne paleogeografske in klimatske razmere domnevamo tudi v pliocenski epohi (M. Pleničar, 1956). V tedanjih kotlinah so iz močvirnatih gozdov nastali kasnejši ligniti, kakor jih poznamo v Kočevju in Kanižarici (A. Budnar-Tregubov, 1961), v Kosezah pri Ilirski Bistrici, pri Pisci severno od Reke in drugod (A. Šercelj, 1965). V pokrajini današnjega Primorskega in Notranjskega krasa naj bi erozijski procesi oblikovali široka podolja in zapustili na njih prodnate fluvialne sedimente (A. Melik, 1951, 1952; A. Winkler, 1957; D. Radinja, 1967), korozijski procesi pa ustvarili tropskemu ali subtropskemu krasu podobne reliefne oblike (P. Habič, 1968; D. Radinja, 1972). Raziskovalci menijo, da se je šele proti koncu pliocenske epohe moglo uveljaviti intenzivno podzemeljsko zakrasevanje in oblikovanje razsežnih kraških jam. Navedena, dostikrat protislovna gledanja na geološki razvoj našega krasa v pliocenu so oprta večinoma na lokalne in regionalne geomorfološke analize površja, ne pa tudi na zelene stratigrafske in geokronološke podatke. To je razumljivo, če upoštevamo, da ne poznamo zanesljivo datiranih kraških ali jamskih sedimentov iz mlajšega terciarja.

Današnji kraški relief odraža predvsem geomorfološke procese iz klimatskih obdobij kvartarja. Ta obdobja imamo pri nas relativno stratigrafsko opredeljena na podlagi fosilne favne in flore (I. Rakovec, 1956; 1975; A. Šercelj, 1962), najdene v izvenjamskih in jamskih sedimentih, pa tudi na podlagi modela razvojnih faz zakrasevanja, ki ga je sestavil S. Brodar (1952), ko je strnil izsledke preučevanja jamskih sedimentov Notranjskega in Primorskega krasa.

V razvojnem modelu kraških jam računa S. Brodar (1952) na »glavno erozijsko fazo« v mlajšem pliocenu, o čemer pa kot omenjeno, iz naših krajev nimamo stratigrafskih dokazov. Morebitnih tedanjih jam še nismo odkrili, ker so verjetno komaj ohranjene zaradi 100 in več metrov denudacijsko znižanega površja v kvartarju. Da so pa kraške jame na Primorskem krasu že bile razvite na prehodu pliocena v kvartar, lahko sklepamo po najdbah sesalske združbe, značilne za villafranchien, v rdečkasti kostni breči v jami Šandalji I pri Puli (M. Malez, 1968). Kljub kraški denudaciji pa so se ponekod na Notranjskem krasu vendarle ohranile nekatere spodnjekvartarne jame in sedimenti kot npr. na Logaškem ravniku (Verd, Lom) in na Zgornji Pivki (Parje). V tukajšnjih sivih karbonskih glinah je namreč A. Šercelj (1968, 1973) določil pelod tegelenske vegetacije iz predgünškega interglaciala. Podobna vegetacija je bila ugotovljena tudi v ilovici na flišni podlagi pri Bukovici pri Ilirski Bi-

strici (A. Šercelj, 1961). Razgibano površje naših krajev je bilo torej v spodnjem kvartarju že zakraselo in prevotljeno, očitno pa kraška polja tedaj še niso bila tako poglobljena, da bi omogočala podzemeljski pretok ponikalnic skozi pogloblitve jame v današnjih višinah kot je mišljeno v Brodarjevi 1. erozijski fazi. Poglobljanje jam in polj je treba uvrstiti tudi v srednji kvartar.

Z geološkega stališča je zanimivo vprašanje o starosti »flišnega zasipa«, ki naj bi v »prvi mogočni akumulacijski fazi« zasul kraške jame in prekril tudi depresije Notranjskega in Primorskega krasa (S. Brodar, 1952). Na različne naplavine tega favnistično in floristično sterilnega zasipa so zadeli pri paleolitskih izkopavanjih v kraških jamah ter ga stratigrafsko uvrstili v predriško obdobje, saj so ga vedno našli pod sedimenti zgornjega kvartarja (F. Osolc, 1968).

Speleogeološke raziskave v Postojnskem jamskem sistemu (R. Gospodarič, 1967) so pokazale, da je flišni zasip v jamah in na površju sestavljen iz več različnih stratigrafsko-petroloških členov, ki odražajo več akumulacijskih podfaz, vmesni hiatusi pa tudi več erozijskih podfaz.

Eno takih podfaz lahko domnevamo v gūnški poledenitvi, ko računamo s poglobljanjem kraških polj in jam (poševne etaže od 526 m na 470 m v Postojnskem jamskem sistemu, od 550 m na 510 m v Cerkniskem jamskem sistemu, nadalje v Križni jami, v Trhlovcu in Divaški jami). Razen ostankov primitivnega medveda v kostni breči pri Vrhovljah (I. Rakovec, 1975) ter hladnodobne vegetacije v spodnjih plasteh v Zalogu pri Novem mestu (A. Šercelj, 1961) v širšem območju obravnavanega krasa pa sicer nimamo o gūnških sedimentih in zakrasevanju trdnih stratigrafskih dokazov.

Mnogo bolje je favnistično in floristično utrjen kromerijski interglacial. V zgornjem delu sedimentov omenjenega Zaloga pri Novem mestu so našli ostanke etruščanskega nosoroga (A. Šercelj, 1961), v območju Pivške kotline naj bi domoval podvodni konj Hippopotamus antiquus (I. Rakovec, 1975); o bogati sesalski favni v kostnih brečah v fosilnih jamah dalmatinskega območja poroča M. Malez (1968). Jamski sedimenti iz tega interglaciala pa na našem krasu doslej še niso ugotovljeni, čeprav bi glede na subtropsko klimo lahko računali na nastajanje sige v jamah ter na nadaljnje poglobljanje podzemeljskih rogov med kraškimi polji.

Mindelske naplavine v debelini 30 m je ugotovil A. Šercelj (1966) na skalni podlagi Ljubljanskega barja. Gre za naplavine mrzle, aridne klime v takratnem periglacialnem območju med Alpami in Sredozemljem, ko je bila gladina morja znatno nižja od današnje v tako imenovani rimski regresiji (P. Woldstedt, 1958). Glede na bližino alpskih ledenikov in bolj oddaljeno morsko obalo smemo na našem območju računati s tundri ali stepi podobno pokrajino, pokrito s periglacialnimi klastičnimi sedimenti. V številnih kraških špranjah, v grbinah in v obodu Pivške kotline (Selce, Slovenska vas, rob Košanske doline) in Divaškega krasa (Ležeče) so ohranjeni sprijeti kremenčevi peski, morebiti ostanki puhličnega pokrova, ki je bil sicer kasneje skoraj v celoti odplavljen v rečne doline in ponorne jame. Tu zadevamo na presedimentirane pasovite ilovice in ilovnate peske, ki jim po enolični petrološki sestavi sodeč, ni mogoče pripisati samo flišno poreklo. Takšne sedimente smo našli namreč tudi v zgornjih rovih Križne jame (R. Gospodarič, 1974),

kjer flišnih kamnin v širši okolici ne poznamo. O puhlici podobnih sedimentih na našem krasu doslej še nismo razmišljali, čeprav je zelo verjetno, da so bili to odloženi tako kot v Istri. Najbližje znano nahajališče puhličnih peskov na kraškem površju poznamo v Savudriji (A. B o g n a r, 1978).

K mindelskim sedimentom štejemo tudi pesek in prod pisanega roženca ter pasovite ilovice psevdovarvnega tipa na skalni podlagi pri Prestranku in Slavini, pri Pivki ter drugod po Pivški kotlini, nadalje v Postojnskem jamskem sistemu ter v jami Trhlovci in Divaški jami, kjer smo jih pred kratkim odkrili (R. G o s p o d a r i č, 1985). Speleogenetske analize so pokazale, da so verjetno v srednjem kvartarju oziroma proti koncu mindelske poledenitve obstajale hidrološke razmere, pri katerih so debele ilovnate plasti zasipavale v spodnjem kvartarju izoblikovane kraške jame.

Doslej obravnavani »mindelski« klastični sedimenti so v podzemlju in na površju pokriti ali s sigo ali s mešanico rdeče ilovice, limonitnih kongrecij in gruščem belega roženca (iz primarnih plasti v krednih in paleocenskih apnencih). Ti petrološko in klimatsko povsem drugačni sedimenti so nastajali na površju v mindel-riškem interglacialu in bili kasneje v zgornjem kvartarju, v »drugi erozijski fazi« po S. B r o d a r j u (1952), preloženi v podzemlje, kjer jih najdemo v obilnih količinah. S tem mnenjem odpiramo vprašanje nastajanja terra rosse, ki doslej ni bila dovolj upoštevana kot stratigrafsko pomembna paleoprst v sestavi kvartarnih sedimentov.

V stratigrafskem pogledu so sedimenti zgornjega kvartarja ali iz »druge akumulacijske faze« po S. B r o d a r j u (1952) najbolj preučeni, kar je bilo že večkrat opisano (F. O s o l e, 1968, S. B r o d a r, 1970; R. G o s p o d a r i č, 1981; 1981a; 1982; 1984). Jamski sedimenti so izraženi s sigami in grušči, z rdečo ilovico in alohtonimi naplavinami, kjer prevladuje predvsem gradivo flišnega izvora. Poglavitni jamski rovi so bili ponovno zasipani in občasno na novo izdolbljeni, vendar manj izrazito kot poprej v srednjem in spodnjem kvartarju. Poglobljene so bile podzemeljske struge v Škocjanskih jamah in v Kačni jami, v Postojnskem in Cerknškem jamskem sistemu, v Križni jami in drugod, prav tako so bila znižana tla kraških polj, ki so sicer pokrita s sedimenti vseh vrst, najbolj izrazito s tistimi iz würmskega glaciala. Morfološko je značilno oblikovanje globokih udornic nad jamskimi sistemi (R. G o s p o d a r i č, 1985). Speleogenetski procesi so dovolj dokumentirani vse do holocena, manj skladno pa povezani z geomorfološkimi procesi na površju. To zanimivo problematiko pa bomo obravnavali kdaj drugič.

Pri preučevanju krasa ter aktualističnih in historičnih procesov zakrasevanja združujemo raziskovalne metode in postopke geološke, geografske in drugih strok. Posledice fizikalno-kemično-klimatskih procesov geološke preteklosti poskušamo razporejati in vstavljati v geološki čas. Pri tem imamo enkrat več, drugič manj uspeha. Na primeru krasa v širši okolici Postojne smo obnovili večinoma že znane paleogeografske razmere kredne in terciarne periode. Pri tem smo zadeli na problem različno zakraselih krednih in paleocenskih apnencev ter na problem zakrasevanja v neogenu. Tudi o zakrasevanju v začetku kvartarne periode nimamo zanesljivih stratigrafskih dokazov, čeprav vsi mislimo, da se je takrat začelo najbolj uveljavljati.

Pri geokronološkem preučevanju krasa smo bolj kot na drugih terenih soočeni s problemi kvartarne stratigrafije. Slabo poznamo klimatsko-stratigrafski položaj ledenodobne puhlice, toplodobne terra rosse ter fluvialnih peskov in prodov različnega porekla. Zadevamo tudi na neuskklajeno in pomanjkljivo datirane organske ostanke in sige.

Vse to po eni strani otežkoča uvrščanje lokalnih geološko-geomorfoloških pojavov v regionalne in globalne okvire, po drugi strani pa odpira neomejene možnosti za iskanje, dopolnjevanje, preverjanje in usklajevanje različnih najdb in ugotovitev. To poskušamo doseči tudi s številnimi strokovnimi srečanji, med njimi tudi z našim.

LITERATURA

- Bognar, A., 1978: Les i lesu slični sedimenti Hrvatske. Geogr. glasnik, 40, 21—39, Zagreb.
- Brodar, S., 1952: Prispevek k stratigrafiji kraških jam Pivške kotline, posebej Parske golobine. Geogr. vestnik, 24, 43—76, Ljubljana.
- Brodar, S., 1970: Paleolitske najdbe v jami Risovec pri Postojni. Acta carsologica SAZU, 5, 271—295, Ljubljana.
- Budnar, A.-Tregubov, 1961: Mikropaleobotanička istraživanja uglja iz Kočevja i Kanižarice. Vesnik Inštituta za geol.-geof. istr., 19/1, 278—286, Beograd.
- Čar, J., A. Juren, 1980: Šmihelska tektonska krpa. Geologija, 23/2, 279—283, Ljubljana.
- Čar, J., R. Gospodarič, 1984: O geologiji krasa med Postojno, Planino, Cerknico. Acta carsologica SAZU, 12 (1983), 91—105, Ljubljana.
- Gams, I., 1965: H kvartarni geomorfogenezi ozemlje med Postojnskim, Planinskim in Cerknjskim poljem. Geogr. vestnik, 37, 61—101, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1974: Fluvialni sedimenti v Križni jami. Acta carsologica SAZU, 6, 327—366, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1976: Razvoj jam med Pivško kotlino in Planinskim poljem v kvartarju. Acta carsologica SAZU, 7, 8—135, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1981: Die Entwicklung der Karsthöhlen in der Umgebung von Postojna im jüngeren Pleistozän. Intern. Spel. Meeting, (1971), 219—229, Athens.
- Gospodarič, R., 1981: Generacije sig v klasičnem krasu Slovenije. Acta carsologica SAZU, 9 (1980), 90—110, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1982: Stratigrafija jamskih sedimentov v Najdeni jami. Acta carsologica SAZU, 10 (1981), 176—194, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1983: O geologiji in speleogenezi Škocjanskih jam. Geol. zbornik, 4, 163—172, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1984: Jamski sedimenti in speleogeneza Škocjanskih jam. Acta carsologica SAZU, 12 (1983), 27—48, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1985: Age and Development of Collapse Dolines above the Cave Systems, the Examples from Classical Karst of Slovenia (NW-Yugoslavia). Ann. Soc. Geol. Belg., t. 108, 113—116, Liege.
- Gospodarič, R., P. Habič, 1979: Kraški pojavi Cerknjskega polja. Acta carsologica SAZU, 8 11—156, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1985: O speleogenezi Divaške jame in Trhlovec. Acta carsologica SAZU, 13 (1984), 5—38, Ljubljana.
- Gwinner, P.M., 1971: Geologie der Alpen. E. Schweizerbart'sche Verlag, 1—477, Stuttgart.
- Habič, P., 1968: Kraški svet med Idrijo in Vipavo. Inštitut za geografijo SAZU, 11, 1—241, Ljubljana.
- Malez, M., 1968: O razvoju kvartara na področju vanjskih Dinarida. Prvi kolokvij o geologiji Dinaridov, 1. del, 203—210, Ljubljana.
- Melik, A., 1951: Pliocenska Pivka. Geogr. vestnik, 23, 17—39, Ljubljana.
- Melik, A., 1952: Zasnova Ljubljaničinega porečja. Geogr. zbornik, 1, 5—31, Ljubljana.
- Osole, F., 1968: Jamski sedimenti notranjsko-primorskega krasa kot posledica pleistocenskih klimatskih nihanj. Prvi kolokvij o geologiji Dinaridov, 1. del, 197—201, Ljubljana.
- Pavlovec, R., 1963: Stratigrafski razvoj starejšega paleogena v južnozahodni Sloveniji. Razprave 4. razreda SAZU, 7, 419—556, Ljubljana.
- Placer, L., 1981: Geološka zgradba jugozahodne Slovenije. Geologija, 24/1, 27—60, Ljubljana.
- Pleničar, M., 1956: Razvoj pliocena v Sloveniji. Prvi jug. geološki kongres (Bled), 55—58, Ljubljana.
- Pleničar, M., 1970: Tolmač za Osnovno geološko karto, list Postojna, 1—62, Beograd.
- Pleničar, M., A. Polšak, D. Šikič, 1973: Tolmač h geološki karti list Trst, 1—68, Beograd.

- Radinja, D., 1967: Vremska dolina in Divaški kras. Geogr. zbornik, SAZU, 10, 156—269, Ljubljana.
- Radinja, D., 1972: Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja. Geogr. zbornik SAZU, 13, 197—242, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1947/48: Naši kraji v oligocenski dobi. Proteus, 9—10, 243—252, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1951/52: Naši kraji v pliocenski dobi. Proteus, 14, 1—18, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1952/53: Naši kraji v miocenski dobi. Proteus, 15, 1—5, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1956: Razvoj pleistocena na Slovenskem. Prvi jug. geološki kongres (Bled), 59—72, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1975: Razvoj kvartarne sesalske favne Slovenije. Arh. vestnik, 24 (1973), 225—270, Ljubljana.
- Šercelj, A., 1961: Staropleistocenska vegetacija v Zalogu pri Novem mestu. Razprave 4. razr. SAZU, 6, 417—434, Ljubljana.
- Šercelj, A., 1962: O kvartarni vegetaciji na Slovenskem. Geologija, 7, 25—34, Ljubljana.
- Šercelj, A., 1965: Staropleistocenska flora iz Bukovice pri Il. Bistici. Razprave 4. razr. SAZU, 8, 439—470, Ljubljana.
- Šercelj, A., 1966: Pelodne analize pleistocenskih in holocenskih sedimentov Ljubljanskega barja. Razprave 4. razr. SAZU, 9, 429—456, Ljubljana.
- Šercelj, A., 1968: Rezultati pelodnih analiz vzorcev vrtin pri Logatcu. Tipkopis v arhivu Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna.
- Šercelj, A., 1973: Poročilo o pelodnih analizah pasovite gline iz kraške jame v useku avtoceste pri Verdu. Tipkopis v arhivu Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna.
- Šikič, D., M. Pleničar, 1975: Tolmač h geološki karti list Ilirska Bistrica, 1—51, Beograd.
- Winkler, A., 1957: Geologisches Kräftespiel und Landformung. Springer Verlag, 1—822, Wien.
- Woldstedt, 1958: Das Eiszeitalter. Ferd. Enke Verlag, 2. Band, 1—438, Stuttgart.

ABOUT THE GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF CLASSICAL KARST

Summary

The classical karst of Slovenia is built mostly in Cretaceous and Paleocene limestones. Their initial karstification was possible after the Pyrenees orogenesis and in Neogene, when the carbonate nappes were overthrust to Eocene flysch, while impermeable flysch rocks were eroded from autochthonous carbonate base (J. Čar, R. Gospodarič, 1984, J. Čar, A. Juren, 1980; R. Pavlovec, 1963; M. Pleničar, 1970; M. Pleničar, A. Polšak, D. Sikič, 1973; L. Placer, 1981; D. Šikič, M. Pleničar, 1975). In Neogene low relief energy of land between the Pannonian sea on the east and the Mediterranean sea on the west and south is considered, connected to karstification processes corresponding to the then tropical and subtropical climate (P. Habič, 1968; A. Melik, 1951, 1952; D. Radinja, 1967, 1972; I. Rakovec, 1947/48, 1951/52, 1952/53, 1956; A. Winkler, 1957; A. Budnar-Tregubov, 1961; M. P. Gwinner, 1971; M. Pleničar, 1956). More substantial geological, geomorphological and biostratigraphical arguments about transition of superficial water net to the underground we have only from Upper Pliocene and Lower Quaternary (I. Rakovec, 1975; M. Malez, 1968; A. Šercelj, 1961, 1962, 1965, 1968, 1973).

Speleogenetical processes expressed only in Middle Quaternary are proved by the then fluvioglacial sediments, terra rossa and flowstone preserved on the surface and in the big caves. Periglacial karst relief and underground were formed concordantly to glacial and interglacial climate (P. Woldstedt, 1958), erosion phases were followed by accumulation phases and vice versa (S. Brodar, 1952, 1970; I. Gams, 1965; R. Gospodarič, 1974, 1976, 1981, 1981a, 1982, 1983, 1984, 1985; A. Šercelj, 1966; A. Bognar, 1978; R. Gospodarič, P. Habič, 1968; F. Osolc, 1968). Thus organised relief and underground were in Middle and Upper Pleistocene partly transformed and partly preserved till Holocene and up to-day.

In geologic history of classical karst, specially in the region of Cerknica, Postojna and Divača karst, several geochronological problems exist. The most visible are undefined stratigraphic borders Pliocene-Quaternary, non coordinate dating of quaternary sediments regarding faunistic and floristic findings and not yet studied connections between local stratigraphic statements with regional and global.

GEOLOŠKE OSNOVE OBLIKOVANJA
KRAŠKEGA POVRŠJA
GEOLOGICAL BASES OF KARST SURFACE FORMATION

JOŽE ČAR

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985
*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
dr. JOŽE CAR, dipl. ing. geol.
Rudnik živega srebra Idrija
Raziskovalna enota
Kapitana Mihevca
65280 Idrija
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.24/.25(24)(497.12-13)

Čar Jože: Geološke osnove oblikovanja kraškega površja.

Detajlno tektonsko-litološko kartiranje med požiralnim obrobjem Planinskega polja in Pivško kotlino v merilu 1:5000 je pokazalo izjemno povezanost litologije, plastnatosti in pretrtih con z oblikovanostjo in razporedom različnih kraških globeli in vzpetin. Ugotovljena je navezanost posameznih kraških morfoloških oblik na določeno geološko osnovo in potrjen velik vpliv neotektonskih premikanj na preoblikovanje kraškega površja.

Abstract

UDC 551.24/.25(24)(497.12-13)

Čar Jože: Geological bases of karst surface formation.

Detailed tectonic-lithological mapping between the ponor region of Planina polje and Pivka basin in scale 1:5000 showed exceptional connection among lithology, bedding and crushed zones and forms and distribution of different karst depressions and elevations. Attachment of particular karst morphological forms to defined geological base was inferred and great influence of neotectonic movements to transformation of karst surface was confirmed.

UVOD IN PROBLEMATIKA

V naslednjem prispevku podajamo nekatere najpomembnejše zaključke predavanja »Litologija, plastnatost, pretrte cone in kraško površje«. Celotna problematika pa bo objavljena v eni izmed naslednjih številc Acta carsologica.

Detajlno litološko-tektonsko kartiranje v merilu 1:5000, opravljeno po letu 1978, je obsegalo požiralno obrobje Planinskega polja (Čar, 1982) in močno zakrasele terene med Planinskim poljem in Pivško kotlino (Čar in Gospodarič, 1984). Raziskano območje gradijo v glavnem dobro prepustni in topni spodnje in zgornjekredni apnenci. Do nivoja podzemeljskega Raka in Pivke povsem prevladuje vertikalno pretakanje vode, zato veljajo za pregledano ozemlje naslednje zakonitosti (Šušteršič, 1982):

- masa odhaja v raztopini;
- transport je navpičen;
- akumulacija je neznatna.

V tektonskem pogledu predstavlja obravnavano ozemlje močno pretrto prehodno območje med idrijskim in predjamskim prelomom (Placer, 1981).

Detajlno geološko kartiranje je odprlo nekatere nove poglede na soodvis-

nost med oblikovanostjo kraškega površja in geološko zgradbo. Zanimala nas je povsem genetska povezanost, oblikovanost in razpored različnih kraških morfoloških oblik od litologije, plastnatosti in različnih pretrtih con. Pri razumevanju geomorfološkega razvoja ozemlja in razlagi današnjega stanja smo upoštevali tudi ugotovitve o kontinuiranosti sicer močno diferenciranih radialnih in epirogenetskih neotektonskih premikanj (Placer, 1981; Premru, 1982; Čar, 1982; Čar in Gospodarič, 1984).

LITOLOGIJA IN PLASTNATOST

Vpliv litologije in plastnatosti na oblikovanje površinskih kraških pojavov je bistvenega pomena in dobro viden le v zelo slabo ali nepretrtih kamninah. V močno prepokanih apnencih je vpliv litologije in plastnatosti prekrit in zato težje opazen. Oba geološka faktorja vplivata predvsem na velikost in obliko kraških pojavov, le izjemoma na njihov razpored.

Na kartiranem ozemlju združujemo karbonatne kamnine v dve skupini. Ločimo:

- mikritno-sparitne apnence in
- biolititne apnence.

Debelo, srednje in tanko plastnati mikritni in sparitni apnenci so kompaktni in trdne kamnine, medtem ko so neplastnati in nepravilno tanko plastnati biolititi mehansko neodporne in krušljive kamnine. Iz tega izhajajo tudi njihove ugodne in neugodne lastnosti za nastanek škrapelj, vrtač in drugih večjih kraških površinskih oblik.

Škraplje v biolititnih kamninah običajno ne nastopajo, v mikritno-sparitnih apnencih pa le, če so plasti vertikalne ali subvertikalne.

V neplastnatih biolititnih kamninah nastajajo pravilno oblikovane, velike in sorazmerno plitve vrtače. Vrtače podobnih dimenzij in oblik nastopajo v subhorizontalno ležečih tanko plastnatih mikritno-sparitnih apnencih. V srednje in debelo plastnatih nepretrtih apnenčevih kamninah jih najdemo samo, če so plasti subvertikalne. V zadnjem primeru so vrtače nepravilne in običajno manjših dimenzij. Plastnatost lahko vpliva tudi na njihov razpored.

Kraški pojavi, vezani izključno na litologijo in plastnatost, so na obravnavanem ozemlju zelo redki.

PRETRTE CONE

Zdrobljene, porušene in razpoklinske cone (Čar, 1982) vplivajo na obliko, velikost in predvsem razpored in medsebojno povezanost različnih površinskih kraških oblik.

Bistvenega pomena za razlago razmer na terenu je ugotovitev o prehajanju pretrtih con iz ene v drugo v horizontalni kot tudi vertikalni smeri (Čar, 1982). Kot primer naj povemo, da se lahko vzdolž iste pretrte cone menjavajo različne razpoklinske cone s postopnimi prehodi v porušene in zdrobljene cone. Enake zakonitosti veljajo tudi v vertikalni smeri. To prehajanje pretrtih con iz ene v drugo je pri enakih hidroloških pogojih osnovni vzrok za to, da so vzdolž iste pretrte cone razvite različne kraške globeli z vmesnimi hrbti in

vzpetinami. Po drugi strani se na konstantno dvigajočih terenih zaradi spreminjanja kvalitete pretrtih con v vertikalni smeri na istem odseku tektonske cone postopno oblikujejo različne kraške globeli. Kakšen je medsebojni vpliv omenjenih sprememb na sedanjo morfološko podobo nekega kraškega območja zaenkrat še ni preučeno. Menimo pa, da je to eden izmed zelo pomembnih elementov za oblikovanje celostne podobe kraškega površja.

Škraplje so skoraj izključno vezane na različne razpoklinske cone. Izjemo predstavljajo nizi, ki sledijo subvertikalno ležečim lezikam.

Če izvzamemo zelo redke vrtače, ki so oblikovane v tanko plastnatih apnencih, so vse razporejene po močnejših razpoklinskih in pretrtih conah, le izjemoma so razvite v zdrobljenih conah. Oblika, obseg in globina vrtač je odvisna od širine in vrste pretrte cone, v kateri se nahajajo. Na obliko dodatno vpliva plastnatost, v manj pretrtih kamninah bolj, v bolj pretrtih pa manj.

Tudi za obliko in razpored kraških brazd je osnovnega pomena tip cone pretrtosti, v katerih se nahajajo. Oblikovale so se v širokih zdrobljenih in porušeni conah, le tu in tam v močnejših razpoklinskih conah.

Kraške vzpetine so običajno oblikovane na tektonsko manj prizadetih območjih med prelomnimi conami. Ozki hrbti med vrtačami predstavljajo včasih tudi milonitne in brečaste odseke zdrobljenih con.

Z združevanjem vrtač in brazd ter lahko tudi hkratnim sodelovanjem neotektonskih premikanj, nastajajo večje kraške globeli kot so uvale in dolci (H a b i č, 1985, v tisku).

Udornice so svojske tektonsko- kraške morfološke oblike. Zaradi genetskih posebnosti jih ne smemo prišteti med dosedaj obravnavane kraške globeli. Predstavljajo povezavo med osnovno tektonsko mrežo nekega ozemlja, podzemljskimi prostori, ki so nastali s horizontalnim pretakanjem vode in oblikami vezanimi na vertikalno prenikanje vode. Na obravnavanem ozemlju so udornice vezane na presečišča tektonskih con na manj pretrtih obrobjih večjih tektonskih blokov. Z geološkega stališča lahko njihovo lokacijo zadovoljivo pojasnimo šele na podlagi širšega geološkega kartiranja.

Kraška polja (npr. Planinsko polje) in večja morfološko izstopajoča zaključena območja (npr. Koliševski vrh) predstavljajo izrazite, znotraj sebe zapleteno zgrajene, relativno spuščene ali dvignjene tektonske strukture.

SKLEP

Detajlno tektonsko-litološko kartiranje požiralnega obrobja Planinskega polja in ozemlja med Planinskim poljem in Pivško kotlino je potrdilo pričakovano izjemno povezanost med površinskimi kraškimi oblikami in litološko-tektonsko osnovo. Nekoliko poenostavljeno lahko zapišemo, da je potek škrapelj in razpored različnih kraških globeli z vmesnimi vzpetinami povsem skladen s tektonskim modelom tega dela Slovenije (C a r in G o s p o d a r i č, 1984).

Na koncu naj pripomnimo, da zaradi spreminjanja značaja pretrtih con v horizontalni in vertikalni smeri, neotektonskih premikanj, pa tudi časovnega spreminjanja ostalih pogojev, ki sodelujejo pri oblikovanju kraškega površja (Š u š t e r š i č, 1982), nima pomena govoriti o »zrelem« ali »nezrelem« kraškem površju. Današnje stanje na kateremkoli kraškem predelu predstavlja le fazo v neprekinjenem razvoju in spreminjanju kraškega površja.

LITERATURA

- Čar, J., 1982: Geološka zgradba požiralnega obrobja Planinskega polja. Acta carsologica SAZU, 10 (1981), 75—105, Ljubljana.
- Čar, J., R. Gospodarič, 1984: O geologiji krasa med Postojno, Planino in Cerknico. Acta carsologica SAZU, 12 (1983), 91—106, Ljubljana.
- Habič, P., 1985: Reliefne oblike in morfogenetske enote Dinarskega krasa.
- Placer, L., 1981: Geološka zgradba jugozahodne Slovenije. Geologija, 24/1, 27—60, Ljubljana.
- Premru, U., 1982: Geološka zgradba južne Slovenije. Geologija, 25/1, 95—126, Ljubljana.
- Šušteršič, F., 1982: Nekaj misli o oblikovanju kraškega površja. Geografski vestnik, 54, 19—28, Ljubljana.

GEOLOGICAL BASES OF KARST SURFACE FORMATION

Summary

Detailed lithologic-tectonic mapping in the scale 1:5.000 included the ponor region of Planina polje (Čar, 1982) and intensively karstified terrains between Planina polje and Pivka basin (Čar, Gospodarič, 1984). The investigated region is mostly built by well permeable and soluble lower and upper Cretaceous limestones. Up to the level of the underground Rak and Pivka streams vertical water percolation absolutely prevails.

Regarding the tectonic point of view the treated region presents well crushed area between Idrija and Predjama faults (Placer, 1981).

Detailed geologic mapping opened some new aspects to correlation between formation of karst surface and geologic setting. We were mostly interested in genetic connections, formation and distribution of different karst morphological shapes from lithology and bedding to different crushed zones.

At understanding the geomorphological development of the region and while explaining the actual state we considered the previous statements on continuity though strongly differentiated radial and epigenetic neotectonic movements (Placer, 1981; Premru, 1982; Čar, 1982; Čar and Gospodarič, 1984).

The influence of lithology and bedding on the formation of superficial karst phenomena has one essential importance and is well visible only in slightly or uncrushed rocks. In well crushed limestones the influence of lithology and bedding is hidden and therefore more difficult to be observed. Both geologic facts influence mostly on the size and on the form of karst phenomena and only occasionally on their distribution.

On the mapped region the carbonate rocks are composing two groups — micrite-sparite and biolithitic limestones. They differ by bedding and mechanical properties. From these differences their favourable and unfavourable properties for the formation of different karst superficial forms originate.

Usually in biolithitic rocks grikes do not occur, while in micrite-sparite only if the beds are vertical or subvertical. In non-bedded biolithitic rocks regularly formed, big and relatively shallow dolines occur. Dolines of similar dimensions and forms can occur in subhorizontally lying thin-bedded micrite-sparite limestones. In medium and thick-bedded uncrushed limestones we find them only if the beds are subvertical. In the last case the dolines are irregular and of smaller dimensions. The bedding can influence to their distribution too.

Fissured, crushed and broken zones (Čar, 1982) influence to the form, size and mostly to distribution and interconnection of different superficial karst forms.

Crushed zones pass over in longitudinal and vertical direction one to the other. This is the basic reason for origin of different karst depressions with intermediate elevations along the same crushed zone. On the other side the quality changes of the crushed rocks in the vertical direction cause progressive formation of different karst depressions in constantly elevated terrains in the same part of tectonic zone. We think that this is one of very important elements at shaping the entire picture of karst landscape.

Grikes are almost exclusively connected to different crushed zones. The exception is presented by the series following the subvertically lying bedding planes.

If we exclude very rare dolines formed in thin bedded limestones all the others are distributed along strongly fissured and crushed zones, only seldom in broken zones. Form, size and depth of dolines depend on width and sort of crushed zone. Bedding additionally influences on the shape, in less crushed more, and in more crushed less.

Also for the form and distribution of karst denudation furrows the type of crushed zones where they originated is of essential meaning. They were formed in broken zones and only here and there in strongly fissured zones.

Karst elevations are usually formed on tectonically less affected regions between the fault zones. Narrow ridges among the dolines present sometimes milonitic and breccia-like parts of broken zones.

By joining of dolines and furrows with sometimes simultaneous neotectonic movements, bigger karst depressions occur, f. e. ouvalas (Habič, 1985, in print).

Collapse dolines present the connection between the basic tectonic net, underground spaces, formed by horizontal water percolation as well as vertical water percolation, therefore they can be placed among till now treated karst depressions. On the mapped region the collapse dolines are connected with intersection of tectonic zones on less crushed borders of greater tectonic blocks.

Karst poljes and bigger morphologically limited regions present expressive, in themselves, complicated, relatively lowered or lifted tectonic structures.

Neglecting rare karst morphological forms which are connected to lithology and bedding we can say that grikes and distribution of different karst depressions with intermediate elevations are completely accordant to tectonic model of this part of Slovenia (Čar, Gospodarič, 1984).

POVRŠINSKA RAZČLENJENOST DINARSKEGA KRASA

(S 7 SLIKAMI)

SURFACE DISSECTION OF DINARIC KARST

(WITH 7 FIGURES)

PETER HABIČ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov -- Address

dr. PETER HABIC, znanstveni svetnik
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
Titov trg 2
66230 Postojna
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.448(234.422.1)

Habič Peter: Površinska razčlenjenost Dinarskega krasa.

Na podlagi opredeljenih izhodišč o tipičnem kraškem razčlenjevanju propustnih in topnih kamnin je predstavljen kraški morfološki inventar. Podčrtan je pomen strukture in tektonike pri prostorski razporeditvi morfogenetskih enot, sklopov in spletov. Te je mogoče primerjati po navedenih oblikah, pa tudi po stopnji kraške razčlenjenosti.

Abstract

UDC 551.448(234.422.1)

Habič Peter: Surface dissection of Dinaric karst.

On the base of defined starting-points regarding the typical karst dissection of permeable and soluble rocks the karst morphological inventory is presented. The importance of setting and tectonic is accentuated at space distribution of morphogenetic units, complexes and systems. They can be compared after their form but also after the rate of karst dissection.

UVOD

Ob pripravah na speleološko in še posebej geomorfološko kartiranje krasa je postalo očitno, da je treba kraško površje obravnavati celovito, ne le po posameznih kraških pojavih, ki so doslej vzbujali pozornost. Kraški morfološki inventar moramo primerno opredeliti in klasificirati, da bi ga lahko ustrezno in enotno kartografsko upodobili. Pri tem se opiramo na razporeditev in velikost tipičnih kraških oblik, njihovo starost in razvojno pot, kakor odseva v značilni kraški razčlenjenosti površja. Vzporedno se nam bolj jasno kažejo nekraški, fluvialni, glacialni ter posredni in neposredni tektonski vplivi na stvarno izoblikovanost dinarskega krasa.

V naslednjem skušam prikazati razčlenjenost Dinarskega krasa od drobnih reliefnih oblik do razsežnejših reliefnih sklopov in spletov. Nekateri uporabljeni izrazi so pojasnjeni v prilogi.

KRAS IN KRAŠKO POVRŠJE

Za nastanek krasa¹ in oblikovanje kraškega površja² je odločilen kraški proces³ ali kemijsko razkrajanje in mehansko razpadanje kamnin ter njihovo

¹ glej prispevek k terminologiji

odnašnje v stopljeni ali zdrobljeni obliki skozi podzemlje. Pri tem nastajajo najrazličnejše kombinacije reliefnih oblik, od povsem kraških⁴, do prehodnih, ki so značilne za netopne in neprepustne kamnine ter nekraško oblikovana površja.

Kraško površje je torej morfološko zelo pestro in sestavljeno iz pravih kraških, pa tudi drugače nastalih reliefnih oblik.

Mnoge od njih večkrat zmotno pripisujemo tako imenovanim predkraškim preoblikovalnim procesom, čeprav so v bistvu kraško zasnovane v preteklih obdobjih in morfogenetskih fazah, z drugačno kombinacijo eksogenih procesov. V kraškem reliefu se še posebej odražajo raznovrstni strukturni vplivi, od drobnih litoloških razlik, do različne stopnje pretrtosti, nagubanosti in tektonske premaknjenosti zakrasevanju podvrženih kamnin.

Razčlenjevanje površja na prepustnih in topnih, karbonatnih pa tudi drugih kamninah poteka v skladu z zakonitostmi tektonskega dviganja ali grezanja ter eksogenega, predvsem kraškega in fluvialnega preoblikovanja v odvisnosti od klimatske humidnosti, oziroma aridnosti, toplote in mraza.

Korozija kot eden od osnovnih krasotvornih procesov deluje ploskovno, kar pomeni, da voda raztaplja skalo povsod, kjer je z njo v stiku. Raztapljanje traja do vzpostavitve topnostnega ravnotežja, oziroma do nasičenosti raztopine. Korozijske oblike so poleg agresivnosti vode in njenega stika s kamnino odvisne tudi od topnosti skalne podlage. Na kraško razčlenjevanje pa poleg korozije odločilno vpliva prepustnost, ki je pogojena z razpokanostjo, oziroma pretrtostjo kamnine in učinkovitostjo raztapljanja. Različna prepustnost se odraža v oblikovanosti in razporeditvi škrapelj kot tudi v celotni razčlenjenosti kraškega površja, golega ali pokritega. Odseva v razporeditvi različnih globeli in vzpetin ter v drugih reliefnih značilnostih krasa. Na splošno velja, da so vse kraške globeli pogojene z bolj pretrto in zdrobljeno kamnino, nasprotno pa so vzpetine, robovi in hrbti v bolj odpornih, manj razpokanih in nezdobljenih conah. Te površinske zakonitosti pa se večinoma ne skladajo s stopnjo podzemeljske prepustnosti.

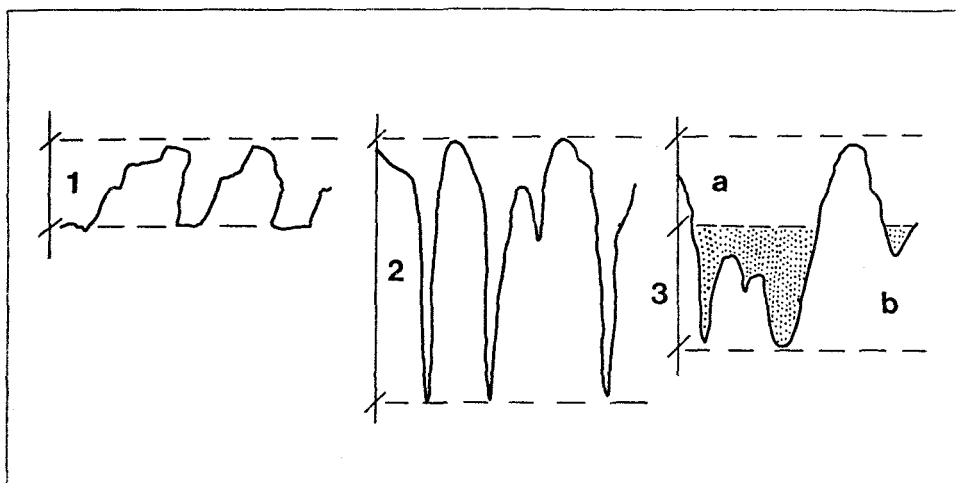
Kraško razčlenjevanje površja je tako odvisno od razmerja med točkovnim in ploskovnim zniževanjem, oziroma poglobljanjem površja, ki je povezano z razmerjem med drobljenjem in raztapljanjem kamnine ter površinskim ali podzemeljskim spiranjem. Pri prevladujočem kraškem oblikotvornem procesu prihajajo litološke in strukturne razlike posebej do veljave, fluvialni proces pa jih zabriše. V normalnem fluvialnem reliefu je odločilna površinskemu odtoku prilagojena razporeditev dolin ter vmesnih hrbtov in slemen. Fluvialne morfogenetske enote so predvsem porečja z lastno preoblikovalno dinamiko. Fluvialnega razčlenjevanja v tem prispevku ne bom obravnaval.

Kraški relief je nasprotno organiziran v skladu s prevladujočim vertikalnim pa tudi horizontalnim in sifonskim podzemeljskim odtokom padavin ter drugih voda iz sosednjih nekraških območij. Razčlenjevanje in uravnavanje površja poteka postopno, toda končno do gladine kraške vode, ki je pogojena z nepropustnim obrobjem, ali z morsko gladino. Kraške morfogenetske enote,⁵ sklopi⁶ in spleti⁷ se navadno ne skladajo s porečjem, ampak z geološko zgradbo.

DROBNA RAZČLENJENOST, ŠKRAPLJAVOST, GRINTAVOST IN GRİŽAVOST KRASA

Drobna razčlenjenost dinarskega krasa je pogojena predvsem z litološko podlago in odraža najmlajšo fazo zakrasevanja. Kaže se v obliki, velikosti in razporeditvi skalnih zob, nosov, čokov, blokov in stolpov, ali v skupni grintavosti⁸ površja, ter v globini in obliki žlebičev, škrapelj, špranj in drugih korozijskih razjed na golem ali pokritem krasu, kar označujemo z grizavostjo⁹ površja.

Tovrstna reliefna razčlenjenost ali celotna škrapljavost je ne glede na kamnino in lego v velikostnih mejah med 0 in 3 m. Le v izjemnih primerih, v čistih, neskladovitih apnencih in brečah ter v reliefno in klimatsko posebno izpostavljenih legah na visokem in visokogorskem krasu škrapljavost, grizavost in grintavost presegajo 5 ali 10 m (slika 1).



Sl. 1. Prikaz grintavosti (1), grizavosti (2) in škrapljavosti (3), ki je sestavljena iz grintavosti (a) in pokrite grizavosti (b)

Fig. 1. Different forms of first rate karst dissection are shown

Na pokritem ali delno pokritem krasu so korozijsko razširjene in kraško poglobljene špranje in zajede zapolnjene z ilovico in drobirjem, bodisi avtohtonim ali alohtonim. Na takem površju izstopajo predvsem pozitivne reliefne oblike, na zunaj se kaže grintavost kraškega površja. Na golem krasu pride bolj do veljave grizavost. Klasifikacijo skalnosti ali pokritosti lažje opremo na merske podatke, zahtevnejša pa je klasifikacija škrapljavosti, grintavosti in grizavosti. Tovrstne študije so še zelo redke, vedno bolj pa se kaže potreba po klasifikaciji in ustreznem poimenovanju teh pokrajinsko zelo pomembnih drobnih značilnosti kraškega površja.

Grintavost in grizavost sta predvsem odraz recentnega kraškega preoblikovanja, pri čemer prihajajo razlike v nagnjenosti, razpokanosti, zdobljenosti

in topnosti kamnine še posebej do veljave (J. Čar, 1982). Le v posebnih pogojih so drobne oblike podedovane iz starejših, klimatsko drugačnih obdobj. Na golem krasu je razlikovanje med recentnimi in starimi oblikami težavno ali celo nemogoče. Drugače je v pokitem krasu, kjer so pod sedimentnim pokrovom ohranjene starejše oblike drobnega razčlenjevanja. Fosilna razčlenjenost se večinoma razkriva ob raznih človekovih posegih v kras, na primer pri gradnji železnice na Dolenjskem (A. Hrovat, 1953), v peskokopih in gramoznicah na krasu, pri gradnji avtocest in drugih delih (J. Kunaver, 1961, P. Habič, 1968). V pokitem krasu moramo računati tudi z recentnim razvojem podtalne grizavosti (I. Gams, 1971).

KRAŠKE GLOBELI IN UGLOBLJENOST ALI GLOBELNOST

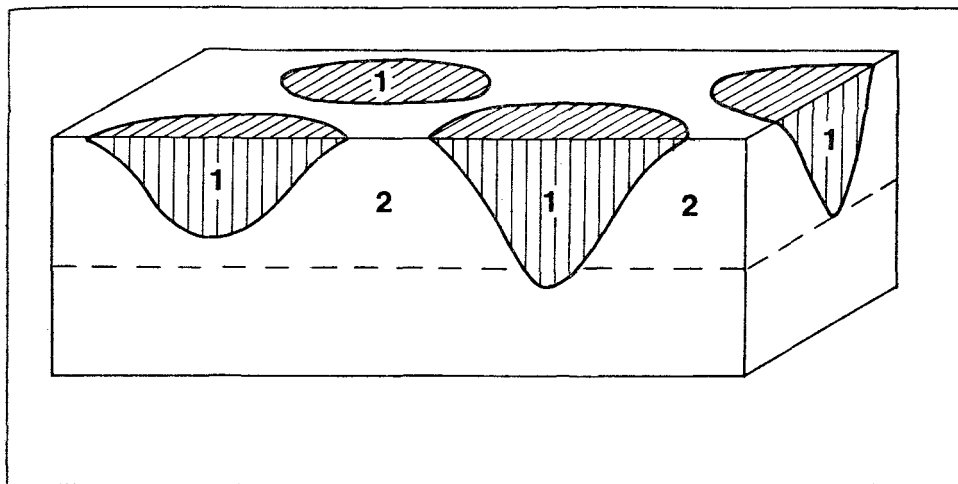
Vrtače

Najizrazitejša podoba kraškega razčlenjevanja površja so kraške globeli, predvsem vrtače in uvale, ki spadajo nedvomno med tipične kraške oblike, saj nastajajo z raztapljanjem in kraškim, to je podzemeljskim spiranjem drobirja in kamnine. V golem visokogorskem krasu lahko spremljamo skoraj vse prehodne oblike in razvojne faze od žlebastih škrapelj do globokih korozijskih špranj, vodnjakastih brezen, kotličev in vrtač, kont in uval. V bistvu gre za oblike normalnega kraškega razvojnega niza. V nižjem pokitem krasu so prehodi med temi oblikami manj izraziti ali zabrisani, ker so kraške zajede večinoma zasute. Zato vrtač navadno ne uvrščamo med prehodne oblike razčlenjevanja površja, temveč jih obravnavamo kot posebno skupino pojavov, ki so različno na gosto posejani po kraškem površju in na videz neodvisni od drobne razčlenjenosti krasa.

V posameznih kraških predelih so vrtače podobnih oblik in velikosti, redkeje pa so toliko različne, da bi jih mogli zanesljivo razvrstiti in pripisati različnim razvojnim fazam in časovnim obdobjem (P. Habič, 1978). Oblika vrtač je predvsem odvisna od razmerja med poglobljanjem dna in širjenjem oboda. To razmerje se spremeni v posebnih pogojih, ko se zaustavi ali pospeši poglobljanje ali širjenje, na primer s spremembo klime, z večjo aridnostjo ali humidnostjo, z nivacijo ali glaciacijo itd. Odločilni pa so tudi notranji izvotlitveni in zapolnitveni procesi v krasu, ki na eni strani vplivajo na nastanek udornic, na drugi pa zavirajo poglobljanje. Posebno vlogo imajo naplavine na površju, pod katerimi se lahko kraško razčlenjevanje, spiranje in posipanje zavre ali pospeši.

Vrtače v bistvu odražajo le višjo organizirano obliko razčlenjevanja kraškega površja. V njihovi obliki in vsebini ter razporeditvi, velikosti in starosti odsevajo različni vplivi in kombinacije aktivnih in pasivnih dejavnikov zakrasevanja. Oblika vrtač je tesno povezana tudi s stopnjo in značajem pokritosti krasa, saj so znani vsi prehodi od plitvih skledastih oblik v debelo pokitem krasu, do globokih lijakastih vrtač v golem krasu. Morfološko so zanimive tudi prehodne oblike od ozkih rup in grezov v naplavinah, do širokih skledastih globeli na goli skali.

Običajno razvrstimo vrtače v velikostne razrede, po globini do 100 ali celo 300 m ter po širini do 300 ali celo 500 m, oblike pa opišemo. Morfografske in



Sl. 2. Uglobljenost ali globelnost kraškega površja je izražena z volumskim razmerjem med globelmi (1) in prilegajočim plaščem krasa (2)

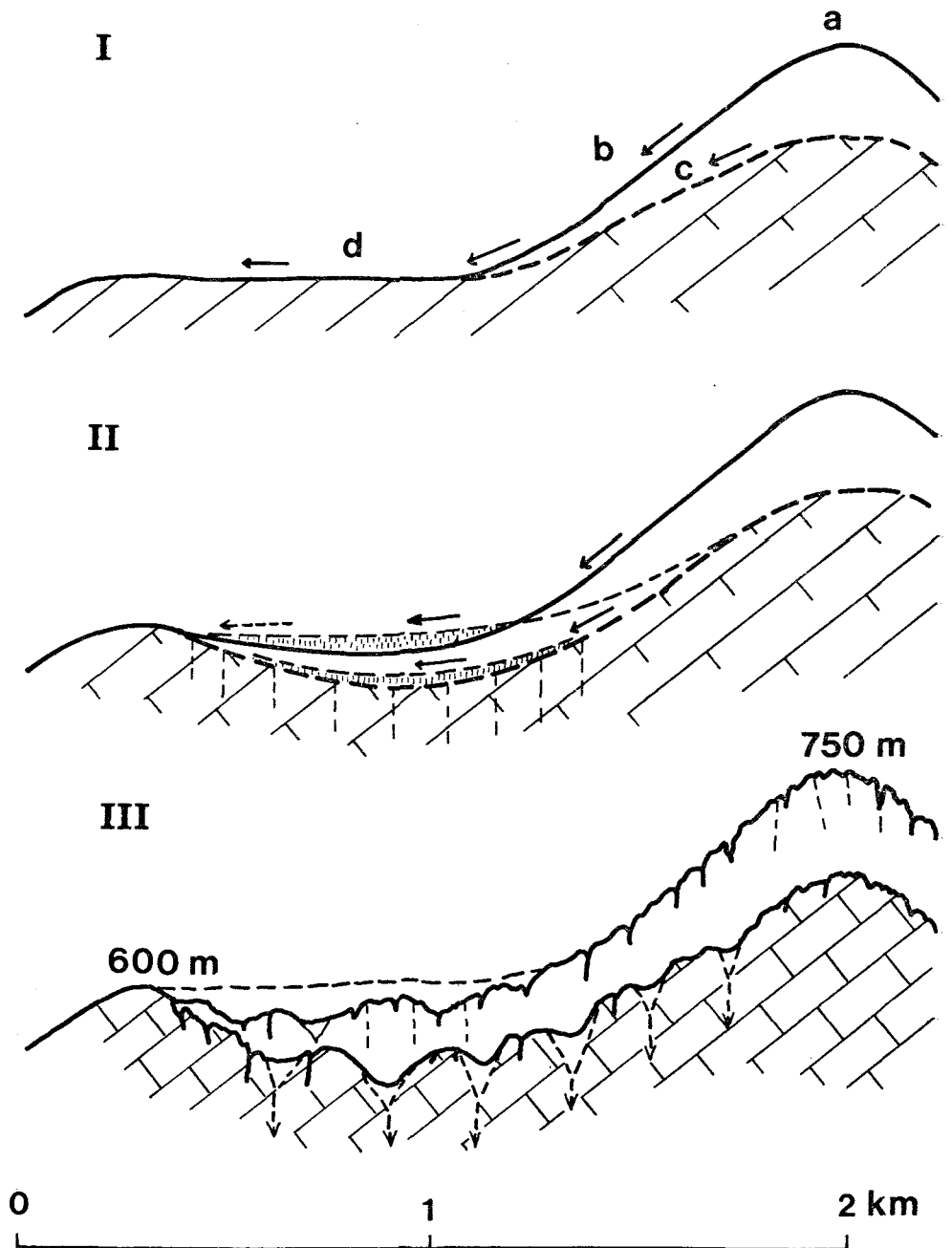
Fig. 2. The second rate of karst dissection is presented

morfometrijske značilnosti so večinoma le formalne. Podobno je tudi z gostoto vrtač v določenem predelu, ker z njo niso podane druge dimenzije. Nekoliko tehtnejši od gostote je pojem površinske izvotljenosti ali uglobljenosti¹⁰ kraškega površja, ki ga izrazimo z deficitom mase v površinski coni med obodom in povprečno globino vrtač, uval in drugih globeli (sl. 2). Sicer pa le podrobna morfološka analiza vsakega predela posebej omogoča realnejšo oceno in primerjavo tovrstne kraške razčlenjenosti ter njeno kronološko in morfološko interpretacijo. Povečini so vrtače odraz intenzivnejšega globinskega zakrasevanja v zmernotoplem, humidnem in nivalnem klimatskem območju. Največje vrtače na dinarskem krasu, če izvzamemo udornice ali koliševke, so v območju pleistocenskih poledenitev.

Uvale

Posebno obliko razčlenjenosti kraškega površja predstavljajo večje kraške globeli, ki jih navadno imenujemo uvale. Po splošno cikličnem modelu naj bi te oblike predstavljale vmesno razvojno stopnjo med vrtačami in kraškimi polji (J. C v i j i ć, 1895). Takšen razvoj je možen, ni pa nujen in ga ni mogoče posplošiti, ne na uvale, še manj pa na kraška polja. Pojem uvale, ki se je udomačil v krasoslovju, moramo ohraniti, vendar ne le v prvotnem ozkem cikličnem modelu. K uvalam namreč spadajo vse večje kraške globeli, ki niso vrtače, ne kraška polja. Kot vse podobne definicije ima tudi ta šibko stran prav v že omenjenih možnih prehodih, tako proti vrtačam, kot proti kraškim poljem. Če razširjen pojem uvale ni sprejemljiv, potem potrebujemo drug izraz za skupino sestavljenih poligenetskih in polifaznih pa tudi enovitih kraških globeli.

Po prvotnem pomenu nastanejo uvale z zraščanjem vrtač. Nekaj je res takih globeli. Na topografskih kartah so z zelo vijugastimi izohipsami omejene



Sl. 3. Na podih ob vzožju rebri in kopastih vrhov (I) nastanejo ulake (II) in vrtačaste uvale (III).
 a - kopasti vrh, b - reber, nerazčlenjeno pobočje, c - viseči suhi dol ali žleb, d - polica, ravnik

Fig. 3. On the foot of slopes and cones there is pediment plain (I), on it karst pediment depression originated (II) and in next phase ouvala with dolines occurs (III)

neizrazite vrtačaste globeli sredi kraškega ravnika. V resnici pa komaj opazimo kakšno zraščeno vrtačo in prehod vrtačastega površja ravnika v uvalo težko določimo. Te vrtačaste uvale najbrž niso nastale z zraščanjem vrtač.

V nekaterih kraških globelih so vrtače očitno sekundarne kraške oblike, vstavljene v starejše, prostornejše uvale. V oblikovanju teh uval so očitno nastopile spremembe; starejšemu ploskovnemu poglobljanju je sledilo mlajše kraško razčlenjevanje s točkovnim poglobljanjem vrtač (P. Habič, 1968). Najpogosteje so take vrtačaste uvale ob vznožju strmih rebri in med položnejšimi kopastimi vrhovi. Njihov obod je na eni strani strm in visok, na drugi pa nizek in položen. V bistvu so to plitve kraške globeli na robnih policah, ki jih po znanih toponimih na Notranjskem imenujemo úlake¹¹ (sl. 3).

Svojevrstna posledica kraškega razčlenjevanja so dolci¹² in dolaste uvale brez vrtač, z golim skalnatim ali nasutim in naplavljenim dnom. Po zasnovi so te oblike sorodne vrtačastim ulakam, le da so vložene v dole, med višja pobočja vsaj na dveh straneh in se v njih še ni uveljavilo sekundarno vrtačasto razčlenjevanje.

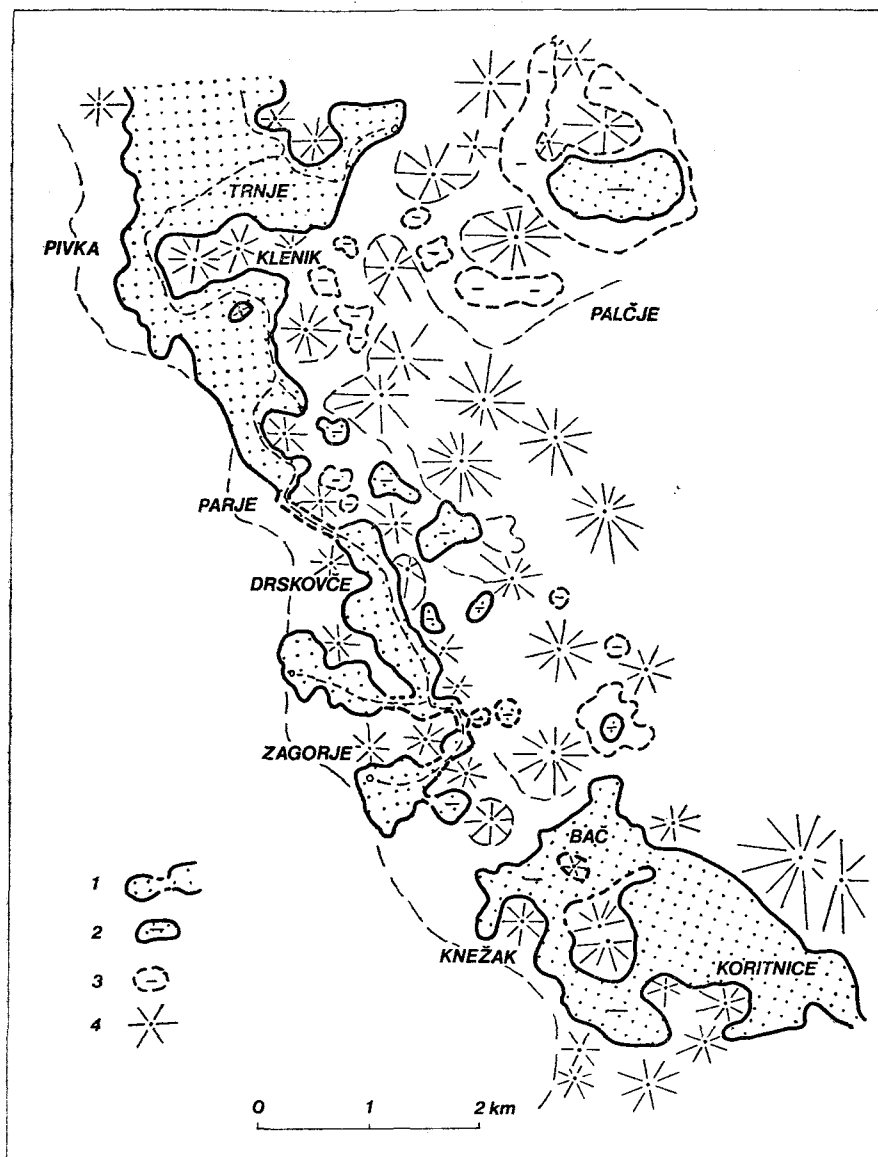
Poleg omenjenih so še druge različice uval, ki so pogojene s posebnostmi geološke zgradbe, ali pa so odvisne od svojevrstnega reliefnega ali hidrološkega položaja. Na plitvem krasu Zgornje Pivke prištevamo k uvalam občasno poplavljene, 10 do 30 m globoke in 200 do 500 m pa tudi do 2 km široke jezerske globeli ali dane, z ravnim skalnatim ali ilovnatim dnom. Čeprav ima vsaka jezerska uvala svoje ime, jih lahko skupaj označimo kot pivšče¹³, ker po ljudskem izročilu ob usihanju pijejo vodo. Po obliki jih ne moremo uvrstiti ne med vrtače, ne med kraška polja, hkrati pa so prav pivšče najlepši primer postopnega razčlenjevanja starejšega kraškega ravnika od vrtače, preko uvale, do majhnega kraškega polja in celo do odprte rečne doline (sl. 4). Takšen razvoj je možen le v plitvem krasu, kjer seže vertikalno razčlenjevanje do nepropustne podlage, oziroma do gladine talne vode. V nadaljnjem razvoju se dno ne pogloblja, temveč širi na račun oboda. Globeli se razširijo in končno odprejo v razčlenjeno dolino.

Oblike in velikosti uval so torej bistveno različne na nizkem in plitvem krasu kot na visokem goratem dinarskem krasu. Po visokih kraških planotah so uvale globoke po več 100 m in dolge tudi po več kilometrov. Globoke drage¹⁴ in dolci so razporejeni v dolih in predolih med kopastimi vrhovi in hrbti, le redko pa jih zasledimo sredi širših ravnin.

Uvale so nedvomno v primerjavi z vrtačami odraz višje stopnje kraškega razčlenjevanja, ki je povezana z daljšim obdobjem ali pa z ugodnejšimi lokalnimi pogoji, z večjo pretrtostjo in prepustnostjo, z intenzivnejšim širjenjem oboda ali s poglobljanjem dna ter s posebnimi reliefnimi, klimatskimi ali drugimi vplivi. Oblikovanje uval z lokalno okrepljenim kraškim razčlenjevanjem poteka drugače na ravninah in vegastih ravninah, ob reliefnih pregibih med ravninami in strmimi robovi, ali v dolih med visokimi pobočji na dveh ali več straneh. Izračun kraške uglobljenosti uval je bolj zapleten kot pri vrtačah.

Druge kraško-denudacijske oblike

Pri preučevanju uval smo spoznali njihovo veliko odvisnost od reliefnega položaja, pri tem pa se je pokazala še vrsta drugih oblik na kraških pobočjih,



Sl. 4. Kraška dolina Zgornje Pivke.

1 - odprta, občasno poplavljená kraška dolina s sekundarnimi prehodi med prvotnimi globelmi, 2 - uvala z občasnim jezerom — pivščica ali dana, 3 - vrtačasta uvala na kraškem ravniku, ki je kraška voda ne doseže, 4 - nizek kuceľj na kraškem ravniku

Fig. 4. Karst valley of Upper Pivka.

1 - opened, temporary flooded karst valley with secondary passes among the previous depressions, 2 - ouvala with temporary lake — "pivščica," or "dana," 3 - ouvala with dolines on karst plain, which is not reached by the karst water, 4 - low hummock on the karst plain

ki jih doslej nismo posebej obravnavali. Na stopnjastih rebreh in pobočjih grudastih kovkov so kraško poglobljeni zatrepi¹⁵ in viseči doli¹⁶. Te oblike so doslej večinoma imeli za viseče suhe doline, po našem mnenju pa gre za posebne oblike kraškega razčlenjevanja pobočij, pri čemer ima seveda denudacija pomembno vlogo. To lahko ugotovimo tudi v izrazitih zatrepih ob stiku raznosmernih rebri. Strukturno pogojene in razmeroma velike reliefne vrzeli v obrobju kraških planot imenujemo kote¹⁷ in odražajo specifično obliko kraškega razčlenjevanja in razpadanja pretrtih in zdrobljenih con na stiku različnih morfoloških enot.

Kraško so poglobljeni tudi razni doli¹⁸ in predoli¹⁹ med kopastimi vrhovi ali različno dvignjenimi ravninami. Na kraških ravninah so podolgovati uvalasti dolci na pretrtih conah. Podolžni in ozki dolci se nadaljujejo z nizi vrtač in tvorijo tako imenovane kraške brazde²⁰. To so vzdolžne žlebaste kraške poglobitve, ki odsevajo tudi mlajše ali celo aktivne prelomne cone. V visokogorskem krasu so takšne brazde imenovali prelomniške ali kraške jarke (J. K u n a v e r, 1982). Na rebreh in položnejših kraških pobočjih so vdolbljene kraško denudacijske nečke²¹ ali niše ter strmi vrtačasti žlebovi²², ob njihovem vznožju so položene stožčaste plati²³ in uleknjene narte²⁴, ki odsevajo prevladujoče kraško denudacijske procese. Značilno oblikovana pobočja rebri, uval in dolov z žlebovi, nečkami, platmi in nartami so pogojena z intenzivnim mehničnim razpadanjem ter spiranjem in raztapljanjem karbonatnih kamnin. Nastali mehanski drobci je v dinarskem krasu povečini že raztopljen in kraško odstranjen. značilna oblika pobočij dokazuje prevladujoče kraško razčlenjevanje in preoblikovanje površja. Obsežno ploskovno zniževanje pobočij je bilo nedvomno učinkovitejše v periglacialnih območjih; široke, položne oblike pa marsikje bolj spominjajo na relief v aridnih predelih, kamor kras po svojem morfološkem bistvu tudi spada. Vkljub obilnim padavinam je namreč površinski odtok vode minimalen in temu je prilagojeno tudi denudacijsko oblikovanje kraškega površja. Kraške denudacijske oblike se zato razlikujejo od nekraških.

Robne kraške globeli

Posebne kraške reliefne oblike nastajajo ob stiku krasa z nekraškim sosedstvom, kar morfološko v bistvu pomeni na stiku različno propustnih kamnin. Na manj prepustnem delu površja se bolj uveljavlja površinski fluvialni proces. Ob stiku s krasom je razvita v kraškem endoreičnem sistemu omejena rečna mreža ponikalnic. Zaprta kraška globel nastaja s podzemeljskim odtokom in odnašnjem drobirja, imenujemo jo tudi robna globel²⁵ ali kontaktna fluvio-kraška globel. Tipične tovrstne globeli so slepe doline²⁶ ob stiku fliša in apnenca (I. G a m s, 1962).

Kraška polja

Navadno uvrščamo med kraška polja vse večje globeli s strmim obodom in z ravnimi, večinoma naplavljenim dnom, z občasno ali stalno ponikalnico in poplavami. Po nastanku so to lahko erozijske, korozijske ali tektonske globeli sredi krasa ali ob njegovem stiku z nekraškim sosedstvom. Žal, tu ni prostora za podrobnejšo razčlenitev morfogogenetske problematike teh največjih, najzanimivejših, pa tudi gospodarsko najpomembnejših globeli dinarskega krasa.

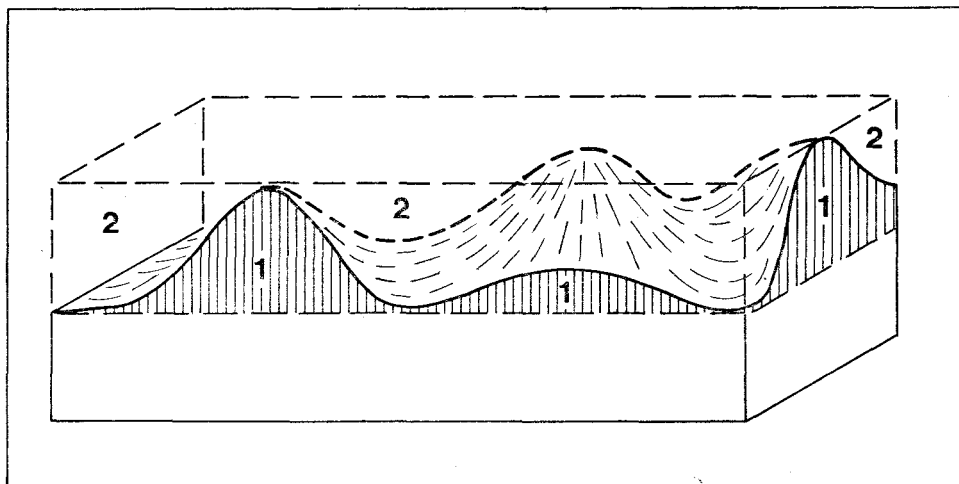
Večinoma so to poligenetske in polimorfne kraške morfološke enote, pri katerih lahko zasledimo marsikatero morfološko podobnost z uvalami. Oblikovanje dna in oboda je v večini primerov pogojeno s površinskimi vodami. V Sloveniji in drugod na dinarskem krasu je oblika in razporeditev kraških polj pogojena z geološko zgradbo in mlado tektonsko dinamiko. Vsa večja kraška polja so v bistvu tektonske kotline, ki so morfološko sicer različno preoblikovane s fluvialnimi in kraškimi procesi. Razlikujejo se po obliki, velikosti, in legi, imajo pa skupne vsaj tiste morfološke poteze, ki so značilne za sekundarno preoblikovanje tektonskih kotlin v krasu. Znale so razne morfografske in hidrografske klasifikacije teh globeli (I. G a m s, 1978).

KRAŠKI RAVNIKI, RAVNOTE IN PLANOTE TER KUCLJAVOST KRASA

Večje morfološke kraške enote ločimo po stopnji uravnanosti ali razčlenjenosti, to je uglobljenosti in kucljavosti²⁷ (sl. 5), na ravnike²⁸, ravnote²⁹ in planote³⁰. Uravnavanje na krasu prevlada, ko ni več možno kraško poglobljanje in razčlenjevanje. To je zaustavljeno bodisi z nepropustno podlago ali z zajeznim odtokom, ki je odvisen od lokalnega nepropustnega obrobja ali glavne erozijske baze. Oboje se lahko spreminja pod vplivom notranjih in zunanjih sil.

Kraški ravniki so obsežne, več kilometrov široke in dolge skalne ravnice, različno na gosto posejane z vrtačami, ali brej njih, in z redkimi osamelimi griči ali humi. Ponekod na ravnikih najdemo ostanke fluvialnih sedimentov, ki naj bi bili dokaz za predkraško fluvialno oblikovanje površja.

Oblika in razporeditev kraških ravnikov se marsikje ne skladata z značilnostmi normalnih rečnih dolin. Kjer ravnike danes prečkajo reke, so te vanje

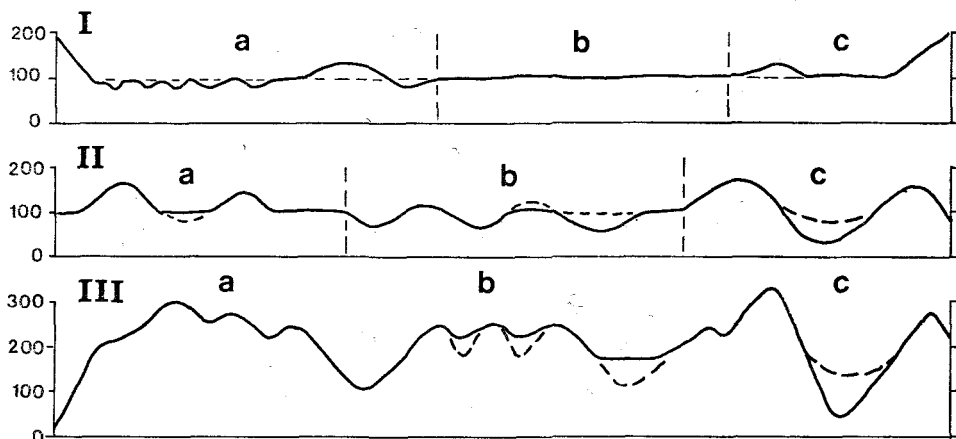


Sl. 5. Kucljavost je izražena z volumskim razmerjem med kuclji ali kopami (1) in prilegajočim plaščem krasa (2)

Fig. 5. The third rate of karst dissection is expressed by volume rate between hummock and cones (1) and corresponding karst coat (2)

poglobljene v kanjonskih strugah in so torej odraz mlajšega vrezovanja površinskih tokov. Široke uravnave naj bi nastale bodisi z robno korozijo³¹, kot to zagovarja J. Roglič (1957), ali pa s ploskovnim kraškim uravnavanjem³² do nivoja talne vode. Stik krasa z nepropustnim sosedstvom sam po sebi še ni zadosten razlog za nastanek ravnikov, saj so ravniki marsikje tudi precej stran od kontakta, ali pa jih ob stiku sploh ni. Samo z bočno erozijo ali korozijo pa tudi ni mogoče razložiti razporeditve in značilnosti ravnikov. Zagotovljeni morajo biti ustaljeni pogoji za ploskovno kraško denudacijsko uravnavanje.

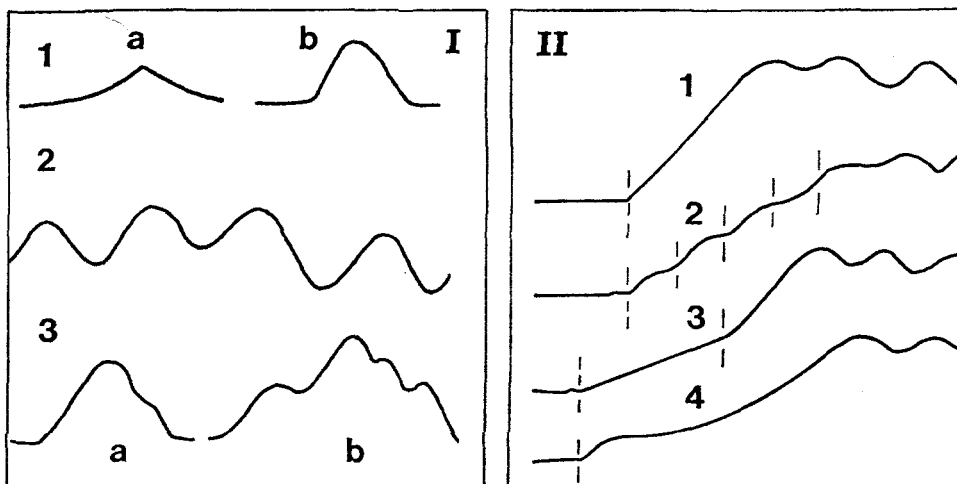
Ravniki so večinoma razporejeni ob kraških poljih in se skladajo s tektonsko pogojenimi morfološkimi enotami in sklopi. Tako so tudi kraška polja le tektonsko, redko korozijsko ali erozijsko znižani deli vzdolžnih ravnikov med višje dvignjenimi gorskimi hrbti. Različne stopnje in police ali podi ob poljih so morda odraz večfaznega uravnavanja (I. Gams, 1973), ali pa tektonskih premikov, dviganja, grezanja, nagibanja ali upogibanja. To je mogoče spoznati z natančno strukturno analizo kraškega površja, kot smo jo preskusili na primeru matičnega Krasa (P. Habič, 1984).



Sl. 6. Prikaz treh tipov kraškega ravnika (I, a, b, c), kraških ravnin (II, a, b, c) in kraških planot (III, a, b, c)

Fig. 6. Illustration of three karst plains types (I, a, b, c), karst flat surface (II, a, b, c) and karst plateaus (III, a, b, c)

Kraške ravnine se razlikujejo od ravnikov po manjši uravnanosti, oziroma večji kucljavosti ali globelnosti. Ponekod so ravnine rahlo valovite, razbrazdane, vrtačaste, uvalaste in dolaste ter posejane z manjšimi ali večjimi kuclji in kopami. Po reliefni sestavi ločimo tri tipe ravnin. V prvem prevladujejo osamljene kopaste vzpetine sredi ravnice, torej izrazita kucljavost, v drugem je po ravnici posejanih več globeli kot vzpetin, prevlada globelnost, v tretjem pa je ravnica manj izrazita, kuclji in globeli pa so enakomerno razporejene (sl. 6). Možne so seveda tudi različne prehodne oblike med popolnimi ravniki in zelo razčlenjenimi ravninami. Ravnine so torej značilne večje ali manjše



Sl. 7. Oblike kraških vrhov (I):

1a - kuceľj, 1b - hum, 2 - niz glavic ali kopastih vrhov, 3a - kovk, 3b - »grmada«.

Značilna pobočja na obrobju kraških planot (II):

1 - reber, 2 - raskovec, 3 - plat, 4 - nart

Fig. 7. The shapes of karst summits (I):

1a - hummock, 1b - hum, 2 - series of cones, 3 - complex of cones, 3a - "kovk", 3b - "grmada".

Characteristic slopes on the border of karst plateaus (II):

1 - undissected steep slope "reber", 2 - dissected steep slope "raskovec", 3 - gentle glacial-like slope "plat", 4 - typical pediment slope "nart".

morfološke enote s svojevrstno morfogenezo in so večinoma razporejene na obrobju ravnikov, ali pa so sestavni deli višjih planot.

Kraške planote so obsežnejši morfološki sklopi in spleti, sestavljeni iz razčlenjenih ravnikov in ravnin ter hrbtov in dolov. Prehodi so v obliki položnih plati in nart, stopnjastih raskovcev³³ ali strmih rebri³⁴ in prepadnih čel³⁵ z značilnimi prehodi med posameznimi enotami (sl. 7). Stare ravnike skušamo določiti po enotni višini kopastih vrhov, med katerimi so raznosmerni doli in predoli, uvale in drage. Na planotah izstopajo svojevrstni sklopi kopastega površja (P. Habič, 1981). Sestavljeni so iz posameznih kucljev³⁶ ali kop, iz večjih kovkov³⁷ in grmad³⁸, ki so lahko nastali le z dolgotrajnim kraškim, korozijsko denudacijskim razčlenjevanjem bolj ali manj homogenih zgradbenih enot. Grmade in kovki so razporejeni v obliki hrbtov in grebenov, stopnjastih in grudastih pa tudi priostrenih bil, mosorjev, kápel in podobnih gorskih sklopov in spleto, ki sestavljajo pretežni del goratega dinarskega krasa.

MORFOGENETSKE ENOTE DINARSKEGA KRASA

Dinarski kras razdelimo v tri poglavitne zgradbene in morfofenetske cone: a) nizki uravnani primorski kras, b) reliefno bolj razčlenjeni osrednji visoki kras, ter c) prehodni ravnotasti notranji kras. Vsako morfofenetsko cono sestavljajo različni spleti in sklopi morfofenetskih enot in oblik. Reliefno najbolj

razgibana je osrednja cona visokega krasa, medtem ko se razvojne enote in oblike primorskega in notranjega krasa prepletajo v reliefno manj razčlenjenem površju.

Ravniki in ravnote pa tudi planote ter kopasto dolasti in grmadasti gorski sklopi so predvsem strukturno in tektonsko pogojeni. Morfološke enote se skladajo s staro narivno in nagubano geološko zgradbo, od katere je odvisen razpored različno prepustnih kamnin. Toda kraški relief se ne sklada povsem z narivnimi enotami. Zunanji procesi so narivne strukture že tako načeli in uravnali, da so oblike samo ponekod skladne, bodisi kot sinforme ali anti-forme. Starejša radialna tektonika in recentna tektonska dinamika sta narivno zgradbo in starejši relief razrezali v podolžne in prečne grudaste bloke in jih različno premaknili, dvignili ali pogreznili. Tako zasnovane strukturne in morfološke enote so bile različno izpostavljene nadaljnjemu čisto kraškemu, ali kombiniranemu kraškemu, fluvialnemu, glacialnemu in drugemu preoblikovanju. Oblika in razporeditev morfoloških enot, sklopov in spletov je tako prilagojena mladi tektoniki, v njihovih reliefnih značilnostih pa se kažejo poleg mlajših oblik tudi podedovane kraške, pa verjetno še druge značilnosti reliefa, ki so nastajale v skladu s starejšo strukturo in nekdanjimi morfo-genetskimi razmerami.

SKLEP

V kratkem pregledu reliefne razčlenjenosti dinarskega krasa ni mogoče zajeti vseh morfo-genetskih problemov. Spoznali smo le nekatere značilnosti in jih skušali urediti tako, da bi mogli v prihodnje bolj celovito obravnavati kraško površje, ne le posamezne kraške pojave. Poleg drobnih korozijskih oblik, žlebičev in škrapelj, predstavljajo recentno razčlenjevanje še druge oblike, ki smo jih skušali zajeti v skupno oznako kraške škrapljivosti, grintavosti in grižavosti.

V golem in še posebno visokogorskem krasu je izrazitejša grižavost, ker so vse kraške razjede, škraplje in špranje izprane. V pokritem krasu pa so kraške razjede zapolnjene s prstjo in ilovico ali z drugim drobirjem različnega izvora, zato so vidnejše le skalne grbine, ki predstavljajo različno grintavost kraškega površja. Nadaljnji študij grintavosti in grižavosti lahko prispeva pomembna spoznanja o vlogi litološke podlage, reliefnega položaja, klimatskih razmer pa tudi sedimentnega pokrova pri najmlajšem kraškem razčlenjevanju površja.

Tipične kraške globeli, kot so vrtače in raznovrstne uvale, predstavljajo višjo organizirano obliko kraškega razčlenjevanja. Ker so v mnogih primerih vrtače v uvalah odraz mlajšega zakrasevanja, smo nekoliko širše osvetlili razvojne zveze med škrapljami, vrtačami in uvalami ter kraškimi polji. V posebnih pogojih, kakršne poznamo na Zgornji Pivki, moremo slediti temu razvojnemu nizu. V večini primerov pa lahko po obliki in razporeditvi kraških globeli ločimo različne časovne in morfološke faze kraškega razčlenjevanja, ki so klimatsko ali drugače pogojene.

Tako so na primer najpomembnejša kraška polja tektonsko zasnovana. Na oblikovanje globeli je pomembno vplivalo drobljenje, spiranje in raztapljanje kamnine ter podzemeljsko odnašanje drobirja. Ti procesi so tudi sicer odločilni za oblikovanje celotnega kraškega površja, pa tudi obrobja krasa,

kjer nastajajo značilne robne globeli. Problematike fluvialnega preoblikovanja krasa v tem prispevku namenoma nismo obravnavali.

Delež površinske izyotljenosti krasa skušamo izraziti s pojmom uglobljenosti ali globelnosti, ki predstavlja volumsko razmerje kraških globeli do celotne cone krasa, v kateri se globeli nahajajo. Ločimo lahko globelnost vrtač, uval ali drugih kraških depresij.

Naslednjo višjo obliko organiziranosti kraškega reliefa smo skušali prikazati z ravniki, ravnotami in planotami. Razčlenjenost oziroma uravnanost krasa se kaže v razporeditvi in velikosti globeli, vmesnih ravnin in dolov ter vzpetin, kucljev, kop, kovkov in grmad. Volumski delež vzpetin na uravnavah smo izrazili s kucljavostjo, tako je razčlenjenost površja lahko izražena z globelnostjo in kucljavostjo. Predele s sorodno razčlenjenostjo smo opredelili kot kraške morfološke enote, ki so povečini zgradbene enote in največkrat tektonsko omejene. Prehodi med enotami so različni, kot premočrtne rebri, stopnjasti raskovci ali položne plati in narte. Sorodne morfološke enote sestavljajo večje sklope, različni sklopi pa tvorijo bolj ali manj zaokrožene morfogenetske splette in cone dinarskega krasa. Z nadaljnjimi analizami reliefne razčlenjenosti bomo spoznali temeljne zakonitosti oblikovanja posameznih predelov dinarskega krasa.

PRISPEVEK H KRAŠKI TERMINOLOGIJI

- ¹ **kras** je del zemeljskega površa na trdnih, prepustnih in topnih kamninah s podzemljskim odtokom voda ter temu prilagojenimi značilnostmi površja in podzemlja.
- ² **kraško površje** je skupnost reliefnih oblik na krasu, ne glede na njihovo podlago, razporeditev, izvor in starost. Po teh in drugih kriterijih lahko opredelimo različne tipe kraškega površja.
- ³ **kraški proces** je biokemijsko razkrajanje in mehansko razpadanje ter podzemljsko odnašanje drobirja in raztopljene kamnine.
- ⁴ **kraške oblike** ali površinski kraški pojavi, so tiste reliefne oblike, ki nastanejo na kraškem površju s kraškim procesom.
- ⁵ **kraške morfogenetske enote** so pretežno homogene strukturne enote s podobnimi razvojnimi potezami v preoblikovanju površja in zakrasevanju.
- ⁶ **kraški morfogenetski sklopi** so sestavljeni iz različnih strukturnih in morfoloških enot s podobno razvojno zgodovino.
- ⁷ **kraški morfogenetski spleti** so sestavljeni iz podobnih ali različnih sklopov z različno razvojno zgodovino.
- ⁸ **grintavost** je drobna pozitivna razčlenjenost pokritega ali delno pokritega krasa, ki se kaže v razporeditvi in velikosti raznih skalnih grbin na kraškem površju.
- ⁹ **grizavost** je drobna globinska razčlenjenost kraškega površja, predvsem vidna na golem krasu, v pokritem pa izražena pod sedimentnim pokrovom.
- ¹⁰ **uglobljenost** ali **globelnost** je površinska izvoščenost kraškega površja, ki jo izrazimo z razmerjem med volumnom vrtač, uval in drugih globeli ter volumnom površinske cone krasa, omejene s povprečno globino kraških depresij.
- ¹¹ **úlaka** je asimetrična uvala, plitvo poglobljena na polici ob vznožju strmih pobočij, rebri ali kopastih vrhov.
- ¹² **dolec** ali **dolasta uvala** je nerazčlenjena kraška globel v dolu, z višjimi pobočji na bokih in nižjimi prevali v dnu dola.
- ¹³ **pivščica** ali **dana** je občasno poplavljen uvala z ravnim, skalnim ali naplavljenim dnom in strmim obodom v plitvem krasu, ime po značilnih oblikah na Zgornji Pivki, kjer so v starejši ravniki poglobljene prehodne oblike od vrtače do odprte rečne doline.
- ¹⁴ **draga** je čez 100 m globoka, podolgovata, tudi sestavljena dolasta uvala na visokem krasu v območju pleistocenskih poledenitev.
- ¹⁵ **zatrep** je odprta dolasta vrzel na stopnjastih policah in rebreh s strmim zaključkom na čelni strani in enakomerno visokimi rameni na bočnih straneh.
- ¹⁶ **viseči dol** je odprt kraški dol nad strmo rebrijo.
- ¹⁷ **kot** je strukturno pogojen večji zatrep na robju kraških planot ob stiku raznosmerni rebri.
- ¹⁸ **dol** je suhi dolini podobna vzdolžna reliefna vrzel z višjimi strmimi pobočji na daljših straneh, strukturno zasnovana med hrbti ali ob stiku različno dvignjenih tektonskih enot, izoblikovana pretežno s kraško denudacijo.
- ¹⁹ **predol** je na obe strani nagnjen viseči prečni dol med kovki in grmadami ter hrbti.
- ²⁰ **kraška brazda** je vzdolžna ali prečna reliefna zajeda na kraških ravninah in ravninah, pogojena s prepustno prelomno cono, ki jo nakazuje niz vrtač in vzdolžnih dolcev.
- ²¹ **nečka** je širok denudacijski žleb na položnem ali strmem kraškem pobočju, nerazčlenjen ali posejan z vrtačami in navzdol odprt na polico ali vznožno ravnico.
- ²² **žleb** je ožja denudacijska in z nizom vrtač razčlenjena strma zajeda v kraškem pobočju, ki navadno sega med dva kopasta vrhova.
- ²³ **plat** je vršaju podobno stožčasto kraško pobočje ob vznožju rebri ali strmih kraških pobočij, tudi pseudovršaj imenovan.
- ²⁴ **nart** je uleknjeno položno kraško pobočje na robju višjih morfoloških enot, planot in hrbtov s prehodi na vznožne uravnave, police in pode, ravnike in kraška polja.

- ²⁵ **robna globel** je zaprta kotanja ob stiku propustnih in nepropustnih kamnin, poglobljena s površinsko erozijo in denudacijo ter podzemeljskim kraškim odnašanjem drobirja.
- ²⁶ **slepa dolina** je kraško poglobljen del rečne doline na apnencih ob ponikalnicah z nepropustnega sosedstva; starejši opuščeni, suhi del slepe doline je slepi dol.
- ²⁷ **kucljavnost** je volumsko razmerje med kraškimi vzpetinami, kuclji, kovki in drugimi kopastimi vrhovi na kraški uravnavi in volumnom pripadajoče cone krasa, ki jo po višini opredelimo s povprečno višino vzpetin v izbranem predelu.
- ²⁸ **kraški ravnik** je več km široka in dolga ravna ali rahlo nagnjena skalna ravnica, odprta v eno ali več smeri, lahko tudi dno širokih kraških globeli, obrobje kraških polj, ali polica ob kanjonski strugi površinske reke, nastane s kraškim, korozijsko denudacijskim uravnavanjem v nivoju kraške talne vode ali kot robni ravnik v nivoju naplavne ravnice, ostanki fluvialnih sedimentov niso zanesljiv dokaz za predkraško fluvialno uravnavanje.
- ²⁹ **kraška ravnota** je reliefno bolj razgibana kot ravnik, zaradi nepopolne uravnanosti kucljev in kopastih vzpetin, ali večje razčlenjenosti z globelmi, ali pa površje hkrati sestavljajo globeli in vzpetine.
- ³⁰ **kraška planota** je višja, reliefno še bolj razčlenjena kot ravnota in sestavljena iz različnih morfoloških enot, ravnin in hrbtov z vmesnimi doli ter zunaj jasno omejena.
- ³¹ **robna korozija** je raztapljanje kamnine na obrobju poplavne ravnice ob dotoku površinskih voda z višjega nepropustnega površja na zakrasele robne in z naplavinami pokrite apnence (po Rogliču, 1957).
- ³² **kraško uravnavanje** je ploskovno korozijsko in kraško denudacijsko zniževanje karbonatnih kamnin do gladine kraške talne vode.
- ³³ **raskovec** je vrtačasto in stopnjasto, kraško in denudacijsko preoblikovano obrobje tektonsko dvignjene kraške morfološke enote.
- ³⁴ **reber** je strmi, premočrtni in nerazčlenjeni denudacijski rob tektonsko dvignjene strukturne enote.
- ³⁵ **čelo** je prepadni strukturni rob kraške planote.
- ³⁶ **kucelj** je osamljena kopa ali priostrena vzpetina na kraški ravnoti z uleknjenimi pobočji.
- ³⁷ **kovk** je večja osamljena kopasta ali priostrena vzpetina s strmimi pobočji, dvignjena sredi kraške ravnote ali iznad nižjega kopastega površja.
- ³⁸ **grmada** je večji kovk z kopastimi vrhovi.

LITERATURA

- Cvijić, J., 1985: Karst. Geografska monografija, Beograd.
- Čar, J., 1982: Geološka zgradba požiralnega obrobja Planinskega polja. *Acta carsologica*, X (1981), 75—105, Ljubljana.
- Gams, I., 1962: Slepe doline v Sloveniji. *Geografski zbornik VII*, 263—306, Ljubljana.
- Gams, I., 1971: Podtalne kraške oblike. *Geografski vestnik XLII*, 27—45, Ljubljana.
- Gams, I., 1973: Die zweiphasige quartärzeitliche Flächenbildung in den Poljen und Blintälern des Nordwestlichen Dinarischen Karstes. *Geogr. Zeitschrift, Beihefte*, Wiesbaden.
- Gams, I., 1978: The polje. The problem of definition with special regard to the Dinaric Karst. *Zeit. Geomorph. N. F.* 22,2, 170—181, Berlin — Stuttgart.
- Habič, P., 1968: Kraški svet med Idrijco in Vipavo. *SAZU, Dela 21*, Inštitut za geografijo 11, str. 243, Ljubljana.
- Habič, P., 1978: Razpored kraških globeli v Dinarskem krasu. *Geografski vestnik, L*, 17—31, Ljubljana.
- Habič, P., 1981: Nekateri značilnosti kopastega krasa v Sloveniji. *Acta carsologica IX* (1980), 5—21, Ljubljana.
- Habič, P., 1984: Reliefne enote in strukturnice matičnega Krasa. *Acta carsologica XII* (1983), 5—26, Ljubljana.
- Horvat, A., 1953: Kraška ilovica, njene značilnosti in vpliv na zgradbe. *DZS*, str. 91 in 303 slike, Ljubljana.
- Kunaver, J., 1961: Visokogorski kras Vzhodnih Julijskih in Kamniških Alp. *Geografski vestnik XXXIII*, 95—135, Ljubljana.
- Kunaver, J., 1982: Geomorfološki razvoj Kaninskega pogorja s posebnim ozirom na glaciokraške pojave. *Geografski zbornik XXII*, 197—346, Ljubljana.
- Roglić, J., 1957: Zaravni na vapnencima. *Geografski glasnik 19*, 103—134, Zagreb.

SURFACE DISSECTION OF DINARIC KARST

Summary

In short survey of relief forms and dinaric karst dissection it is impossible to enumerate all the morphogenetic problems. We met only some properties and we tried to arrange them so that in future more complex treatment of the karst surface and not only of particular karst phenomena would be possible. Beside detailed corrosion forms, karren and grikes recent dissection is presented by other forms which we tried to put under the same label of first rate of thin karst dissection.

In bare and specially in high mountainous karst »grizavost« (= thin karst dissection, mostly visible on bare karst, while in covered karst expressed under the sediments) is the most expressed as all the karst shapes are well washed. In covered karst they are filled up by soil and clay or different scree of various origin, therefore the knobby rocks are more visible and present different rate of the karst surface, called »grintavost« (= thin positive dissection of covered or partly covered karst shown in the distribution and size of various rocks on the karst surface). The further study of first rate of karst dissection can contribute an important knowledge on the role of lithologic base, relief situation, climatic conditions and also sediment cover during the youngest karst surface dissection.

Typical karst depressions as are dolines and all sorts of ouvalas present highly organized form of karst dissection. As in several cases the dolines in the ouvalas reflect younger karstification we studied the development phases among grikes, dolines, ouvalas and karst poljes more in detail. In special conditions as are known on Upper Pivka these development phases can be followed. In most cases, regarding the form and distribution of karst depressions we can distinguish different temporal and morphological phases of karst dissection which are conditioned climatically or in some other way.

Thus, for example, the most important karst poljes are tectonically conceived. To the formation of the depressions weathering, washing out and solution of rocks as well as the underground scree transport strongly influenced. These processes are otherwise important for the formation of the entire karst surface and for the karst border too where different marginal depressions occur. The problematics of fluvial karst transformation was not treated in this contributions deliberately.

Volume rate of karst depressions towards the whole karst zone where the depressions are found can be expressed by the second rate of karst dissection. The expression »globelnost« was suggested (= it is superficial cavernosity of karst surface expressed by the rate between the dolines, ouvalas and other depressions volume and volume of superficial karst zone limited by average depth of karst depressions).

Next higher organized form of karst relief was tried to be presented by karst plains, flat surface and plateaus. Dissection or flatness of the karst is shown in distribution and size of depressions, intermediary flat surface and elevation forms. Volume rate of elevation forms on the flat surface expresses the third rate of karst dissection, thus the karst surface dissection is expressed by three different rates. The areas with similar dissection were defined as karst morphologic units being mostly structural units and mostly tectonically controlled. The transitions among units are different, f.e. undissected steep slopes (»reber), dissected steep slopes (»raskovec), gentle glacis-like slopes (»plat«) and typical pediment slopes (»nart«). Relevant morphological units compose bigger complexes, while different complexes compose more or less rounded morphogenetical systems or zones of dinaric karst. By further analyses of relief dissection we'll know basic lawfulness of formation of particular regions of dinaric karst.

MODEL ČISTEGA KRASA
IN NASLEDKI V INTERPRETACIJI POVRŠJA

THE "PURE KARST MODEL"
AND ITS CONSEQUENCES IN THE KARST RELIEF
INTERPRETATION

FRANCE ŠUŠTERŠIČ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address

Dr. FRANCE SUSTERSIC, raziskovalni sodelavec
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
Titov trg 2
66238 Postojna
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.44.001.5

Sušteršič France: Model čistega krasa in nasledki v interpretaciji površja.

Dosedanje umevanje kraškega površja se zdi v veliki meri eklektično in nedosledno. Temu lahko odpomoremo z uporabo t. i. modela čistega krasa, ki s pomočjo osmih temeljnih pogojev zaobseže bistvo oblikovanja kraškega površja. Bistveno kraško površje se razvije le tedaj, če je izpolnjenih vseh osem pogojev, zanj pa so značilne centrične globeli in vzpetine. Različne kombinacije izpolnjenih oz. neizpolnjenih pogojev pa označujejo različne nepopolne »krase«. Izkazuje se, da so nekateri geomorfni procesi krasu kompetitivni, drugi pa kompatibilni. Takšno gledanje v veliki meri odstopa od običajnega geomorfološkega pristopa h kraškemu površju in tako zahteva skoraj popolno revizijo obstoječih prijemov.

Abstract

UDC 551.44.001.5

Sušteršič France: The "pure karst model" and its consequences in the karst relief interpretation.

The up-to-date understanding of the karst relief appears in a great extent eclectic and self-contradictory. This can be avoided in a great extent if using the "pure karst model". It is defined by eight basic conditions and encompasses the essence of the karst surface shaping. The intrinsically karstic relief appears only if all the eight conditions are fulfilled, the central depressions and elevations being for it essential. Different combinations of fulfilled and non fulfilled conditions mark the different uncomplete "karsts". It comes out that some geomorphic processes are competitive to the karst, while the others are compatible. Such a viewing differs from the usual geomorphological attitude to the karst relief and so it claims nearly entire revision of the present knacks.

IZHODIŠČA

Končna uspešnost kakršnegakoli raziskovanja je bistveno odvisna od tega, koliko so čisti osnovni pojmi, s katerimi raziskovalec pristopa k predmetu svojih raziskovanj. Kakšno je stanje razumevanja krasa danes, nemara najbolj opišem z navedkom Ph. Renaulta (1977, 34):

»Zamisli krasa ustreza intuiciji, ki je bila gonilo prvih raziskav in porajanja kvalitativnih teorij. Pravzaprav ni več kot bistveno v zgodovino obrnjena podpora neki drugi zamisli, ki je dosti širša in dinamičnejša. Ovire njenemu razvoju so še številne, ... toda razvoj raziskovanja se mora sam po sebi usmeriti na enotno koncepcijo kraškega fenomena. ... Definicija krasa je še dvoumna zaradi zapletenosti pojava.« (prevod F. Š.)

Nerazčiščenih pojmov izvira največ iz nejasnih in eklektičnih definicij. Kot je razvidno iz navedene Renaultove (o. c.) študije, jih je v uporabi več: geomorfološka, speleološka, geološka, sedimentološka, hidrološka itd., od katerih vsaka v svojem obsegu ustreza. Zadeve pa se zapletejo, kadar moramo zaradi kompleksnosti samega pojava krasa ali pa preprosto zaradi zgodovinske vztrajnosti, upoštevati več plati istočasno.

V nadaljnjem obravnavam kras kot geomorfen sistem (prim. H. F. Garner, 1974, 700), torej izključno kot kategorijo oblikovanja zemeljskega površja, ki ima svojstven način delovanja (udejstvovanja eksogenih sil) in svojstvene pojavnosti oblike. Z izrazom zemeljsko površje pojmem hipotetično ploskev, kjer se stika litosfera z atmosfero oz. hidrosfero. Oblikovanost površja mi pomeni razgibanost te ploskve (matematično gledano, odvod) in ne razporejenosti mas (matematično gledano, funkcijska vrednost). To stališče je implicitno zajeto v anglosaškem pojmovanju besede relief (Garner, o. c., W. D. Thornbury, 1969).

Osnovni cilj mi je ugotoviti tista svojstva kraškega površja, ki izhajajo iz praktično potrjene predpostavke (J. Roglič, 1956), da je kras samostojen geomorfni sistem. Ta morajo zadoščati, da z njimi opišemo model, v katerem je zbrano zgolj vse tisto, kar je za kraško površje bistveno. Ker obstajajo tudi geomorfni pojavi, ki niso značilni za posamezne geomorfne sisteme, temveč so povsem splošni, z njihovim izločanjem iz modela napravimo le tega preglednejšega. Zato pa nikakor ni nujno, da je tak model v svoji čisti obliki kje v naravi sploh realiziran. Njegov smisel ni v tem, da bi po vsej sili iskali njegovo popolno realizacijo, temveč da nam pomaga razumeti oblikovanje kraškega površja na osnovi njegove notranje logike.

OSNOVNI POGOJI

Tak model, ki je v bistvu enaka idealizacija kot npr. prosti pad v popolnem vakuumu, imenujem v nadaljnjem model čistega krasa (MCK). Do njegovih svojstev se priključimo tako, da primerjamo posamezne geomorfne sisteme in ugotovimo, v čem je bistvo razlikovanja etalonskih kraških ozemelj od drugih. To so krasoslovci že storili in v vsakem učbeniku najdemo bolj ali manj podobno opredeljene temeljne značilnosti krasa (npr. M. M. Sweeting, 1968, 582), ki jih tu, primerno urejene, navajam kot fizične pogoje za ostvareitev MCK:

1. Obstojati mora kamninska masa z neko začetno potencialno energijo.
2. Matična kamnina mora biti dovolj koherentna, da vsaj v določenem obsegu dopušča obstoj strmin oz. previsov.
3. Opazne lateralne spremembe morajo biti odmaknjene tako daleč, da so v obsegu naših opazovanj zanemarljive.
4. Matična kamnina mora biti enakomerno topna do take mere, da prehajanje kamnine iz čvrste v tekočo fazo (raztapljanje) popolnoma prevlada nad ostalimi načini razkroja kamnine.
5. Zagotovljena mora biti enakomerna in zvezna inicialna votlikavost matične kamnine.
6. Delovanje sistema ne sme biti zavrto že zaradi aridnosti.
7. Kamninski masiv mora biti z boka odprt vsaj toliko, da se lahko v celoti razvije navpični sistem odvodnjavanja.
8. Naklon površja mora biti prvotno dovolj majhen, tako da je površinsko odvodnjavanje omejeno na velikostni red osnovne celice inicialne votlikavosti.

Pogoja 1. in 2. sta splošno geomorfološka in zagotavljata, da se reliefne oblike lahko sploh razvijajo (Garner, o. c., pogl. 2-4).

Tudi izpolnitev vseh pogojev od 1. do 4. ne zadošča, da bi nastal kakršenkoli kras. Opraviti moramo z drugačnimi reliefnimi oblikami, pač razvitimi na topnih kamninah.

Šele izpolnitev pogojev od 1. do 6. omogoči nastajanje podzemskih kraških oblik.

Kraške površinske oblike, ki so tu predmet našega zanimanja, se morejo razvijati šele tedaj, ko je bolj ali manj izpolnjenih vseh osem pogojev.

Pogoji so v kar največji meri hierarhični in neizpolnitev katerega nižjih, s stališča MCK izniči izpolnitev višjega. Kombinacij, ki odstopajo od tega pravila je sorazmerno malo, z njimi pa lahko opredelimo tiste različne geomorfne oblike, ki jih intuitivno štejeemo na nek način za kraške, med seboj pa jih le ne moremo primerjati. Z drugo besedo, različni »krasi«, ki so v smislu MCK »nečisti«, postanejo vgradljivi v enoten sistem, če le ugotovimo, kaj jim manjka do čistosti.

VPRAŠANJE STABILNOSTI

Pojem geomorfne sistema vključuje zahtevo, da so konkretne geomorfne oblike, ki so zanj značilne, časovno stabilne (R. J. Chorley, 1962). Z drugo besedo, masa mora odtekati ob konstantni geometriji površja. To pa je bistvena postavka koncepcije uravnovešenih razmer (steady state), ki pa ni kar tako vgradljiva v naše sedanje pojmovanje krasa.

Drugače kot raziskovalci drugih geomorfni sistemov se krasoslovci nikdar nismo izmaknili bistveno ciklično zasnovanim smernicam, ki smo jih podedovali od Cvijića, Pencka in Davisa. Nabor naših ključnih pojmov in tako tudi naša dikcija zato sama po sebi onemogočata pretok drugače zasnovanih informacij, kar je nedvomno ena pomembnih zavor razvoju krasoslovja.

To pomembno vprašanje moramo na tem mestu pustiti ob strani in se posvetiti le stabilnosti oblikovanosti površja. Za fluvialni sistem sta S. A. Schumm in R. W. Lichty (1965) pokazala, da gre v bistvu za vprašanje merila. Kot je razvidno iz nadaljnega besedila, ima tudi kras velikostno začrtane meje, in to prav tiste, ki dovoljujejo vzpostavitev uravnovešenih razmer. Raziskovalna praksa kaže, da se to tudi res dogaja (F. Šusteršič, 1982). Sledi, da je (kraški) geomorfni sistem zrel tedaj, ko se oblikovanost površja v celoti prilagodi pogojem in izginejo vse podedovane forme. Zrela oblikovanost ni več prehod med mladostno in starostno, temveč je povsem samozadostna. Njene posamezne pojavne oblike pa so značilne za izbrani geomorfni sistem, v našem primeru kras.

REALIZACIJA

Na čisto kraškem površju voda kamnino raztaplja in jo (z njegovega stališča) odvede v novo dimenzijo. Tako se površje stalno znižuje in na njem se pojavljajo denudirane oblike podzemskega zakrasevanja (votline). Organizacija površja tedaj tudi v primeru krasa odraža organizacijo odvajanja mase. Transportni sistem pa, drugače kot pri večini geomorfni sistemov, ni vgrajen v samo ploskev površja, temveč stoji pravokotno nanjo. Presek odvodnega sistema in ploskve površja (v smislu teorije množic) je tedaj pri večini geomorfni sistemov skladen s sistemom odvodnjavanja, v krasu pa je to točko-

ven sistem. Z drugo besedo, oblike čistega zakrasevanja lahko v limiti skrčimo v točke, medtem ko dendriška mreža npr. fluvialnega sistema vedno ostane linearna.

Osnovni gradniki kraškega površja so tedaj centrično zasnovane globeli in vzpetine, oz. vrtače in kope. Le te imajo v različnih klimatskih pogojih lahko različno zunanjo obliko, vendar ostane njihova centrična zasnovanost neprizadeta (Šušteršič, o. c., 22—25). To pa je tudi vsebina podobnosti krasa visokih dinarskih planot z nekaterimi tropskimi krasi. Oblike površja, ki so zasnovane drugače, odražajo bodisi diktat linearno poudarjene (torej anizotropne) podlage, ali pa nekraške interference v krasu. V obeh primerih osnovni pogoji niso v celoti izpolnjeni in kras v smislu MCK ni čist.

Če je primerjava sploh smiselna, prihajajo na krasu in stik s površjem predvsem tisti predeli odvodnika, ki v fluvialnem sistemu ustrezajo območjem vodotokov prvega reda. Zato največja dimenzija čiste kraške oblike ne more presežati dimenzij vplivnih območij posameznega navpičnega odvodnika. V pogojih, kot so postavljeni, to pomeni, da največja čista oblika v tlorisu ne more presežati nekaj stometrskih izmer.

Po drugi strani pa je tudi res, da na površju osnovnega bloka kamnine, to je bloka brez drugotne votlikavosti, vladajo iste razmere kot na površju bloka katerekoli »nekraške« kamnine. Tedaj imajo čisto kraške oblike tudi svojo spodnjo velikostno mejo, ki jo omejujejo najmanjše dimenzije celice odnašanja mase (navpičnega odvodnjavanja).

RAZMERJE PROTI OSTALIM GEOMORFNIM SISTEMOM

Danes najbolj uveljavljena delitev geomorfnih sistemov (prim. Garner, o. c.), ki je vsaj klimatsko pobarvana, opredeljuje kraški geomorfn sistem kot podtip humidnega. To gotovo drži, če imamo za bistvo humidnosti geomorfnega sistema transport mase s tekočo vodo. Zato je kraški sistem nasproti ostalim podtipom humidnega kompetitiven. To pride posebej do izraza, če ga soočimo z najbolj razširjenim, torej fluvialnim. Nek humiden geomorfn sistem je toliko kraški, kolikor manj je fluvialen, oz. obratno. Teoretično so možni vsi prehodi iz enega v drugega, smiselne pa so različne terminološke kombinacije, kot npr. kraško-fluvialno površje oz. fluvio-kraško površje. V prvem primeru bi imel opraviti s površjem, značilnim za okolico Idrije, kjer se v značilno erozijski relief vrivajo posamezne kraške oblike. Kot primer drugega lahko navedem dno Loškega polja, ki vse bolj zakraseva, vanj pa se zarezuje plitev kanjon z aktivnim vodotokom.

Ostali klasični geomorfn sistemi kraškemu niso kompetitivni, temveč kompatibilni. V nekem prostoru se tako lahko mešajo elementi enega in drugih v najrazličnejših razpostavah, ne da bi to imelo neposredno vsebinsko povezanost. Zato je z genetskega stališča izraz »glacio-kraški« vprašljiv, četudi ohrani vso veljavo kot tehničen izraz za pragmatično ugotovljeno oblikovanost reliefa.

Ker kraški sistem deluje po eni plati izrazito selektivno, po drugi pa so njegove osnovne forme velikostno omejene, je nujno, da večje reliefne enote niso kraškega izvora, četudi so popolnoma kraško preoblikovane. V razmerah našega dinarskega krasa lahko skoraj kategorično trdimo (F. Šušteršič.

1979, P. Habič, 1984a, /b), da so tektonskega izvora; teoretično pa bi lahko bile tudi preostanki predkraškega oblikovanja. Pri proučevanju zakraselih ozemelj moramo torej upoštevati endogene reliefne oblike bistveno bolj, kot smo to vajeni iz splošne geomorfološke prakse.

SKLEPI

Fluvialni sistem teži k hipsografski urejenosti površja; večina preostalih se v tem pogledu od njega bistveno ne razlikuje. Obratno pa kraški uničuje možno predhodno hipsografsko urejenost površja. Razpostavo mas, ki presegajo zgornjo velikostno mejo čisto kraških oblik, pogojuje endogena podlaga. Na te mase deluje zakrasevanje v bistvu konservativno. Ker tudi pri njih ni pričakovati hipsografske urejenosti, takšna predstavitev kraškega površja načelno ne more biti genetska. Zato moramo pri kartiranju splošno oblikovanost površja (razpostavo mas) prikazati na svoj način, kraško pa na svoj, kar v primerih drugačnih geomorfni sistemov teoretično ni nujno.

MCK omogoča ločitev podtipov krasa po njihovi lastni logiki, če jih razdelimo po stopnji realizacije posameznih pogojev. Takšna slika bi morala dati praktično uporabnejše informacije, kot če kraško površje delimo zgolj po standardnih, empirično ugotovljenih tipih.

Osnovni kraški inventar moramo v veliki meri šele ugotoviti. Poleg nabora čisto pragmatično ugotovljenih oblik je precej osnovnih gradnikov kraškega površja, kot jih razpoznavamo danes, le projekcija mnenja, da so to razpadle fluvialne oblike, v kras. Z drugo besedo, mnogo danes na videz pomembnih podrobnosti v luči MCK zbledi, pokaže pa se tudi, da mnogih drugih, ki pa so v resnici pomembne, še ne znamo opaziti.

Obstojajo tudi reliefne oblike, katerih nastanek je vezan na kombinacijo zakrasevanja s procesi, značilnimi za geomorfne sisteme, kompatibilne s krasom. Tudi takšne oblike je potrebno šele ugotoviti, jih razložiti in jim poiskati ustrezno mesto v celotnem naboru pojavov, ki jih želimo prikazati na neki karti.

Deleža endogene oblikovanosti površja v krasu preprosto ne moremo zanemariti. Zato bo potrebno izdelati sklop prijemov, ki bo te elemente v geomorfološki karti prikazoval enakovredno sklopu prijemov za prikazovanje oblikovanosti površja eksogenega nastanka.

DISKUSIJA:

A. Kranjc:

Menim, da niti izraz »čisti kras« niti sama omejitev oziroma razdelitev kraških pojavov in procesov na »čiste« in »nečiste« ni najbolj primerna.

Kras je značilno ozemlje, značilen del zemeljske skorje, skupek procesov in oblik, kras je dinamičen sistem, če upoštevam tudi najnovejše definicije, in se nikakor ne strinjam s tem, da sestoji »čisti kras« pravzaprav le iz dveh pravih kraških oblik, kopastega vrha in vrtače. Strinjam se s tem, da je potrebno ločiti, definirati in preučevati posamezne kraške oblike, analizirati kras tudi s tega vidika, v kakšni meri so značilne za določen kras, ne strinjam pa se s tem, da bi iz kraškega kompleksa iztrgali neko obliko ali proces in jo oziroma ga definirali kot »kras« ter iz tega

izvajali posledice: koliko je neki kras »čist« ali »nečist« (da ne omenjam negativnega prizvoka, ki ga vsebuje izraz »nečist«). Predvsem pa: nobena oblika ne more obstajati sama zase, nobena ni »sem ker sem«, ampak sta pri vsaki vzrok in posledica. Ne more biti vertikalne (= »kraške«) vodne cirkulacije v krasu, ne da bi obstojala tudi horizontalna (= »nekraška«).

Po drugi strani pa, če gremo dovolj daleč v podrobnosti, lahko pridemo do zaključka, da sploh nobena oblika ali proces nista res »kraška«: raztapljanje kamnine, vertikalno cirkulacijo, zaprte depresije, podzemeljske jame, vse to je tudi na normalnem, vododržnem svetu, vendar zaradi tega ne moremo reči, da krasa sploh ni.

Vendar pa se bojim, da bi ravno na podlagi Šušteršičevih izvajanj lahko prišli do takega zaključka. Tako se npr. že sam avtor sprašuje v svojem drugem prispevku (o zaprtih kraških globelih), kaj je na kraških poljih »res kraškega«. Kraško polje je torej daleč od »čistega krasa«, je pa najbrž značilnost ene najbolj značilnih kraških pokrajin, dinarskega krasa. Menim, da trditev, da so »glavne značilnosti dinarskega krasa nekraške oblike in oblike nečistega krasa« ni niti najbolj posrečena niti nima pravega smisla.

Pa še nekaj: raziskovalci krasa se trudijo, da bi bilo krasoslovje družbeno priznано in čim bolj upošteevano, da bi imelo čim širši spekter in v veliki meri sloni na interdisciplinarnem preučevanju. Če bi pa pojem »krasa« zožali, bi se moralo zožiti tudi »krasoslovje« in ne vem, če bi bilo perspektivno, da bi se, skladno s tem, Inštitut za raziskovanje krasa ukvarjal le s preučevanjem kopastih vrhov in vrtač. Morda pa? Saj je na Floridi že Inštitut za preučevanje vrtač.

Da ne bo nesporazuma, naj za konec ponovim: avtorjeva razmišljanja in izsledki se mi zdijo dobri, tehtni in podprti, ne strinjam se le z izrazi in s pristopom do obravnavane snovi.

ODGOVOR:

F. Šušteršič:

Diskutant je srž svojih pripomb zajel z zadnjim stavkom in zato najprej odgovarjam nanj.

Simpozij je bil posvečen kraškemu površju, zato sem menil, da v danem okviru izraz »kras« ustrezno nadomešča bolj koncizno formulacijo »oblikovanost kraškega površja«. Ker ni bil diskutant edini, ki je razumeval izraz »kras« bolj splošno, sem ustrezno spremenil tiskano besedilo.

Vztrajati moram na izrazu »model čistega krasa«, ker gre dejansko za model, in ne empirično konstatacijo. Ta model je zasnovan tako, da bi bil najbolje realiziran, če bi bilo vse zemeljsko kopno zgolj kras. Ta kras bi dejansko bil »čist«.

Menim, da je modelni pristop k predmetu obravnave edino znanstven in v praksi se to tudi redno dogaja. Gre le zato, da se raziskovalec v okviru nekaterih znanosti, kamor šteje tudi krasoslovje, tega tradicionalno ne zaveda. Na dlani pa je, da so prav tiste znanosti, ki se zavedajo vsebine svojih prijemov, prišle najdlje. Zato sem mnenja, da je potrebno to enkrat zapisati tudi v našem okviru. Čim bomo razčistili nejasnosti, ki jih v naše snovanje vnaša neustrezna dikcija, bomo verjetno ugotovili, da del odprtih vprašanj, ki danes težijo nadaljnji razvoj krasoslovja, odpade.

Če predpostavimo, da ni bolj ali manj »čistih« kraških oblik (o procesih tu ne razpravljam), je možno dvojje. Kras kot tak sploh ne obstoja in je, ker ne moremo potegniti nikakršne meje, zaobsežen v kakem drugem geomorfnem sistemu. Lahko pa to tudi pomeni, da ni znotraj ozemlj, ki jih sprejmemo kot kraška, nikakršnega pojava, ki bi bil kakorkoli primerljiv pojavom drugod. Menim, da sta obe trditvi nerealistični in da obstoja med geomorfnimi pojavi gradacija, katere en pol je pač »čisti kras«.

Diskutant pravilno ugotavlja, da »nobena oblika ne more obstajati sama zase...«, kar splošno velja za celoten sistem našega mišljenja. Zato mora vsaka definicija izhajati iz nekih pojmov, ki jih jemlje kot aksiome, sama pa mora biti kot aksiom vgradljiva v kak višji sistem. Predvsem pa mora biti jasna pojmovna kategorija, ki jo želimo definirati. Diskutant korektno našteva različne pojmovne kategorije, ki se eklektično mešajo tudi v najnovejše opredelitve krasa. Na osnovi vsake posebej moremo postaviti svojo definicijo, le te pa so med seboj lahko celo kontradiktorne. Za danes veljavne »definicije« pa vsaj, kolikor so meni poznane, lahko zapišem, da ne ustrezajo osnovnim logičnim zahtevam, ki jih mora imeti definicija (glej Enciklopedija leksikografskega zavoda, II. zv. geslo: definicija). Prav odtod pa izvira nemoč krasoslovja, da bi uspešno deduciralo praktične posledice ugotovljenih dejstev.

Če naj imamo kras le za kompleks empirično ugotovljenih posameznosti, in predvidevamo, da kaj več tudi ne more biti, je vsako nadaljnje raziskovanje odveč. Če pa ima ta kompleks svojo notranjo logiko, in torej učinkuje kot sistem, je ta notranja logika zanj odločilna. Tedaj pa niti ni več nujno, da najdemo sploh kako značilno elementarno obliko. Težko bi koga prepričal, da sta tovarniški dimnik in opečnat tlak pred hišo eno in isto, četudi oba sestavljata opeka in malta. Da imamo za kras vsaj dve specifični obliki, je ugodna, a nikakor nujna okoliščina.

B. Russel je zapisal, da mu ni potrebno poznati celotnega vesolja, če naj razume strelovod vrh Nelsonovega stebra. Za razumevanje oblikovanosti kraškega površja je važno samo to, kaj se z vodo (kot sredstvom premeščanja mase) dogaja v njegovem območju. Kraško površje voda zapusti navpično, pri tem pa ji je popolnoma vseeno, ali je spodaj oblikovan jamski splet, poklinski prevodnik ali pa umeten odvodnik. Važna je le njegova učinkovitost. To pa je vprašanje izven naše razprave.

V tretjem odstavku diskutant implicitno podpira mojo trditev, da je kras (v smislu geomorfnega sistema) dimenzionalno omejen pojav.

Ko bi dinarska (kraška) polja ne ležala sredi skoraj čistega krasa, jih še opazili nebi. Zelenice sredi puščav nikakor niso del aridnega geomorfnega sistema. Postanejo pa zaradi rezke razlike od okolice toliko bolj vidne in zato značilne za (nekatero) puščavo, ki tedaj niso geomorfološki temveč geografski pojem. Diskutantovo razmišljanje o pomenu kraških polj je popolnoma korektno, dokler razpravljamo o dinarskem krasu kot (regionalno) geografskemu pojmu. To pa v našem primeru ni slučaj.

Menim, da je diskutantov strah, da bo uvajanje jasnih definicij oz. modelov, zanimalo družbe za kras (kot razumem predzadnji odstavek), neupravičen. Mehanika je doživela svoj največji razvoj prav po tem, ko je I. Newton vse njene izsledke skrčil na tri nič kaj ugledne stavke. Slično velja tudi za druge znanstvene panoge, ki danes najbolj cvetijo.

Zahvaljujem se diskutantu, ki je opozoril na manj jasne posameznosti v mojem izvajanju in mi dal iztočnico, da jih bolje osvetlim.

LITERATURA

- Chorley, R. J., 1962: Geomorphology and general systems theory. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 500-B, 1—10.
- Fairbridge, R. W., 1968: The encyclopedia of geomorphology. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., 1—1259, Stroudsburg, Penn.
- Garner, H. F., 1974: The origin of the landscapes. Oxford University Press, 1—734, New York, London, Toronto.
- Habič, P., 1984/a: Reliefne enote in strukturnice matičnega Krasa. Acta carsologica 12, 6—26.
- Habič, 1984/b: Novo vrednotenje tektonskega oblikovanja reliefa v zahodni Sloveniji. Geografski vestnik 56, 3—12.
- Renault, Ph., 1977: Remarques sur les notions de karst et de karstification et sur la définition de ces termes. NOROIS, No 95 bis, 24^e année, Numéro Spécial, Karstologie, 23—35.
- Roglić, J., 1956: Neki osnovni problemi krša. Izveštaj o radu IV kongresa geografa FNR Jugoslavije, 42—61, Beograd.
- Schumm, S. A., Lichty, R. W., 1965: Time, space, and causality in geomorphology. Am. Jour. of Science, vol. 263, 110—119.
- Sweeting, M. M., 1968: Karst. Geslo v: R. W. Fairbridge (ur.) 1968, 582—587.
- Sušteršič, F., 1979: Kvantitativno proučevanje elementov fizične speleologije v prostoru Planinskega polja. Tipkopis, Arhiv IZRK ZRC SAZU, Postojna.
- Sušteršič, F., 1982: Nekaj misli o oblikovanosti kraškega površja. Geografski vestnik 54, 19—28.
- Thornbury, W. D., 1969: Principles of geomorphology. John Wiley & sons, Inc., 1—594, New York, London, Sydney, Toronto.

THE "PURE KARST MODEL" AND IT CONSEQUENCES IN THE KARST RELIEF INTERPRETATION

Summary

The final success of a research essentially depends upon the clearness of the starting ideas. As one can conclude from the present literature, the things in the karst science are not as such as one might hope. There exist several different (P. H. Renault, 1977) mutually even exclusive eclectic definitions of the karst and karstification. The point of the present paper is to put in order the basic statements about the karst surface morphology (relief) and to build a theoretical model that could encompass the essential properties of the karst relief.

It is presumed that the karst (= karst relief) is a selfsufficient geomorphic system that needs no other geomorphic systems to cooperate with or to be compared with. Regarding from this point of view eight conditions must be fulfilled.

1. There must exist a rock mass with a certain amount of potential energy.
2. The rock must be solid enough to permit the formation of steep slopes and overhangs.
3. The lateral changes of rock properties must be negligible.
4. The rock must be soluble in such an extent that the solution overwhelms the other ways of weathering.
5. The uniform and continuous primary porosity must be granted.
6. The system action must not be braked by the aridity.
7. The rock mass must be open in such a way that it permits the vertical drainage development.
8. The surface inclination must not interfere with the vertical drainage of the precipitation water.

The conditions exposed are well known from the schoolbooks or monographies. Arranged in such a way they provide a better insight in the karst relief.

The conditions 1. and 2. are general and assure the formation of any relief at all.

The conditions 1. to 4. bring about the formation of different nonkarstic geomorphic systems in soluble rocks.

The conditions 1. to 6. being fulfilled the underground karstification appears.

All the eight conditions are needed for the development of the intrinsic karst surface formations that constitute the karst geomorphic system which is the realization of the ideal "pure karst model" (= MCK).

The previous conditions are in a great extent hierarchic, so that the omission of lower one cancels out the fulfilment of higher one. The combinations, violating this rule are scarce. So all the surface karst phenomena may be appointed to adequate combinations of the basic conditions fulfilled. Even the different "karsts" that one can hardly compare can be arranged in proper place, if only we know what do they lack to the realization of the MCK.

This statement is an important start point to understand the mutual relations of the different karst phenomena, but it holds true if only the karst geomorphic system in time stable. The question was positively answered for the nonkarstic geomorphic systems decades ago (S. A. Schumm, R. W. Lichty, 1965). Nevertheless the karst terminology is intrinsically based on the Davis-Penck-Cvijić model that presumes the time instability of masses and landforms. Though the notion as such has been abandoned the vocabulary we use is still imbued with their ideas, preventing transmission of the noncyclic informations. So, as we have presumed existence of the independent karst geomorphic system, we must presume the time stability of the landforms, being at the same time aware that our diction does not permit us to prove this statement using the up to date work. In such circumstances the system is not mature at a certain moment of its history, but when it becomes

adjusted to the actual conditions and remains stable (and mature) until they are valid.

Such a geomorphic system encompasses several properties that are essential for it only. In true karst mass is removed vertically to the surface, that means it leaves the system not being transported over it. So, the drainage pattern is oriented vertically to the surface. Water being the agent of the mass transport, the foci of the mass removal are the drainage voids. And as they are oriented perpendicularly to the surface, they introduce central depressions or elevations, in contrast to the linear valleys and ridges in fluvial system. So, the basic elements of the karst surface are obviously central, choreographed by the present climatic control (F. Šušteršič, 1982).

The karst system is by all means a subsystem of the humid geomorphic system. So it is competitive to the other realizations of the humid one, but compatible with the geomorphic systems that are not humid. In a karst region one may realize the interferences of, for instance glacial, eolic etc. systems, without the "karsticity" being essentially touched. But more a system is fluvial, less it is karstic. This aspect has usually been neglected and I believe that exactly this point being uncleared brought about the considerable amount of confusion in the karst morphologic research.

The karst (surface) as it is understood in this paper, is characterized by the vertical mass removal. So the phenomena built in a karst region, but which do not directly rely upon such a mass transport, may not be considered as karstic. The ones fall into a distinct dimensional interval, its lower limit being the dimension of the primary porosity unite cell and the upper limit being the extent of a single vertical conductor influence area. The recent investigations imply that it is a doline and its neighbourhood.

According to the previous considerations the following conclusions can be drawn.

The fluvial system tends to a hypsographic order in the relief; nearly all the rest do not differ a lot. On the other hand the karst destroys the possible previous hypsographic order. The arrangement of masses, dimensionally exceeding the maximum dimensions of the pure karst forms, is introduced by the endogenic factors. In regard of the MCK karstification removes mass without chagement of general arrangement. As the hypsographic order may not be expected with them, such a representation of the karst surface is by no means genetic. So the general cartographic representation of a karst surface may not go hand in hand with the presentation of the karst itself.

If having classified different subtypes of karst according to the degree of realization of the basic conditions cited, one has arranged them after their own logic. Such an access should yield practically more useful information than the one, based on the empirically stated outlook.

With regard to the MCK the basic karst inventory must be in great extent still found. Beside a number of purely pragmatically defined forms a lot of the ones we see in the karst now are fabrics of our inherited ideas of prekarstic fluvial cycle. In the other words, several seemingly important details of the karst relief loose their weight in the view of the MCK, while others, really important, are hardly recognized at the moment.

There exist the relief forms, the origin of which is relied to the combination of karstification with the processes, typical for the geomorphic system, compatible to the karst one. If intended to be shown on a geomorphological map, they must be identified, explained and then arranged to the proper place in the key.

The share of the endogenic karst relief shaping simply can not be neglected. So we must invent proper knacks to present those effects in a geomorphological map, equal to ones intended to represent exogenically generated forms.

KONTAKTNI FLUVIOKRAS

(S 5 SLIKAMI)

CONTACT FLUVIOKARST

(WITH 5 FIGURES)

IVAN GAMS

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address

dr. IVAN GAMS, univ. prof.

Oddelek za geografijo FF, Univerza E. Kardelja v Ljubljani

AŠkerčeva 12

61000 Ljubljana

Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.44:551.48/.49
551.48/.49:551.44

Gams Ivan: Kontaktni fluviokras.

Opisan je posebni tip fluviokrasa, ki nastaja na prehodu površinske v podzemeljsko rečno mrežo ob součinkovanju tekoče vode. Njegove oblike so med najatraktivnejšimi kraškimi pojavi sveta.

Abstract

UDC 551.44:551.48/.49
551.48/.49:551.44

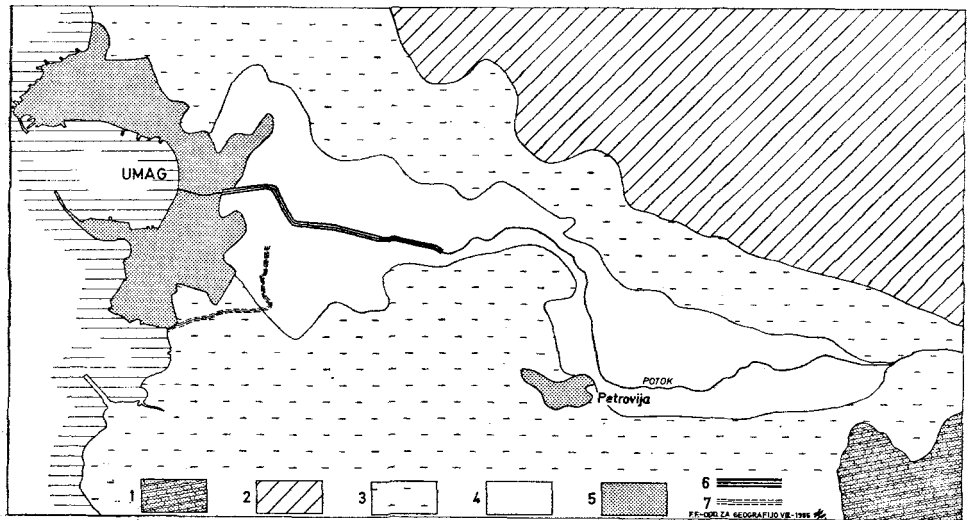
Gams Ivan: Contact fluviokarst

Described is a special type of fluviokarst which developed in co-operation with running water in the transition of surface to underground river pattern. Its forms are among the most attractive karst features of the world.

KONTAKTNI FLUVIOKRAS

Ako so kraške kamnine dobro vodno prepustne in homogene ter dvignjene nad piezometrični nivo, padavinska voda ponikne v tla brez površinskega združevanja v tokove. Ob povsem izotropnih razmerah se ob takih pogojih površje korozijsko povsem paralelno znižuje. Abrazijsko, erozijsko, neotektonsko ali kako drugače nastalo površje pri tem ohranja tudi v nižjih legah prvotne oblike. Ker se vsak delček zemeljskega površja pri zniževanju ravna brez ozira na sosedstvo (g. J. Roglič, 1957, 104, F. Šušteršič, 1982) in ker v naravi povsem izotropnih razmer ni, prihaja tudi na prvotno gladkem površju do nastanka globeli in vzpetin. Čim pa nastanejo globeli in vzpetine, ne glede na njihovo geometrično pravilno razporeditev (P. Habič, 1981), se na njihovih bolj ali manj nagnjenih pobočjih koroziji pridruži še en proces — denudacija organskega detritusa in mineralne substance. Denudacijski proces pa površje izglajuje in ob veliki intenzivnosti more preprečiti nastajanje globeli. Zato lahko povsod po svetu opažajo zmanjševanje gostote vrtač z rastočim naklonom pobočja. Pri večjih ploskvah površinske denudacije se ji more pridružiti še erozija, ki prav tako, v nasprotju s korozijo prenikajoče vode, izglajuje površja.

Po starejšem pojmovanju je kras ozemlje s površinskimi kraškimi, v naši klimi depresijskimi oblikami. Šele v novejšem času se uveljavlja naziranje, da je kras ozemlje z učinkovito korozijo in kraškim vodnim pretakanjem. Površinske depresijske oblike za pojem kras niso več nujne (glej Slovenska kraška terminologija, 1973). Po tem novejšem naziranju se kras razširja na ozemlje, ki ga je prej geomorfologija prištevala k erozijskemu reliefu, ker nima vidnejših mikrooblik, vrtač, uval ali kraških polj, ako v njem prevladuje kraška hidrografija. Ker se v marsičem loči od površinskega krasa, je upravičen nov izraz fluviokras, s katerim je J. Roglič (1965 b karta) prvotno označil predvsem iz triasnih dolomitov zgrajeni severovzhodni rob Dinarskega krasa in plitvi kras na neprepustni podlagi. V legendi za geomorfološko karto v merilih 1 : 500.000 in 1 : 100.000 pa smo kot fluviokraške imenovali tudi vse tiste večje kraške oblike, ki so nastale ob delovanju ali sodelovanju površinskega vodnega odtekanja in površinske denudacije (Uputstvo...1981). Take oblike morejo biti suhe doline, slepe doline, nekateri tipi kraških polj, skratka vse,

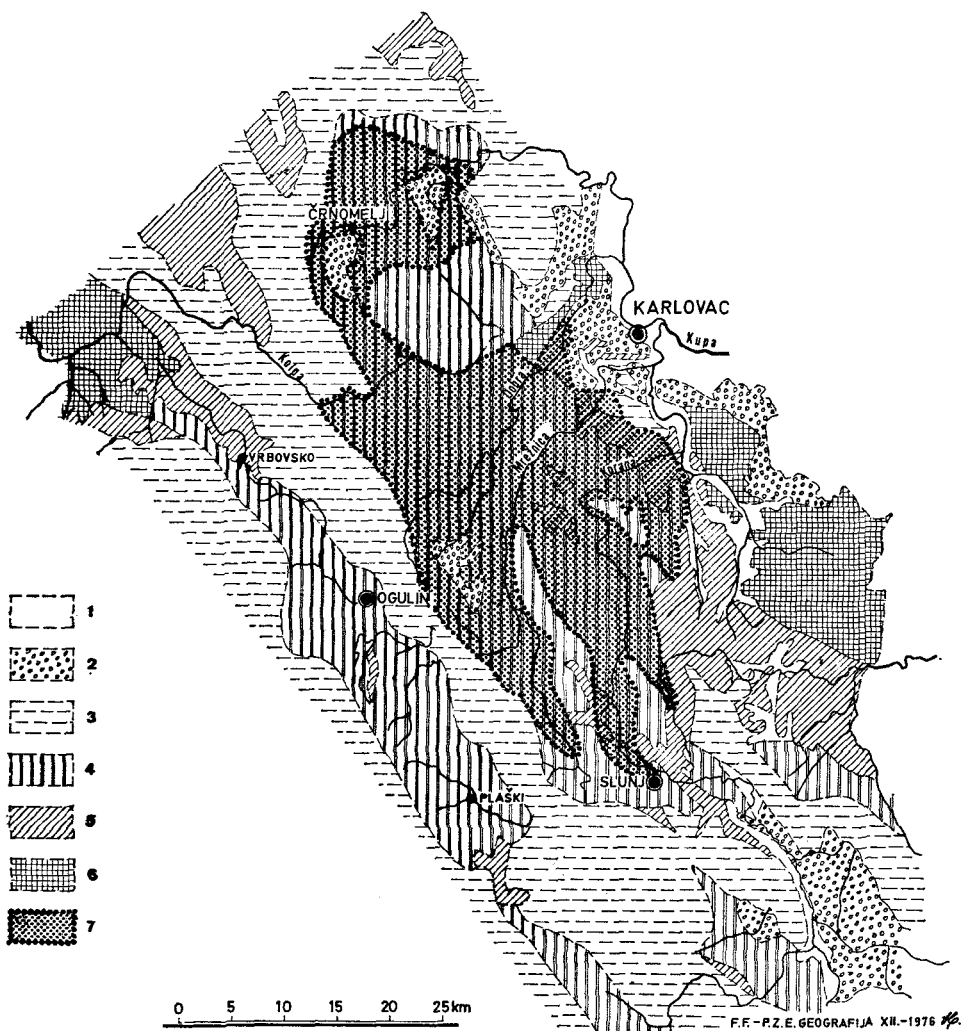


Sl. 1. Umaški ravniki

- 1 - peščenjak in lapor (eocenski fliš)
- 2 - savudrijski prag
- 3 - zahodnoistrski ravniki (prevladujoče)
- 4 - umaški ravniki v nastajanju
- 5 - naselja
- 6 - kanal Potoka
- 7 - derivacijski kanal

Fig. 1. Karst plain of Umag

- 1 - Sandstone and marl (Eocene flysch)
- 2 - Threshold of Savudrija
- 3 - Western Istrian plain (prevailing)
- 4 - Karst plain of Umag in the nascent stage
- 5 - Settlements
- 6 - Channel of the Potok
- 7 - Derivation channel



Sl. 2. Karlovški ravnik

- 1 - kvartar
- 2 - terciar
- 3 - apnec
- 4 - apnec z vložki dolomita
- 5 - trias
- 6 - karbon, permokarbon
- 7 - ravnik

(litologija po geološki karti Geološkega zavoda SFRJ 1 : 500.000, Beograd 1980).

Fig. 2. Karst plain of Karlovac

- 1 - Quaternary
- 2 - Tertiary
- 3 - Limestone
- 4 - Limestone with dolomite inlayers
- 5 - Triassic
- 6 - Carboniferous, Permian and Carboniferous
- 7 - Karst plain

(Lithology according to geological map of Yugoslav Geological survey 1 : 500.000, Beograd 1980).

katerih pobočja in dno ni drobno kraško razčlenjeno, temveč gladko in ima na neki razdalji enosmerni strmec.

Oznaka fluviokras še ne pomeni, da je odnašanje mineralne substance v obliki kemične raztopine intenzivnejše od ostalih procesov. Pomeni samo, da korozija ni oblikotvoren površinski proces. V porečju dolenske Temenice oz. Prečne prevladuje v triasnih dolomitih dolinasto-slemenski fluviokraški relief, toda meritve na Prečni (F. Šali, 1969) so ugotovile, da reka odnaša več raztopljenih mineralov kot teh v suspendirani obliki.

Med krasom in fluviokrasom je obilo prehodnik tipov, ki jim dajejo značaj razlike v litologiji, v strminah pobočij, talnih pogojih, klimatskih značilnostih itd. Strmejši relief teži k fluviokrasu (visokogorski kras!), prav tako debele in težke prsti ter obilica padavin, enako večje mehanično razpadanje kamnine, zamrznjenje tal (I. Gams, 1981) itd. Zato je subarktično in visokogorsko podnebje ugodno za fluviokraški razvoj. Ugoden za fluviokraški razvoj je tudi stik površinske in podzemeljske rečne mreže, kjer nastopa posebni fluviokraški tip — kontaktni fluviokras. Njegove najpogostejše oblike so v veliki meri odvisne od velikosti ozemlja s površinsko in tega s podzemeljsko hidrografijo, od njunega medsebojnega višinskega položaja, oblike drenaže itd. (glej skico pri I. Gams, 1974. s. 130). Namen tega sestavka je predvsem, prikazati glavne tipe kontaktnega fluviokrasa z značilnimi združbami površinskih in podzemeljskih pojavov.

1. Tip s prevladujočimi slepimi dolinami. Najlepše je razvit v primeru, ko priteka na kras na daljšem stiku več prodonosnih potokov z agresivno vodo. V tem primeru dolžina vodnega toka na apnencih močno niha in pogoste so pleistocenske prodne terase (Primer: podnožje Brkinov ob Podgraškem podolju. Gl. I. Gams, 1962).
2. Tip s prevladujočimi suhimi dolinami. Navadno gre za odmiranje površinske drenaže in za primere neproduosnih rek (Primer: Senožeško podolje — D. Radinja, 1972, obod Logaških Rovt).
3. Tip z robnimi kraškimi polji. V razliko od tipa slepih dolin se potoki združujejo že pred kontaktom v večji tok. V tem primeru so slepe doline večje (primer: Vremska dolina, gl. D. Radinja, 1967) in so genetsko in oblikovno podobne dolinastim robnim kraškim poljem (Popovo polje). Na poljih so večidel pleistocenske naplavine (A. Melik, 1955) oz. fluvio-glacialni prod (Cetinjsko, Grahovsko polje).
4. Tip z robnimi ravniki. O nastanku kraških (fluviokraških) robnih ravnikov Dinarskega krasa obstaja razmeroma obilna starejša literatura. Teorije bi mogli v glavnem uvrstiti v naslednje skupine:
 - a) abrazijska teorija (za Tržaški Kras C. D'Ambrosi, 1954);
 - b) erozijske teorije ob prisotnosti erozijske baze, ki jo vzdržuje neprepustno obrobje (A. Grund, 1908, za Karlovški ravniki N. Krebs, 1929, S. Morawetz, 1967, za Istro);
 - c) korozijske teorije: 1 — v višini erozijske baze (na Kitajskem H. Wisman, 1954, na Kubi H. Lehmann, 1954); 2 — ne oziraje se na erozijsko bazo, navadno v povezavi z naplavino v obliki vršaja in robno korozijo na robu neprepustne naplavine (K. Kayser, 1955, C. Rath-

jen s, 1954, J. Roglič, 1952, 1957, 1965 a, za Anatolijo H. Louis, 1956). Podobnega nastanka naj bi bilo tudi ravno dno kraškega polja. 3 — s podtalno korozijo pod vodoprepustno naplavino hkrati z robno korozijo ob visoki vodi (I. Gams, 1962, 1964, 1965);

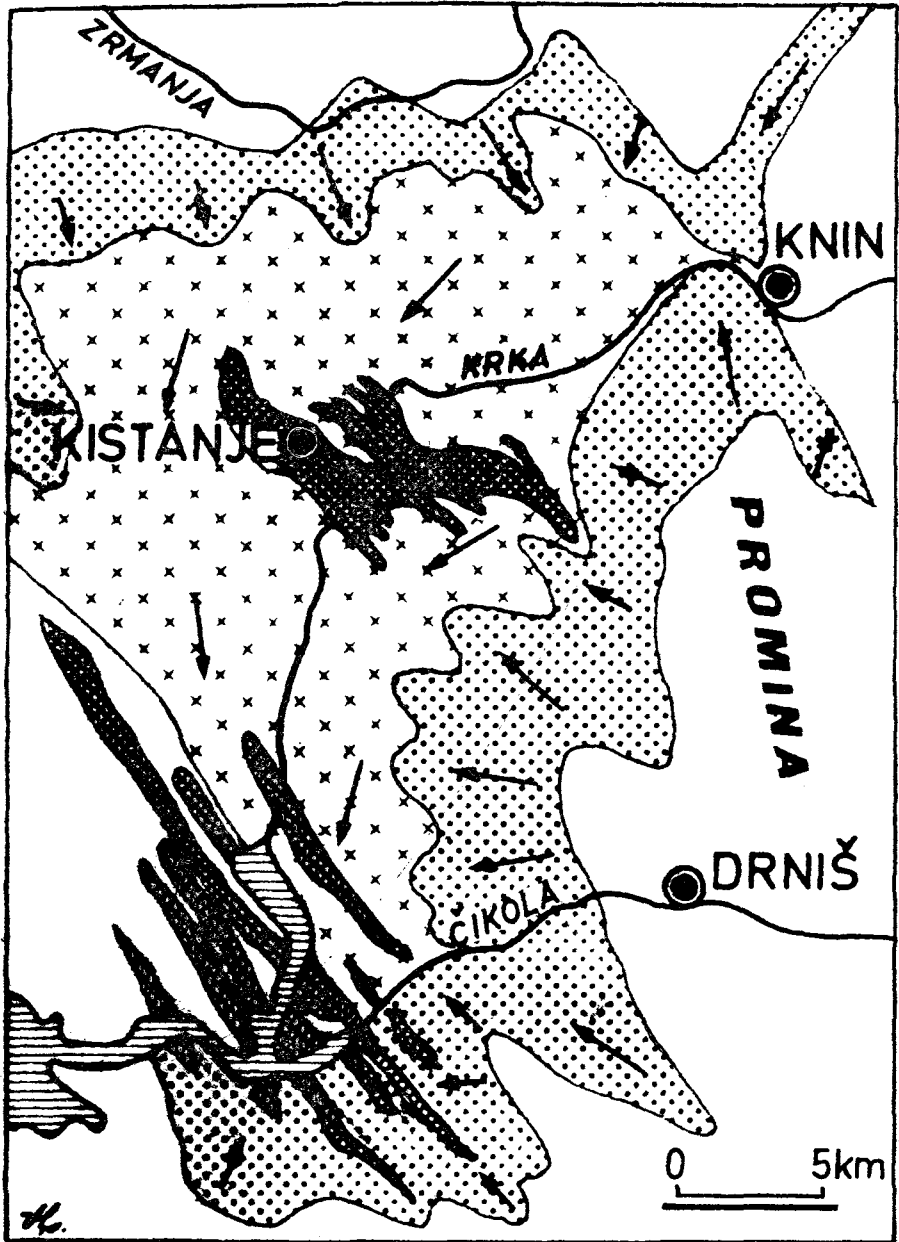
č) erozijsko-korozijske teorije. V primeru istrskega ravnika N. Krebs, 1929.

Navedene teorije se razlikujejo tudi glede na to, kateri klimi pripisujejo najhitrejšo korozijo oz. najvidnejšo vlogo za nastanek ravnikov (neogena s pospešeno korozijo ali ledenodobna z večjo prodonosnostjo rek). Skupno pa jim je mnenje, da so ravniki na Dinarskem krasu fosilne tvorbe, ker so jih po dobi nastanka razrezale reke s kanjoni, ki so značilni za dinarske robne ravnike. V nasprotju s tem je v nadaljnjem tekstu razloženo mnenje, da tak robni ravnik nastaja tudi v sedanji klimi, in sicer pri Umagu v Istri. Zato si približe pogledjmo tamkajšnje razmere.

6—7 km vzhodno od jadranske obale pri Umagu je zahodni rob ozemlja, ki je zgrajeno iz eocenskega peščenjaka in laporja (Geološka karta 1 : 100.000 lista Trst). Južno od Buj v njem zbira vodo potok, ki ima niže ime Potok. Le redko priteka na foraminiferne apnenice, ki obroblyajo peščenjake. Ko jih Potok doseže, se dolina razširi. Ko pa doseže kredne apnenice, se dolina na široko odpre v uravnano ozemlje oziroma ravnik, ki je značilen za zahodno istrsko obalo. Ta ravnik je najbolj raven v obalnem pasu in na njem do okoli 70—100 m n. v. ni globljih in zaokroženih depresij — vrtač. Na višjem terenu pa postajajo vse bolj zaokrožene in globlje. Uravnanost zmanjšujejo predvsem pomoli višjega sveta. Eden od njih je Savudrijski prag, 4 km širok južni rob Piranskega zaliva, na katerem doseže vrtačasto površje zahodno obalo. Povprečni naklon zahodnoistrskega ravnika je 14 promil. Nadaljuje se še v obalno morje.

Ravnica ob Potoku je skraja za nekaj metrov nižja od okoliškega istrskega ravnika, s katerim se spoji šele malo pred obalo. Ob obali je okoli 4 km široka, na vzhodnem kraju naselja Umaga se zoži na 1,5—2 km, nakar se proti vzhodu zožuje. Ravnica ima na razdalji 2,5 km pol stopinje naklona in tu ravnik očitno še danes nastaja (sl. 1).

Prvotno je bila ravnica poplavni pas. V razširjenem delu ravnice so v preteklosti Potoku skopali 2—2,8 m globok kanal. Skraja ga spremlja protipoplavni nasip, ki še danes preprečuje poplave. Kljub tej globini je v kanalu le redko kje videti skalno podlago. Pozimi oziroma po daljšem deževju se dvigne talna voda do blizu površja. Vzhodno od Umaga so sledovi vodnjakov, iz katerih so nekdanji kmetovalci dobivali vodo. Na južnem robu ravnice priteka od vzhoda po deževjih potoček po zdaj povsem zaraščeni strugi, ki jo spremlja vrsta dreves. Da bi odvajali njegovo visoko vodo in zmanjšali mokrotnost zemljišča, ki škoduje nasadom breskev, trte in drugega, so pred leti zgradili 1 km južno in vzhodno od mesta kanal. Razkriva do globine 1,5—2 m osnovne, kredne apnenice, pokrite z jerino, ki sega marsikje globlje od kanala. Vzhodno od mesta se kanal cepi, en krak sega v nekdanj poplavni pas Potoka, drugi pa proti domala vedno suhem koritu od vzhoda. Čeprav kanal nima neposredne zveze s Potokom, po njem le kdaj pa kdaj priteče voda, ki se dvigne iz tal. Njena gladina je takrat več metrov višja od morske gladine.



- 1 
- 2 
- 3 

Za osvetlitev recentnih procesov so bile izvedene naslednje meritve. Trdote Potoka močno zavisijo od vodnega stanja. Sledijo trdote, izmerjene ob nizki vodi na izvirnem kraku Potoka pri kraju Čerebica 13. IX. 1978, v oklepaju pa so trdote ob višji vodi 1. 7. 1977, zajete ob prehodu na robne apnenice: celokupna trdota 22,7 °N (14,15), karbonatna trdota 22,4° (13,3°), kalcijeva trdota 14,2° (12,85°), magnezijeva 8,5° (1,3°). Sodeč po tej trdoti more Potok pri prenikanju v tla ob visoki vodi le še malo korodirati podlago. Prenika pa predvsem v hladni polovici leta, ko je voda višja. Toda tudi takrat le redko doseže morje.

Recentna naplavina ob strugi Potoka na apnencih je sivo-rjava, jerina pa rdeča. Med staro naplavino in jerino pa ni bistvenih razlik v teksturi. To so pokazale naslednje meritve.

Lokacija	Pesek v %		Melj %	Glina %	CaCO ₃	pH (KCl)
	grobi	drobni				
Aluvialna terasa južno od Buj	3,13	39,37	56,5	1,0	32,96	7,82
V strugi Potoka na začetnem apnencu	1,17	35,63	56,4	6,8	16,9	8,06
50 m S od Potoka blizu Petrovije	0,41	5,79	38,6	55,2	0,05	8,19
3 vzorci jerine E od Buj	13,11—22,93	0,27—1,09	26,1—36,4	47,5—50,1	0—2,96	7,25—8,03

Zaradi dolgotrajnih pedogenetskih procesov ima stara naplavina že prav toliko glinaste frakcije kot jerina. Niso sicer bili analizirani prehodi iz sivorjave naplavine v rdečo zemljo, niti napravljene petrografske analize, vendar je, sodeč po teksturi, v našem primeru možno holocensko nastajanje jerine iz pottočne naplavine. Ako bodo bodoče raziskave to možnost potrdile, bo v geomorfologiji potrjena zveza med naplavino in nastajanjem ravnika.

Zaradi več metrov debeline oziroma velike poljske vodne kapacitete je zemlja do tal mokrotna navadno le po deževni zimi. V ostalem letnem času dež namoči le vrhnje plasti, niže pa zlasti poleti in jeseni ostajajo suha tla. Ker je intenzivnost korozije v podtalnem krasu odvisna od trajanja vlažnosti tal (I. G a m s, 1985, v tisku), je očitno večja na kamninah, ki segajo do blizu površja zemlje, kot na nižjih. To pa pomeni proces podtalne aplanacije apneniške podlage.

Sl. 3. Kistanjski ravnik, njegov obseg in glaciji

1 - delno prepustni in neprepustni vložki

2 - pravi ravnik

3 - glacis (puščica nakazuje smer nagnjenosti)

(Litologija po geološki karti 1 : 75.000 lista Kistanje in Drniš, 1893—96).

Fig. 3. Karst plain od Kistanje, its size and glacis

1 - Partially permeable and impermeable inlayers

2 - Proper karst plain

3 - Glacis (arrow indicates the direction of sloping)

(Lithology according to geological map 1 : 75.000, sheets Kistanje and Drniš 1893—96).

Ta proces, ki je splošen na pokritem krasu, ima v primeru umaškega ravnika posebnost v visoki gladini piezometričnega nivoja, ki ga vzdržuje vodna gladina Tržaškega zaliva. To zavira nastajanje jam in udiranje površja ter hitreje spiranje jerine v podzemlje. K takemu stanju je verjetno prispevalo tudi recentno grezanje obalnega ozemlja. Na to kažejo tipične podtalne kraške oblike, razkrite na večini nizkih zahodnoistrskih obal, s katerih je valovanje odneslo prst ne le zaradi deforestacije, ampak tudi zaradi grezanja (gl. fotografijo!). V opisani luči omogoča recentno nastajanje umaškega kontaktnega ravnika splet pogojev kot: plitvo pod površjem se obdobjno nahajajoči piezometrični nivo, ki ga v našem primeru vzdržuje morska gladina (o pomenu erozijske baze za uravnavanje glej H. B a u l i g, 1952), debel pokrov finoizrnatih prsti, ki se lokalno ne ugreza in ga voda ne spira v podzemlje, naplavina kot posledica poplavišča vode, ki obdobjno ponika.

Poglejmo si nekatere morfološke tipe robnih ravnikov na osnovi najbolj znanih primerov z Dinarskega krasa in tujine.

4. 1. **Fluviokraški ravniki s kanjoni.** Ti se poglobljajo povprečno za 10—25 m v ravnike, ki so postali fosilni. Te višinske razlike med holocensko



Sl. 4. Kistanjski ravnik in njegov prehod v višje obrobje.

Na površje štrleče kamenje kaže ponekod subkutane oblike — dokaz erozije, ki je po deforestaciji odstranila pokrov prsti. Foto: I. Gams

Fig. 4. Karst plain of Kistanje and its transition to higher border.

On the surface perched stones show subcutaneous forms somewhere — proving the erosion which has removed the soil cover after the deforestation, Photo: I. Gams

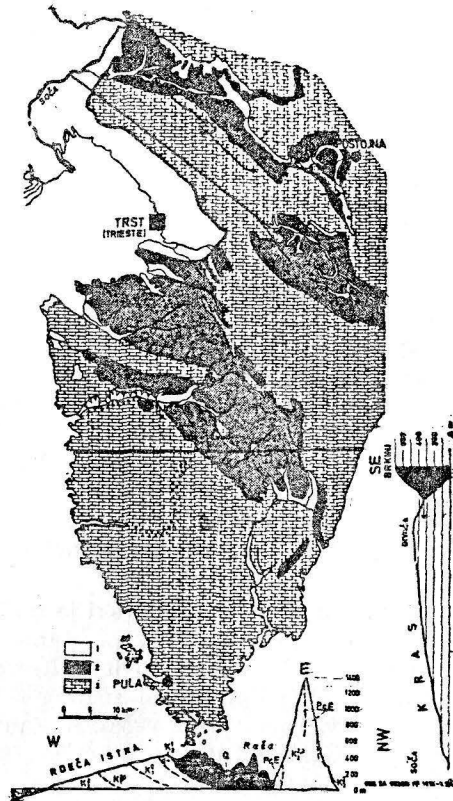
ravnico in ravnikom oz. starejšo (staropleistocensko?) teraso je najti na široko po Evropi, kar ne govori v prid, da so učinek neotektonike, oz. znižanja erozijske baze. Prej je soditi na klimatsko pogojenost (I. G a m s, 1973).

4.1.1. **Karlovški ravnik.** V literaturi nima skupnega imena. Bolj znani so njegovi deli kot Črnomaljski ravnik, Slunjska plošča, delno Kordun. Med Semičem in Slunjem je ravniško območje 68 km dolgo in 20—30 km široko (okoli tisoč km²). Ravnik prekinja več vzpetin. Erozijsko bazo Kolpe, Dobre, Mrežnice in Korane vzdržujejo (in so v času nastajanja ravnika vzdrževale) kvartarne, terciarne in starejše kamnine Karlovške kotline. Tja vzdolž teh rek ravnik tudi visi. Ob zgornjem robu ima najčeste 240—280 m, ob spodnjem 160—200 m n. m. v. Pritoki so prvotno bolj enotni strmec medrečnih uravnanih slemen zabrisali. Nastanek ravnika vzdolž rek si lahko zamislimo le ob postavki, da je ozemlje dalj časa tektonsko mirovalo. Iz tega razloga je lahko ostalo na njem nekaj krp terciarnih sedimentov (Kanižarica, Gojak, Bihač). Na Črnomaljskem ravniku so sledovi, da je bil ta pokrov prvotno bolj razširjen (I. G a m s, 1961). Domnevamo, da je tudi drugod po svoje preprečeval podzemeljski odtok, skupno z vložki triasnih in krednih dolomitov, krednih apnencev z roženci in krednih klastitov (po geol. karti Jugoslavije 1 :500.000. Beograd 1970) (gl. skico!). Ker imajo omenjene reke večidel kraške izvire (izjema je Kolpa), pri nastajanju ravnika ni računati z učinki razsežnejših naplavnih vršajev.

4.1.2. **Kistanjski ravnik.** Kot Karlovški je tudi ta v medrečju, med Zrmanjo, Krko in Čikolo. V povirju teh rek so poleg apnencev še triasni (werrfenski) klastiti, triasni dolomiti in klastiti, v povirju Čikole vzhodno od Drniša anhidrit. Ker so ti vododržni ali polprepustni sedimenti v gorah, so reke v pleistocenski dobi mogle naplaviti na ravnik vršaj. Ravnik visi od vasi Maros, kjer se razhajata Zrmanja in Krka, od n. v. okoli 275 m, proti Roškemu slapu (222 m) z naklonom štiri promile. Ob Čikoli se zniža od 280 m pri Druščah do 220 m pri izlivu reke (pet promil). Ta strmec ne govori v prid Rogličevi tezi, da pri uravnavanju niso sodelovale reke, temveč le na površini zastajajoča padavinska voda (s korozijo, ki jo zagovarja tudi K. Terzaghi, 1913). Strmec vseh obravnavanih ravnikov je podoben tamkajšnjim ohranjenim rekam. Tudi na tem ravniku so pretočne vode zadrževali na površini delno prepustni lapor-nati skrilačci iz serije promina-skladi (geol. karta 1 :75.000, lista Drniš, po kateri je narejena skica št. 3).

Značilno za Kistanjski ravnik je počasen prehod v okoliški višji svet v obliki glacijev (fotogr.). Njihov nastanek je še nepojasnen. So posledica neotektonskega vbočenja ravnika, z najnižjo osjo vzdolž današnje Krke? So učinek podgorskih geomorfoloških procesov, kakršni so v aridni klimi, tudi že v južnem Sredozemlju, še zdaj (K. H. Pfeffer, 1973)? Današnji pregib preko Roškega slapa je verjetno učinek mlajše tektonske dislokacije. Odprto ostaja zato tudi vprašanje, ali je mogla morska gladina kot erozijska baza prispevati k aplanaciji ravnika. Ker je v nizki nadmorski višini tudi ostali del Ravnih kotarov, sodimo o dolgotrajnem tektonskem mirovanju širšega ozemlja.

4.2. **Kraške planote z globokimi kanjoni.** Razlike z nizkimi ravniki izhajajo iz intenzivnejšega tektonskega dvigovanja, kar je rekam omogočilo, da so izdelale globlje kanjone. Ob tem so ravniki oz. planote doživele



Sl. 5. Litološka skica, prečni profil čez zahodnoistrski ravnik in vzdolžni profil čez Kras

- 2 - pretežno neprepustni sedimenti (eocenski fliš)
3 - apnenc

V obeh prikazanih primerih se apneniško površje dokaj enakomerno znižuje z oddaljenostjo od glavnega dobavitelja vode — gorovja (gričevja) iz eocenskega fliša, kar govori za fluviokraški nastanek ravnika (plateau). To ne zanika verjetnosti, da je poševni tektonski nagib plošče usmeril površinsko pretakanje, niti naknadnih tektonskih denivelacij. Po prestanku nastajanja ravnika je tu in pri drugih primerih prišlo do kraškega razčlenjevanja površja.

Fig. 5. Lithological sketch, cross-section of the western Istrian karst plain and the longitudinal profile of the Trieste Karst (Kras).

- 2 - impermeable sediments prevailing (Eocene flysch)
3 - limestone

In both presented cases the limestone surface lowers rather steadily in proportion to the distance from the main water suppliers — Eocene flysch uplands (hills) showing fluviokarst origin of the plain (plateau). It does not deny the possibility neither that the inclined tectonic plate directed the superficial discharge nor the subsequent tectonic denivellation. After plain development here and elsewhere superficial karst dissection has taken place.

tudi večje denivelacije. Genetsko pa so podobne nizkim fluviokraškim ravnikom. To sodimo po podobnih dejavnikih. Te si poglejmo na primeru planot v vzhodnih Julijskih Alpah (Mežakla, Pokljuka, Jelovica, Komna). Vododržne (oligocenske) kamnine, ki so v povirnem delu reke (Save Bohinjke) omogočile naplavine, so se obdržale v manjšem obsegu v Bohinju. Erozijsko bazo reke so vzdrževali neprepustni sedimenti Blejskega kota (magnatske kamnine, oligocen). Planote predstavljajo neotektonsko negativno elipsasto tvorbo, z najnižjim delom v Bohinjski kotlini in z višjimi vnanjimi robovi, lepo vidnimi na severu v Poključskem grebenu in na jugu v robu Ratitovec—Bogatin (I. G a m s, 1981, U. P r e m r u, 1982). V povprečju 400 do 600 m globok kanjon Save Bohinjke sledi osi najmanjšega dviga.

Tudi pri zelo znanih črnogorskih planotah med dolinami Čehotine, Tare in Pive—Komarnice najdemo podobne dejavnike razvoja ravnikov. V povirju teh rek so poleg apnencev paleozojski klastiti, argilošisti in filiti (porečje Lima), dolomiti, triasni klastiti, tufi, v povirju Komarnice nad Šavnikom tudi kredni fliši. Erozijsko bazo teh rek je vzdrževala večja krpa paleozoika v dolini Drine med Fočo in Goraždem. Neotektonski dvig je bil še intenzivnejši kot pri planotah v vzhodnih Julijskih Alpah in kanjoni so zato globlji.

4.3. K o n t a k t n i f l u v i o k r a s z r a v n i k o m, s l e p i m i, s u h i m i i n r e č n i m i d o l i n a m i. Primer zahodnoistrskega ravnika. Dobavitelj alohtone površinske vode na kras je eocenski fliš tržaško-pazinske sinklinale. Večina potokov danes ponika v slepih dolinah, dolina Pazinskega potoka pa se v višji legi nadaljuje s suho dolino do Limskega kanala. Da so se nekdanji potoki s fliša površinsko pretakali proti morju, govori kljub lokalnim denivelacijam dokaj enakomeren naklon ravnika proti zahodu. Ravnik je večinoma fosilna tvorba, razen, kot omenjeno, pri Umagu. Poleg tega je tu še edina preostala aktivna rečna dolina, reka Mirne. Oblike so torej pestre in ravnik nudi ugodne pogoje za študij razvoja od površinskega naplavljanja na robni fluviokras, nastanka aktivnih in suhih dolin do večinskega pretakanja pod površjem.

Podoben tip fluviokraškega ravnika je Sežanski (Tržaški) Kras. V primerjavi z istrskim ravnikom nima pravih suhih dolin. Aktivni rečni dolini sta sicer dve (Raša, Glinščica) a sta manjši in robni. Ima pa zatrepno dolino (Moščenice) in fosilno slepo dolino (dol Devetakov). Aktivni kontakt fliša z apnencem na Senožeškem Krasu (Radinja, 1972) lahko primerjamo z nastajajočim ravnikom pri Umagu. Skočjanski kras (I. G a m s, 1983) ima paralelo v slepi dolini Fojbe pri Pazinu. Površje Krasa pa je bolj razgibano zaradi intenzivnejše neotektonske denivelacije (P. H a b i č, 1984). Tektonika sama pa ravnikega sveta seveda ni mogla ustvariti.

4.4. O a z n i r a v n i š k i p r e t o č n i k r a s s l e p i m i i n s u h i m i d o l i n a m i i n g o s t i m i v o d n i m i j a m a m i. Primer Moravskega krasa (Češkoslovaška). Dolg in razmeroma ozek pas devonskih apnencev (skupno 92 km²) ima pasivni kontakt z okoliškimi kulmskimi vododržnimi skladi samo delno, na zahodni strani. Ostali kontakt je aktiven. Poleg tega je glavna rečna mreža usmerjena vzdolžno. Od tod tolikšna uravnanost površja in tolika gostota jam, od katerih ima Amaterska jama 32,5 km. Kljub dolgemu razvoju krasa v mezozoiku, terciarju in kvartarju nima kras nobene večje aktivne rečne doline, verjetno zaradi obdobjih fosilizacij (P a n o š, 1964).

4.5. Robni fluviokraški ravniki s slepimi dolinami in vertikalnim kontaktom na odtočni strani. Primer krasa v Kentuckyju in v Indiani. Uravnavanemu Moravskemu krasu do neke mere odgovarjata Mitchel Plain v Indiani in Sinkhole Plain v Kentuckyju, oba iz devonskih apnencev. V razliko od Moravskega krasa pa se kras na območju Narodnega parka Mamutske jame nadaljuje kot endokras pod neprepustnim silikatnim pokrovom Chester Uplanda do doline Green Riven. Ker ta silikatni pokrov, razen v udornih brezni in globljih dolinah, preprečuje prenikanje padavinske vode v apnenca v talnini, siga jamskega spleta ni prekinila z zapolitvami. Zato se je lahko pod slemeni Flint, Mammoth in Joppa ohranil najdaljši, okoli 500 km dolg jamski splet Flint-Ridge-Mammoth Cave (gl. F. D. Miotke, 1975, pod. 32 in 45. A. N. Palmer, 1981, pod. 21 in 29).

5. Oazni pretočni gorski kras z vodnimi jamami. Tip krasa v gorovju Api v narodnem parku Mulu v Sarawaku (Borneo). Skozi 37 km dolg in 5 km širok gorski hrbet iz grebenskih apnencev se pretakajo reke iz skrilačev in peščenjakov na sedimentno ravnico na nasprotni strani Api. Goste jame v nadstropjih, nastale zaradi tektonskega dviga, slovijo po izrednih razsežnostih (A. J. Eavis, 1981, A. C. Waltham, D. B. Brook, 1979).

6. Kontaktni fluviokras z globokimi brezni. Primerov je pri nas in v svetu veliko. Ponornice so navadno manjše in višinska razlika med ponori in izviri velika. Poleg vododržnih skladov so v gorovjih nekdanje dovajali alohtono vodo tudi pleistocenski ledeniki. Največje globine imajo navadno brezna, ki se nadaljujejo v poševne vodne jame, nastale na vododržni podlagi oz. blizu piezometričnega nivoja. Spadajo med najgloblja na svetu.

Pestrost oblik kontaktnega fluviokrasa je posledica mnogih dejavnikov. Od njih omenimo nekatere, ki najbolj vidno preprečujejo ponornicam takojšen spust v globlje kraško podzemlje. Med njimi je dolgotrajnejši obstoj visoke erozijske baze na odtočni strani (vododržni sedimenti, morje), kar je običajno pogojeno s tektonsko stabilnostjo krasa. Na kraškem površju ali v dolgih vododržnih jamah ostajajo ponornice zlasti v primeru večjih skoncentriranih tokov in močnejšega prenašanja sedimentov, zlasti proda, pa tudi vložkov manj prepustnih kamnin v krasu.

LITERATURA

- D'Am bro sio, C., 1954: Ipotesi sulla deviazione del Paleotimavo. Atti VI. Congr. Naz. Speleol., Trieste.
- Ba ulig, H., 1952: Surface d'aplanissement. Annales d'Géographie. No 325-LXI.
- Ea vis, A., J., 1981: Caves of Mulu '80. Royal Geographical Society. London.
- Ga ms, I., 1961: H geomorfologiji Bele krajini. Geografski zbornik VI, Ljubljana.
- Ga ms, I., 1962: Slepe doline v Sloveniji. Geografski zbornik VII, Ljubljana.
- Ga ms, I., 1964: Velo polje in problem pospešene korozije. Geografski vestnik XXXV, 1963, Ljubljana.
- Ga ms, I., 1965: Types of accelerated corrosion. Problems of Sp eological Research, I. Prague.
- Ga ms, I., 1973: Die zweiphasige quartärzeitliche Flächenbildung in den Poljen und Blindtälern des nordwestlichen Dinarischen Karstes. Geogr. Zeitschrift-Beihefte: Neue Ergebnisse der Karstforschung in den Tropen und im Mittelmeerraum. Wiesbaden.
- Ga ms, I., 1974: Kras. Ljubljana.
- Ga ms, I., 1981: Karst—Karst Denudation—Chemical Erosion—Climate, Perspectives in Geomorphology (ed. H. S. Sharma). New Delhi.
- Ga ms, I., 1981: Morfografski sistemi u Jugoslaviji. Glasnik srpskog geografskog društva, LXI, Beograd.
- Ga ms, I., 1983: Škocjanski Kras kot vzorec kontaktnega krasa. Mednarodni simpozij »Zaščita Krasa ob 160. letnici turističnega razvoja Škocjanskih jam«. Sežana.
- Ga ms, I., 1985 (v tisku): Mednarodne primerjalne meritve površinske korozije s pomočjo standardnih apneniških tablet. Zbornik ob 85. letnici rojstva akad. I. Rakovca, Ljubljana.
- Gr un d, A., 1908: Die Oberflächenformen des Dinarischen Gebriges. Zeitschr. Ges. Erdkunde, Berlin.
- Ha bi č, P., 1981: Nekateri značilnosti kopastega krasa v Sloveniji. Acta carsologica — Krasoslovni zbornik IX, 1980, Ljubljana.
- Ha bi č, P., 1984: Reliefne enote in strukturnice matičnega Krasa. Acta carsologica — Krasoslovni zbornik XII, 1983, Ljubljana.
- Ka yser, K., 1955: Karstrandebene und Poljeboden. Zur Frage der Entstehung von Einebnungsflächen im Karst. Erdkunde, 9.
- Kre bs, N., 1929: Ebenheiten und Inselberge im Karst. Zeitschrift Ges. Erdkunde zu Berlin, I, 3/4.
- Le h ma n n, H., 1954: Der tropische Kegelkarst auf den Grossen Antillen. Erdkunde, 8, Bonn.
- Lo uis, H., 1956: Die Entstehung der Poljen und ihre Stellung in der Karstabtragung auf Grund von Beobachtungen im Taurus. Erdkunde, 10, Bonn.
- Me lik, A., 1955: Kraška polja Slovenije v pleistocenu. Dela 7 Geogr. inštituta SAZU, Ljubljana.
- Mio tke, F., D., 1975: Der Karst im zentralen Kentucky bei Mammoth Cave. Hannover.
- Mo ra wetz, S., 1967: Zur Frage der Karstebenheiten. Zeitschr. Geomorph., 11.
- Pa lmer, A., N., 1981: A geological guide to Mammoth Cave National Park. Teaneck.
- Pa no š, V., 1964: Der Urkarst im Ostflügel der Böhmischen Masse. Zeitschr. f. Geomorphologie, N.H. 8, 2.
- Pfe ffer, K., H., 1973: Flächenbildung in den Tropen und im Mittelmeerraum. Wiesbaden.
- Pr em ru, R., 1982: Spiralne strukture. Nekateri primeri na področju Jugoslavije. Zbornik radova, X jub. kongres geologa Jugoslavije, knj. I., Budva.
- Rad in ja, D., 1972: Senožeško podolje. Geografski zbornik XIII, Ljubljana.
- Rad in ja, D., 1967: Vremška dolina in Divaški Kras. Geografski zbornik X, Ljubljana.
- Ra th jens, C., 1954: Das Karstphänomen in den verschiedenen Klimazonen. Erdkunde, 8.

- Roglič, J., 1952: Unsko-koranska zaravan i Plitvička jezera. Geografski glasnik XII, Zagreb.
- Roglič, J., 1957: Zaravni na vapnencima. Geografski glasnik XIX, Zagreb.
- Roglič, J., 1965: The Depths of the Fissure Circulation of Water in the Dinaric Karst. Problems of the Speleological Research, I. Prague.
- Roglič, J., 1965 b: The Delimitation and Morphological Types of the Dinaric Karst. Naše jame, VII, 1-2, Ljubljana.
- Slovenska kraška terminologija. (ur. I. Gams et al.), 1973, Ljubljana.
- Šali, F., 1969: Denudacija in korozija v porečju gornje Krke in Temenice. Geografski obzornik XVI, 3-4, Ljubljana.
- Šušteršič, F., 1982: Nekaj misli o oblikovanosti kraškega površja. Geografski vestnik, LIV, Ljubljana.
- Terzaghi, K., 1913: Beiträge zur Hydrographie und Morphologie des kroatischen Karstes. Mitt. Jahr. Geol. Reichanstalt, XX, 6, Budapest.
- Tolmač geološke karte SFR Jugoslavije 1 : 500.000. Geološka karta SFRJ. Zvezni geološki zavod, Beograd 1971.
- Uputstvo za izradu pregledne geomorfološke karte SFRJ u razmeru 1 : 500.000 Beograd 1981 (cikl.).
- Waltham, A., C., Brook, D. B., 1979: Caves in Mulu hills. Geographical Magazine (april).
- Wis mann, H., 1954: Der Karst der humiden heissen und sommerheissen Gebieten Ostasiens. Erdkunde, 3.

CONTACT FLUVIOKARST

Summary

The article first explains the difference between the concepts of karst and fluvio-karst. Fluviokarst means the endogeneous karst with surface, decisively controlled by surface wash (denudation) and processes of running water (even if the corrosion of percolating water is more intensive). Dolines are usually absent. The notion also found application in the legende to the geomorphological mapping of Yugoslavia on the scale 1 : 500.000 and 1 : 100.000 by dividing the larger surface forms into karstic and fluviokarstic ones.

The article then discusses the different types of special contact fluviokarst developed in the transition zone from surface to underground drainage pattern in the border karst area, with forming control of running water. The types are compounded of surface depression forms (blind valleys, dry walleys, border poljes, karst plains) and water caves and collapse dolines genetically connected with them, as well as potholes. The most impressive and famous karst features are briefly described as types of contact fluviokarst:

- 1) with predominant blind valleys and ponors,
- 2) with predominant dry valleys and water caves,
- 3) with border poljes and caves,
- 4) with karst plains.

As the latter in the Dinaric Karst are believed to be fossil forms, an example of a recently developing karst plain is described from the Istrian peninsula of NW Yugoslavia near to the town of Umag. The main morphogenetic factors acting here are: the piezometric level of karst water maintained near to the ground surface by the sea level, absence of surface collapsing, sinking streams, deposition of suspended material in the flooded area, deep clay ore loamy soil (here terra rossa) and more intensive subcutaneous corrosion of the stones protruded higher into the often moist surface layer of soil- a process which leads to subcutaneous planation.

As subtypes are shown fluviokarst plains with predominant canyons as fossil forms (karst plain W, SW and S of the Karlovac basin, karst plain of Kistanje near Zadar), karst plateaus which are tectonically higher risen karst plains (plateaus of Eastern Julian Alps, that among the rivers Čehotina, Tara and Piva—Komarnica in Monte Negro — Črna gora), karst plain with blind valleys, dry valleys and river valley (karst plain of western Istria, Trieste Karst in higher elevation), isolated karst with blind valleys, dry valleys and dense water caves (Moravian Karst).

5) Border plain fluviokarst with blind valleys and vertical contact. The type of karst in Indiana and Kentucky where the Mitchel Plain and Sinkhole Plain can be genetically compared with the Moravian Karst. But in Kentucky, in Mammoth Cave National Park the surface karst has a continuation behind the Chester escarpment in the endokarst below the caprock of impermeable silica sediments. It prevents, outside of the collapsed dolines and valleys, the percolation of waters, and by this the filling up of the caves with flowstone. This is the reason for the density of caves (Flint-Ridge Mammoth Cave System is the largest in the world).

6) Isolated through-flow mountainous karst with water caves. The type of karst in the Api Mts in the Mulu National Park in Sarawak, Borneo.

7) Contact karst with deep potholes and combination pothole-caves. The last ones are among the deepest in the world (in the high mountains at the ends of ancient glaciers).

Factors of diverse modelling of contact fluviokarst are also examined (size and elevation of the impermeable and permeable areas, lithology, climate, drainage pattern, age of processes, existence of base level for surface applanation and horizontal water caves, alluvial fans etc.

ZAPRTE KRAŠKE GLOBELI, PROBLEMATIKA
INTERPRETACIJE IN KARTOGRAFSKEGA PRIKAZA

(Z 1 SLIKO)

THE CLOSED KARST DEPRESSIONS,
PROBLEMS OF IDENTIFICATION, AND CARTOGRAPHY

(WITH 1 FIGURE)

FRANCE ŠUŠTERŠIČ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov -- Address

dr. FRANCE SUSTERŠIČ, raziskovalni sodelavec
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
Titov trg 2
66230 Postojna
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.448.001

**Sušteršič France: Zaprte kraške globeli,
problematika interpretacije in kartografskega prikaza**

Na krasu pojem topografske globeli ne pomeni nič izjemnega in zato vsaka topografska globel še ni samodejno individualen geomorfen pojav. To so le tiste, ki izkazujejo svojstvene lastnosti, vezane izključno na kras in lego v zaprti globeli. Običajno jih grobo delimo po Cvijičevi shemi v vrtače, uvale in polja, kar pa je napačno, ker tako implicitno upoštevamo njegovo že ovrženo teorijo o nastanku polj iz vrtač. Pri kartiranju globeli moramo podati njihov obris, tega pa lahko definiramo na več načinov. Nobeden od uporabljenih v celoti ne ustreza, kar zahteva nadaljnje podrobno proučevanje njihovega nastanka.

Abstract

UDC 551.448.001

**Sušteršič France: The closed karst depressions,
problems of identification, and cartography.**

In karst the notion of the closed depression doesn't mean something exceptional and so, any topographic depression is not automatically a self-dependent geomorphic feature. Only the ones, expressing specificities, arising from the karst and from the closed depression position, may be treated as such. Usually we arrange them to dolines, uvas and poljes. So far it implicitly bears in mind the already abandoned Cvijič's theory of the poljes origin from the dolines. When mapping, one is faced with the problem how to delimit the karst depressions. Several actually used ways are discussed, no one yielding satisfactory results. So the further work on their origin is needed to clear up the definitions.

**ZAPRTE KRAŠKE GLOBELI, PROBLEMATIKA INTERPRETACIJE IN
KARTOGRAFSKEGA PRIKAZA**

J. Roglič (1956, 43) je zapisal: »Bitna je osobina krša, da voda ponire i otapanjem stvarara zatvorena udubljenja — obe su pojave za krš normalne«. Iz navedka je jasno, čemu so (topografsko) zaprte globeli že dolgo deležne posebne pozornosti raziskovalcev krasa. Manj pa se zdi razumljivo, da je žetev rezultatov v primeri z vloženi prizadevanji pravzaprav pičila. Očitno je v izhodiščih nekaj nejasnosti, ki doslej ovirajo, da bi pravilno dojeli informacijo, ki jo dajejo zaprte globeli.

Zaprtih kraških globeli pozna svetovna literatura precej. Slovenska kraška terminologija (I. Gams & al., 1973) jih navaja sedem, če pa upoštevamo še podtype, skupaj 33. Podobno velja za terminologije drugih narodov, kjer pripada približno tretjina izrazov poimenovanju globeli, ki jih pri nas ne poznamo.

Ne glede na to jih literatura bolj ali manj soglasno razvršča v tri skupine, ki ustrezajo J. Cvijičevim (1895; 1957) temeljnim pojmom vrtače, uvale in polja. Tako jih tudi običajno skušamo interpretirati. Pri tem se pojavljajo že pregovorne težave, ki jih na tem mestu nima pomena klicati v spomin.

Zastaviti pa si velja vprašati: kaj pojem zaprte globeli v krasu pravzaprav pomeni, in kakšna je logika Cvijićeve sheme.

Pojem zaprte globeli je odločilen v fluvialnem geomorfnelem sistemu, saj zaprta globel dejansko zaustavi odnašanje mase. Zaprte globeli so tod vedno zasute z aulvijem, ali pa izpolnjene z jezeri. Poleg tega fluvialni sistem ne more ustvarjati zaprtih globeli, izjema so pač kotanje v dnesih vodotokov. Zaprte globeli pa niso prav nič izjemnega v drugih geomorfnelem sistemih, npr. eolskem ali (kontinentalno) glacialnem, saj na delovanje sistema bistveno ne vplivajo, sam proces pa jih lahko generira. Podobno velja za kras in zato na prvi pogled preseneča, čemu jim krasoslovci načelno posvečajo več pozornosti, kot ostalim geomorfnelem oblikam.

Odgovor dobimo, če pomislimo, da so prve interpretacije krasa vključevale predhodno fluvialno fazo in pojmovna teža zaprtih globeli, vrednih posebne pozornosti, je temeljila v njej. Kasneje se je izkazalo, da temu ni tako (J. Roglič, o. c.), pomembnost zaprtih globeli v krasu pa se zaradi zgodovinske vztrajnosti ni zmanjšala. Šele njihova sorazmerno nizka informativnost daje misliti, da je njihov pomen precenjen.

Če motrimo zaprte globeli s stališča modela čistega krasa (MCK), se izkaže, da načelno ne pomenijo drugega, kot da je točka »v globeli« bliže ploskvi geoida kot točke v okolici — da po tej plati sploh ni razlike med položajem v globeli ali izven nje. Pojem kraške (zaprte) globeli je tedaj smiselno le, če najdemo zgolj v krasu svojstveno oblikovane predele površja, ki se nahajajo v vglobljeni legi, po izvoru pa niso vezani na nekraške geomorfne sisteme. Masni deficit gre lahko na račun samega zakrasevanja ali pa endogenih procesov. Drobnost oblikovanosti tedaj krojijo zakrasevanje in tisti površinski procesi, ki niso vezani na nek poseben geomorfni sistem, npr. pobočni procesi. Izkušnje kažejo, da takšne globeli res obstojajo. Seveda pa jih je bistveno manj kot vseh zaprtih globeli, ki jih najdemo po krasu.

Na vprašanje, kako je s Cvijićevim nizom vrtača — uvala — polje, je odgovor bolj zapleten. Predvsem se moramo spomniti, da imamo možnost dveh ravni razumevanja. Prva je elementarna, ki izvira iz žive govorice in ta je Cvijiću nedvomno služila kot izhodišče. Vrtača je tedaj zemljišče, ki ga obdelujemo ročno (prim. izraz »vrt« = »vrtača« v Matarskem podolju) in ki se zaradi zakonitosti zakrasevanja skoraj brez izjeme nahaja v manjših, centričnih globelih. Uvala je kar najbolj splošen izraz za kakršnokoli globel in celo morski zaliv. Polje je v bistvu zopet družbenogeografski pojem, saj označuje zemljišče, ki ga lahko obdelujemo z živino ali strojno. Tudi takšna zemljišča so po logiki krasa praviloma v globelih. Ljudska terminologija je torej po vsebini negeomorfološka, v primeru uvale pa tudi preohlapna, da bi sploh mogla služiti za izhodišče nadaljnji razpravi.

Cvijićevo pojmovanje izrazov vrtača — uvala — (kraško) polje je vsebinsko vezano na njegovo tolmačenje nastajanja in preoblikovanja zaprtih globeli v krasu. To shemo je v svojih delih stalno dopolnjeval in prilagajal sprotim odkritjem (J. Roglič, 1961), vendar je ostala v osnovi nespremenjena. Našteti izrazi so torej prirejeni trem pojmovnim stopnjam Cvijićevega modela in imajo svoj pravi smisel in pomen le v njegovem okviru. Če ga zavržemo, se sesuje tudi vsebinsko ozadje njegove terminologije.

Raziskovalna praksa je to shemo dejansko že davno podrla. Pri tem je izraz vrtača približno ohranil prvotni pomen (H. Cramer, 1941). Pojem polja je bil sprejet pragmatično, tako da k kraškimi poljem štejejo približno tisto, kar po podobi ustreza Cvijičevim primerom. Pojem uvale je postal nedefiniran, opredeljen le kot komplement k množicama vrtač in polj. K uvalam štejejo danes vse tiste zaprte globeli v krasu, ki ustrezajo naši prejšnji definiciji kraške globeli in niso ne polja ne vrtače, pa tudi vse tiste topografske kotanje, ki jih po istih kriterijih sploh ne bi mogli šteti med samostojne gradnike kraškega površja. Uvale, kot jih je opredelil J. Poljak (1951), kajpak ostajajo uvale; so pa le kaplja v poplavi drugačnih.

Sledi torej, da na področju klasifikacije zaprtih globeli na krasu še nismo posebno daleč. Predvsem bomo morali ugotoviti, katere lahko imamo za samostojne gradnike kraškega površja in katere so zgolj topografski pojem. Nadalje bomo morali razčistiti vprašanje, ali so vrtače trenutna ravnotežna oblika centrično organiziranih pobočij ne glede na izvor deficita mase; ali pa jih bomo dalje delili še po poreklu njihove prostornine. S kraškimi polji bo dosti več težav, saj smo še daleč od jasnega spoznanja nastanka ali vsaj splošno uporabne klasifikacije (prim. I. Gams, v: I. Gams & al., 1973, 55—67). Za uvale pa lahko zapišem le to, da moramo najprej zbrati inventar, šele potem pa se bomo lahko dogovarjali o nastanku in klasifikaciji.

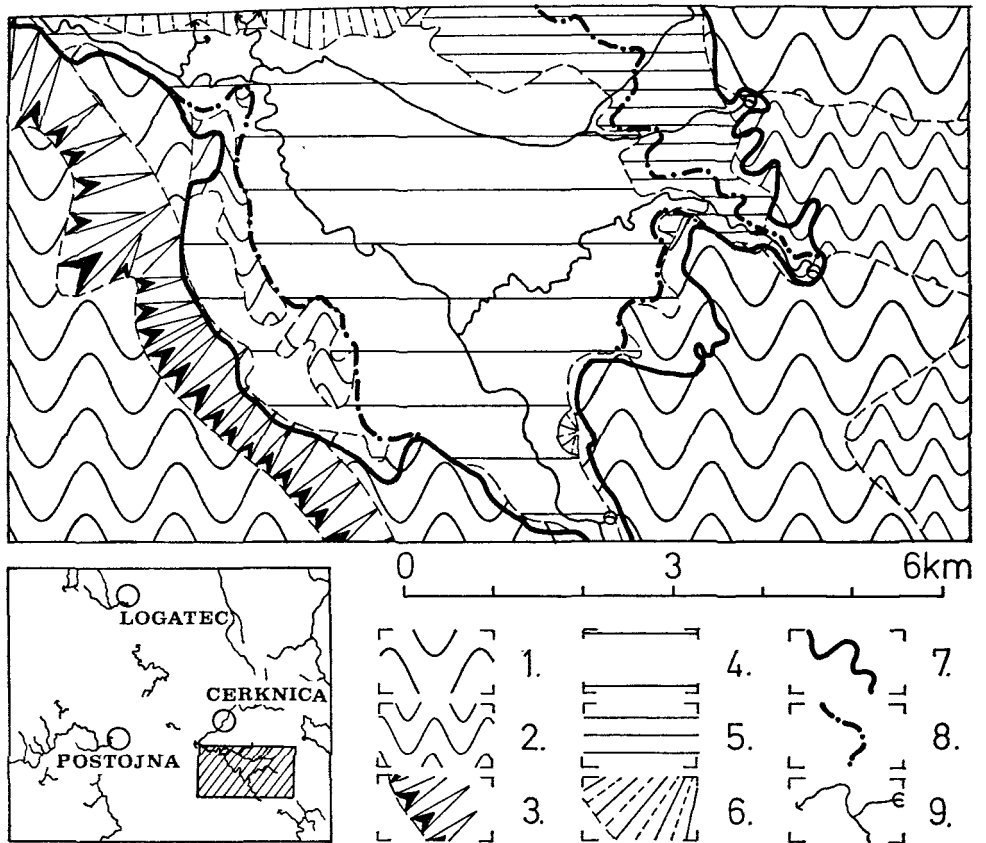
Obris kraških globeli, ki jih na osnovi začetnih razmišljanj smemo imeti za samostojne gradnike kraškega površja, moramo vsekakor upoštevati na geomorfološki karti. Odprto pa ostaja vprašanje, kako ga določiti.

Največkrat je za to uporabljena kar plastnica v višini t. i. prelivne višine, to je ravnine, do katere se v globeli pozimi nabira hladen zrak. Zamisel očitno izvira iz implicitne primerjave s fluvialnim reliefom. Čim pa spoznamo, da kras lahko obstoji kot samostojen geomorfni sistem, taka primerjava, oz. njeni nasledki, izgubi vsak smisel.

Podobno neosnovano je očrtavanje območja posamezne zaprte globeli vzdolž navidezne terenske razvodnice (razdelnice), ki pa se v literaturi pojavlja dosti redkeje.

Bolj utemeljene so mejice, ki temeljijo na realno ugotovljenih procesih, ki botrujejo posameznim globelimi. To se tudi sklada z zahtevo, da je prava kraška globel le tista, v kateri najdemo svojstvene oblike, vezane izključno na zaprto kotanjo v krasu. Zavedati pa se moramo, da to še ne zagotavlja, da je tudi masa odšla na kraški način. Tako imamo na razpolago več možnosti, opredeljevanja, od katerih vsaka po svoje, nobena pa dokončno ne zadovoljuje naših potreb.

Intuitivno se zdi najenostavneje očrtati območje masnega deficita. To ni posebno težko v primeru vrtač, ki so po eni strani jasno centrične, po drugi pa večinoma ležijo v ravnici oz. na blagih pobočjih, tako da ni težko ugotoviti, kaj spada še vanje. V slučaju kraških polj pa so razmere bolj zapletene. Za primer vzemimo Livanjsko polje. Če menimo, da je poglobljeno med Dinaro, Staretino in Golijo, moramo potegniti mejico drugod, kot če postavimo za referenčno ploskev hipotetično ravnoto v višinah Aržanske planote oz. prevalov proti Bosanskemu Grahovu. Obe inačici bistveno vplivata na tolmačenje na-



Sl. 1. Poenostavljena skica dela Cerknjškega polja

- 1 - »Hummed« relief z amplitudo nad 200 m
- 2 - »Hummed« relief z amplitudo pod 200 m
- 3 - Gladka enovita pobočja (rebri)
- 4 - Akumulacijska ravnica polja
- 5 - Fluviokraška ravnica (druga terasa)
- 6 - Vršaji
- 7 - Plastnica »prelivne višine«
- 8 - Meja ozemlja, naklonjenega pod 5°
- 9 - Vodotoki

Fig. 1. Simplified sketch of a part of Cerknjško polje

- 1 - »Hummed« relief of amplitude more than 200 m
- 2 - »Hummed« relief of amplitude less than 200 m
- 3 - Steep, uniform slopes of the highkarst plateau
- 4 - Accumulation plain of the polje
- 5 - Karstified flat 15 m above the accumulation plain (»second« terrace)
- 6 - Alluvial fans
- 7 - Overflow contour
- 8 - Border of the area with slopes less than 5°
- 9 - Watercourses

stanka, saj dobi globel polja po prvi več kot desetkrat večjo prostornino, kot po drugi.

Pri tem se moramo zavedati še tega, da pobočni procesi, ki niso vezani le na kras, obod kotanje širijo in ga v slučaju večjih višinskih razlik lahko izdatno pomaknejo od prvotnega mesta. Končno pa moramo imeti pred očmi tudi to, da doslej še nihče ni prepričljivo dokazal kraškega nastanka kotanj poglavitnih dinarskih kraških polj, MCK pa ga sploh izključuje. Prav tako preoblikovanje njihovih pobočij ni takšno, da bi bilo vezano zgolj na zaprte kotanje in tako je kršeno načelo, sprejeto kot izhodišče.

Tako pristanemo pri ne ravno redkemu definiranju obrisa polja z mejico danje ravnice. Zamisel je najbližja začetnim razmišljanjem, saj bližina gladine podtalnice vpliva na oblikovanje dna polja kot (v smislu MCK) fluviokraške ravnote. Ta pa je vsaj prostorsko, če že ne vzročno, večinoma vezana na zaprte kotanje, ki imajo tako svojsko oblikovano dno.

Fluviokraška ravnica dneša polja dejansko večinoma ostro prehaja v pobočja, kot večkrat poudarja J. Cvijić (o. c.). Pri tem si lahko privoščimo tudi ekstrapolacijo ravnice pod interference nekraških geomorfnihi sistemov, npr. vršajev v dno polja. Zadeva pa se zaplete, če danjo ravnico lahko razdelimo v več kategorij. Tako je osrednja ravnica Cerkniskega polja zaradi recentnega ugrezanja (R. Gospodarič, P. Habič, 1979) dejansko aluvialni bazen z ustrezno sedimentacijo, ki nikakor ni vezan na kras. Zlasti ob vzhodnem robu je ohranjena t. i. višja terasa (I. Gams, 1971), ki je danes dvignjena nad višino običajnih poplav, vendar v vsem ustreza fluviokraški ravnoti, ki je v smislu MCK značilna za dneša polj. V svojem skrajnem vzhodnem kraju ta ravnica zvezno prehaja v znižane predele znotraj kopastega krasa, ki bi glede na izhodiščna razmišljanja sploh ne mogli biti samostojni gradniki kraškega površja. Na zahodni strani je prehod z aluvialne ravnice v obrobje po tlorisu raven in gladek, vendar se tod le v manjši meri stikata dno polja in strmo pobočje Javornikov (reber). Večinoma ju deli pas kopastega krasa s sorazmerno nizkim relativnim reliefom (sl. 1). Cerknisko polje tako postane zelo plitva kotanja, kar je v ostrem nasprotju s splošno razširjenim mnenjem, ki povzema J. Cvijića (1895, 144), da je Cerknisko polje eno naših najglobljih.

Kot smo ugotovili že prej, ostajajo danes uvale brez pozitivne definicije. Seveda pa veljajo zanje vse prejšnje ugotovitve o možnih alternativah pri določanju obrisa.

Med uvalami je precej takšnih, za katere bi ne mogli trditi, da so samostojni gradniki kraškega površja. Imajo pa svoj smisel pri obravnavanju endogenega reliefa. Tako se zdi, da so možne povezave med ugotovitvami A. Pencka (1900) in J. Poljaka (o. c.). Po prvem so osnovni gradniki dinarskega krasa poleg ravnoti še polja in mosorji. Poljak pa dalje ugotavlja, da so elementi večjih vzpetosti (mosorjev) uvale in bila. Očitno se tako odpira pot za korelacijo endogenih in eksogenih reliefnih oblik, oz. njihovih komponent.

Zaključimo lahko, da je pri razumevanju zaprtih kraških globeli še toliko nerazčiščenih podrobnosti oz. nepreverljivih implicitnih postavk, da še lep čas ne bo mogoče izdelati logične in učinkovite klasifikacije. Za posledico jih danes tudi kartografsko ne moremo prikazati tako, kot bi želeli. Tako je nujno podrobno in kritično preučevati kraško površje kot celoto, pa tudi njegove po-

drobnosti. Le tako bomo ugotovili, katere intuitivno spoznane oblike imajo tudi svoj geomorfen pomen ter jim dali geomorfološko vsebino. Dotlej pa bo vsaka karta kompromis med razumevanjem geomorfni oblik in nujo, da zapolnimo bele lise na karti.

LITERATURA

- Cramer, H., 1941: Die Systematik der Karstdolinen. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, und Paläontologie, Beilage-Band, Abt. B, 85, 293—382.
- Cvijić, J., 1895: Karst, geografska monografija. 1—135, Beograd.
- Cvijić, J., 1957: Podzemna hidrografija i morfološka evolucija karsta. Posebna izdanja Srpskog geografskog društva, 1—41, Beograd.
- Gams, I., 1973: Die zweiphasige quartäzeitliche Flächenbildung in den Poljen und Blindtälern des Nordwestlichen Dinarischen Karstes. Geographische Zeitschrift, Beihefte, 143—149, Wiesbaden.
- Gams, I. & al., 1973: Slovenska kraška terminologija. Zveza geografskih institucij Jugoslavije, 1—76, Ljubljana.
- Gospodarić, R., Habić, P., 1979: Kraški pojavi Cerkniškega polja. Acta carsologica 8, 11—162.
- Penck, A., 1900: Geomorphologische Studien aus der Herzegowina. Zeitschr. des Deutsch. u. Oester. Alpenvereines, 31, 25—41.
- Poljak, J., 1951: Je li kraška uvala prijelazan oblik između ponikve i krškog polja? Geografski glasnik 13, 25—49.
- Roglić, J., 1956: Neki osnovni problemi krša. Izveštaj o radu IV kongresa geografa FNR Jugoslavije, 42—61, Beograd.
- Roglić, J., 1961: Prilog poznavanju razvoja Cvijićeve misli o kršu. Geografski glasnik, 23, 67—53.
- Sušteršič, F., 1982: Nekaj misli o oblikovanosti kraškega površja. Geografski vestnik, 56, 19—28.
- Sušteršič, F., 1986: Model čistega krasa — nasledki v interpretaciji površja. Objavljeno v tem zborniku.

THE CLOSED KARST DEPRESSIONS, PROBLEMS OF IDENTIFICATION, AND CARTOGRAPHY

Summary

Since the beginnings of the karstology the closed depressions have been one of the focuses of the interest. On the other hand, the results of this concentrated research are surprisingly scarce. So one may conclude that something must have remained unclear in the very roots of our research. Two questions may be raised: what does the concept of closed depressions in karst mean, and, whether the terminology we use is proper at all.

Closed depressions are of crucial importance in fluvial geomorphic system because they prevent the mass removal. In other geomorphic systems the (topographically) closed depressions are of no special importance. According to the "pure karst model" (MCK) (F. Šušteršič, 1986) even the notion is something alien to the karst. Apparently, our actual attitude is more rooted in the past prekarstic fluvial theories rather than in the real understanding of the karst.

Nevertheless, it does not exclude the existence of closed depressions that may be true karstic. Such a term should be attributed to those depressions that are i/ intrinsically karstic (a product of karstification only) and ii/ the unique surface forms due to the closed depression position. Of course, such a view has shrunk extensively the number of karst depressions.

The international karst terminology cites lots of different closed karst depressions; yet the Cvijić's triade doline, uvala, and polje remains the dominant frame. As all the three expressions originate from popular language in yugoslav karst regions, they may be explained at least in two ways.

The first one is elementary and the three types of closed depressions are interpreted like the local inhabitants do. So the term doline (= vrtača in yugoslav languages) is used for a small piece of land cultivable by hand only (vrt = garden). By all means, due to the intrinsic properties of karst it can be found at the bottoms of a sort of depressions only. The term uvala means in the popular language any depression, even a small bay. The term polje is essentially used for any ground, not depending whether laying on karst or not, cultivable by plough. Evidently such an interpretation is of no use in geomorphology.

J. Cvijić (1895) used the three terms as attributes to the three theoretical stages in his closed depressions development theory. Up till now the theoretical background has been abandoned, but the terms remained in use, obviously resulting in confusion. The term doline (vrtača) preserved practically the same meaning as it had in Cvijić's work. The term polje is attributed to the phenomena reminding by eye of the Cvijić's examples, their origin being not taken into account. The term uvala covers all the rest of closed depressions and it is purely eclectic.

So, the true classificatory work is still before us. Notwithstanding, practical cartography rises a question how to delimit the karst depressions. Four ways are the most generally used.

According to the prekarstic fluvial heritage theory the "overflow contour" entered to the majority of the geomorphological mapping keys. Unfortunately it has no real connection with the karst.

Similarly goes for the terrain divide.

The limiting lines, based on the true processes are more acceptable. Two ways are possible. One may consider either the outmost limit of processes, triggered by the depression formation, or the limit of the true karstic mass removal area.

The former one is effective when studying the dolines. Eventually, the mass removal is concentrated to a very small area, while it produces the instability of slopes. This brings about the slope processes that pronounce a quite distinguishable

lip we usually map. The same principle applied to the poljes results in nonsense outcomes.

The poljes are usually better marked by the border between the bottom plain and the sides, this being at the same time a limit of the probable bottom processes. Difficulties arise when the bottom is composed of several units, all of them being not defined by the same processes (Fig. 1). In the case of dolines this way of representation is not advisable, because their bottoms are usually secondary.

The uvalas being not positively defined, all the discussion is worthless.

One can conclude that many important details concerning understanding and mapping of the closed karst depressions are still unclear. So, the further research must be pointed as in their origin as in their proper cartographic representation.

KRAS V LUČI FOSILNE FLUVIALNE AKUMULACIJE
THE KARST IN THE LIGHT OF FOSSILIZED FLUVIAL DEPOSITION

DARKO RADINJA

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985
*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address

dr. DARKO RADINJA, univ. prof.
Oddelek za geografijo FF, Univerza E. Kardelja
61000 Ljubljana, Aškerčeva 12
Jugoslavija

Abstract

UDK 551.312.3.051:551.8(24)
551.8(24):551.312.3.051

Radinja Darko: Kras v luči fosilne fluvialne akumulacije.

Prispevek je posvečen izključno fosilni fluvialni akumulaciji, ki se je ohranila v kraškem svetu ter njeni morfogenetski problematiki. Ta vidik doslej še ni bil tako v ospredju kot tokrat, morda zato ne, ker ne gre za neposredno geomorfološko metodo. Prispevek pa se zavzema tudi za to, da bi morfogenetsko raziskovanje krasa dopolnjevali tudi s preučevanjem fosilne akumulacije.

Izvleček

UDC 551.312.3.051:551.8(24)
551.8(24):551.312.3.051

Radinja Darko: The Karst in the light of fossilized fluvial deposition.

The contribution is dedicated exclusively to the fossil fluvial deposition preserved on karst landscape in to its morphogenetic problematics. This point of view till now has not been thus accentuated perhaps because it is irrelevant to geomorphologic method. The article suggests to complete the morphogenetic karst researches by study of fossil deposition.

IZHODIŠČE IN NAMEN

Prispevek je posvečen izključno fosilni fluvialni akumulaciji, ki se je ohranila v kraškem svetu ter njeni morfogenetski problematiki. Ta vidik doslej še ni bil tako v ospredju kot tokrat, morda zato ne, ker ne gre za neposredno geomorfološko metodo. Prispevek pa se zavzema za to, da bi morfogenetsko raziskovanje krasa dopolnjevali tudi s preučevanjem fosilne akumulacije.

Na čem sloni to naziranje? Predvsem na tem, da ta vidik ni pomemben le teoretsko in metodološko, temveč tudi stvarno. Slednje že zato, ker paleofluvialna akumulacija na našem krasu — če se omejimo le nanj — ni nekaj izjemnega, temveč je, nasprotno, zelo značilna zanj, saj gre pravzaprav za splošno razširjen pojav in ga že zato ne kaže prezreti. Zlasti tedaj ne, ko skušamo kras obravnavati širše, poglobljeno in celovito. S tem vidikom pa nedvomno širimo in poglobljamo poglede ter tako lahko pripomoremo k popolnejšemu razumevanju njegove morfogeneze pa krasa kot pokrajinskega pojava sploh.

Pri tem ne gre za nikakršno alternativo dosedanjim naziranjem o kraški morfogenezi (bodi tektonski, klimatski, erozijski, korozijski, oziroma njihovim prepletanjem), temveč za njih dopolnjevanje, pravzaprav za popolnejše vrednotenje različnih morfogenetskih faktorjev.

Morfogenetsko preučevanje krasa je z vidika paleofluvialne akumulacije pomembno tudi zato, ker širi poglede, ko sili k »povezovanju« kraškega in sosednjega nekraškega površja ter k obravnavi krasa kot dela celotnega reliefa, kar je na našem alpsko-dinarskem ter jadransko-panonskem stiku še posebno pomembno.

OPREDELITEV POJAVA

S fosilno fluvialno akumulacijo označujemo v prejšnjih morfo-genetskih fazah odložene nanose tekočih voda, ki pa se v sedanji ne odlagajo več.¹ Med nje štejemo torej tudi del holocenskih nanosov (vendar ne aluvialnih, ki so v dosegu sedanjih voda) in ne le pleistocenske ali pliocenske. Kajti na robu kraškega sveta jim moremo še marsikje sklenjeno slediti od sedanjih, še aktivnih rečnih dolin, npr. slepih, preko vmesnih stopenj (teras), kjer so morfo-genetske povezave med akumulacijo, reliefnimi potezami in vodami še očitne, pa do višjih, starejših, splošnih kraških uravnav, kjer se zveze med sedanjimi vodnimi tokovi in fosilno akumulacijo že izgubljajo ali pa jih sploh ne moremo več opredeliti.

Ker imamo s fosilno fluvialno akumulacijo opraviti tudi v normalnem reliefu, pri nas zlasti s fluvioperiglacialno (v različno starih terasah),² je potrebno poudariti, da gre tu za akumulacijo na kraških tleh. Kot sinonima sta se zanjo v naši literaturi začela uporabljati dva izraza — fosilna fluvialna akumulacija oziroma paleofluvialna akumulacija (Radinja 1964 itd.). Ker take oznake za nekraški relief niso v navadi, posebej niti ne pojasnjujejo, da gre za akumulacijo na kraških tleh. Včasih govorimo le o fosilnemrodu, ker je ta zanjo najznačilnejši, čeprav naletimo na kraškem površju tudi na pesek, peščenjak in konglomerat. Vsi ti nanosi so tako ali drugače fluvialnega izvora, sporne pa so (kraške) ilovice, ki so različnega nastanka, ne le fluvialnega, temveč povečini korozijskega in denudacijskega. Ker njihovo genetično razlikovanje ni enostavno, smo jih doslej pri obravnavi fosilne akumulacije navadno prezrli.

Kakor je zanjo granulacijsko najznačilnejši prod, tako je petrografsko značilna po silikatni sestavi, največkrat le po kremenju. Zato pogosto govorimo kar o silikatnem ali kremenovemrodu, ko mislimo na njegove ostanke, ki so se zaradi večje odpornosti še najbolj ohranili na korozijskih tleh. Pogosto zato sploh ne gre za prod in še manj za prodne plasti kot samostojne nanose, temveč le za posamezne prodnike, pomešane med kraško preperelino, ilovico ali prst.

RAZŠIRJENOST FOSILNE AKUMULACIJE

Sledovi nekdanje fluvialne akumulacije so na kraških tleh še splošno razširjeni, čeprav marsikje le v skrajno reduciranem obsegu. Nanje naletimo na dinarskem in alpskem krasu, oziroma na dolenskem, notranjskem in primorskem krasu ter prav tako na osamljenem kakor sklenjenem kraškem površju, enako na nižjem krasu, npr. istrskem ali belokranjskem, in tudi na visokem oziroma celo visokogorskem.

Za posamezne pokrajine je na te sledove literatura tu in tam že opozorila (za matični Kras, Trnovski gozd, Posavsko hribovje, Suho krajino, Novomeški kras, Kočevski kras itd.).³ Za druge so bežni podatki raztreseni po neobjavljenih elaboratih ali pa ostajajo sploh neznanj v terenskih zapiskih raziskovalcev.

¹ Osnovni razpoznavni znak fluvialne akumulacije je njena zaobljenost ne glede na njeno lego ter na velikost, sestavo in količino gradiva.

² Z njo se je pri nas največ in najbolj sistematično ukvarjal M. Šifrer v številnih razskavanj, npr. 1961, 1967, 1969.

³ Zaradi omejenega prostora viri niso navedeni, kar velja tudi za večino druge literature.

Pravega pregleda o doslej že ugotovljenih lokacijah, žal, nimamo. Zato predlagam, da bi neobjavljene podatke zbirali v Inštitutu za raziskovanje krasa ZRC SAZU v Postojni, kamor naj bi jih raziskovalci pošiljali, čeprav bi šlo le za golo registracijo lokacije.

Za ilustracijo naj bežno omenim nekaj lastnih ugotovitev iz zadnjih let. Poleg sledov iz Matarskega podolja, sosednje Čičarije in istrskega krasa naj omenim droban kremenov prod sredi zahodnega dela Suhe krajine (V. Lipje), ki ga po Gamsu (1984) sestavlja kotanjasto-slemenski kras. Še značilnejša sta kremenov prod in pesek, ki ju je razkril več kilometrov dolg jarek, skopan za telefonski kabel od Dvora proti Hinjam. Ob njem je bilo moč ugotavljati ne le razširjenost proda in peska, temveč tudi povezavo z reliefom in kraško ilovico.

Zelo značilna je nadalje 1984. leta ugotovljena fluvialna akumulacija sredi Zasavja, in sicer na obeh straneh trboveljske Save, od Kumljanskega na njeni desni strani do terciarnega podolja na levi. Debel kremenov prod se je po razvodnih uravnavah ohranil na triasnih in terciarnih apnencih, v antiklinalnem in sinklinalnem območju, kar razvoj Savske doline osvetljuje v drugačni luči, kakor ga poznamo doslej, zlasti glede njene morfogenetske povezave z vodnim odtokom v sosednji terciarni sinklinali.

LEŽIŠČA FOSILNE FLUVIALNE AKUMULACIJE

Kje na krasu tičijo njeni ostanki? Značilno je, da so ohranjeni na površju in pod njim. Na površju jih najdemo največkrat na ornih tleh, kjer so po dežju, ko so sprani, najbolj opazni gladki, lepo zaobljeni prodniki. Na travnikih in pašnikih naletimo nanje kvečjemu po krtinah. Povsod drugod, kjer so tla zaraščena, jih zlepa ne najdemo, zlasti ne v gozdu. Da so tudi tam, pričajo najdbe ob kolovozih in cestnih vsekah ter v različnih odkopih. Ker je obdelanih tal največ na uravnavah ter na dnu suhih dolin, vrtač, uval in podolij, jih tu sicer najčešče najdemo, kar pa ne pomeni, da so tod najbolj razširjeni. Največkrat so pomešani s kraško ilovico in so pravzaprav sestavni del prepere-linske oziroma pedološke odeje, vendar pogosto tako neznamenit del, da se v njej docela porazgubijo. Šele s sejanjem ilovice oziroma prsti se včasih v njej pre-pozna kremenov pesek ali prav drobni prodniki. Ponekod je proda in peska toliko, da govorimo o peščeni oziroma prodnati prsti (ilovici). Tako je večkrat na robnih apnencih (npr. na Senožeškem in Divaškem Krasu) ali v nižji legi, npr. na terasah slepih dolin ter njihovem obodu (npr. na obodu Vremske do-line, brkinskih slepih dolin) ter na dnu suhih dolin (npr. Veliki in Mali dol sredi matičnega Krasa).

Fosilna fluvialna akumulacija je v večjih količinah, in hkrati kot samo-stojni nanos, ohranjena zlasti v žepih, zajedah in breznih, ki razčlenjujejo kra-ška tla.⁴ Z njo so zajede lahko v celoti zatrpane in v čisti sestavi. O količini in sestavi takih nanosov govori npr. dejstvo, da so za železarno v Trstu nekdanj kopalni kremenov pesek na Divaškem Krasu. Podobno so ga kopalni v Suhi kra-

⁴ Pri tem puščamo ob strani njeno logično nadaljevanje in transformacijo v prevotljenem kraškem podzemlju po podzemeljskih vodah. In prav tako tudi tisto, ki jo v kraško podzemlje prinašajo ponikalnice danes. Gre za pojave, ki se v modificirani obliki nadaljujejo v sedanost.

jini za železarno na Dvoru. Znane so debele plasti čistih kremenovih peskov v kraškem Podgorju pod Gorjanci. Pri Brjah sredi matičnega Krasa so v zatrpanem breznu kopali kremenov prod za posipanje makadamskih cest. Ponekod so odkopavali flišni prod iz zatrpanih breznen, da so prišli do kalcita, ki so ga lomili (Dolenji Kras).

V kraških zajedah ne naletimo le na peščene in prodne nanose, temveč tudi na peščenjake in konglomerate, kakršni so npr. sredi matičnega Krasa, medtem ko so v njegovih robnih delih brezna — nekdanji ponori — zatrpani z napol sprijetim, močno preperelim flišnim prodom in peskom.

SESTAVA IN LASTNOSTI FOSILNE AKUMULACIJE

a) Akumulacija je granularijsko zelo pestra. Poleg drobnega peska ($< 0,1$ mm) jo sestavlja še različno velik prod. Najpogostejši so drobni prodniki (< 1 cm), manj srednje veliki (1—3 cm) in najmanj debeli (> 3 cm), ki so ohranjeni le lokalno. Posebno debeli prodniki, nad 6 ali celo 10 cm premera, so izjemni. Če je fosilni pesek razširjen ne glede na relief, kaže prod večjo navezanost na vdolbine, kar velja zlasti za debelejši prod, ki se najraje drži nižjih in obrobni leg. Če za pesek velja, da je splošno razširjen, je droban prod regionalno, debel pa kvečjemu lokalno. Ustrezna razmerja veljajo tudi glede na različne tipe kraškega površja. Več nanosov je namreč na robnih apnencih in na fluviokrasu, manj na osrednjih in na pravem krasu. Še pomembnejši je za razširjenost fosilne akumulacije hidrološki položaj pokrajin, zlasti glede na njihovo dotočno, transverzalno oziroma odtočno lego.

b) Druga, zelo značilna poteza fosilnega proda je njegova zaobljenost, ki je tudi morfofenetsko zelo pomembna, ne glede na to, ali jo presojamo v transportni ali klimatski luči. Čeprav je fosilni prod na splošno dobro zaobljen, ni enoten. Po Cailleuxovi metodi izračunana zaobljenost kaže, da ne gre le za daljše transportne poti, temveč tudi za vpliv tople klime. Za dokončno presojo pa so potrebne še sistematične raziskave s širšo primerjavo. Že doslej pa je očitno, da je fosilni prod povečini bolj zaobljen ne le od pleistocenskega, temveč tudi holocenskega.

c) Posebno značilna je petrografška sestava fosilne akumulacije, ki je s svojo silikatno sestavo v nasprotju s karbonatno podlago, kar opozarja na njeno alohtonost. Podobno nasprotje imamo sicer tudi med silikatno kraško ilovico (oziroma prstjo) in njeno karbonatno podlago. Po petrografski sestavi fosilne akumulacije na robu kraških pokrajin, ki je po površju navzdol čedalje bolj karbonatna, sklepamo na korozijsko redukcijo starejše akumulacije in na njeno nekdanj bistveno drugačno petrografsko sestavo z daleč prevladujočim deležem karbonatnega in ne silikatnega proda. Na to kaže tudi luknjičavost konglomerata pri Brjah na matičnem Krasu.

d) Redukcija fosilne akumulacije. S korozijo fosilne akumulacije niso povezane le njene petrografške spremembe, temveč tudi dimenzijske. Sedanja, izključna silikatna sestava, ki je pretežno celo kremenčeva, je namreč zelo skromen, pravzaprav neznaten ostanek nekdanj veliko obsežnejše in debelejšee sedimentacijske odeje, razširjene na karbonatnih tleh. S tem se je bistveno spremenila tudi njena morfofenetska vloga.

e) Posebno vprašanje je starost fosilne akumulacije, ki je še močno odprta. Nanjo sicer lahko sklepamo ne le po hipsografskih in reliefnih razmerjih podlage, temveč tudi po preperelosti in patiniranosti proda. Vendar pa slednja poteza ni odvisna le od starosti, temveč tudi od petrografske sestave proda, od preperelinske odeje, v kateri tiči ter od drugih prirodnogeografskih faktorjev. Ob enakih drugih pogojih so starejši prodniki sicer bolj patinirani od mlajših, nehomogeni pogoji pa stvari močno zapletejo. Zato po patiniranosti proda ne moremo zanesljivo ugotavljati njegove starosti in še manj sklepati na starost površja, saj ponekod ugotavljamo enako patiniran prod na različno starem oziroma različno visokem površju, drugod pa je prod na nižjem površju celo bolj patiniran kakor na višjem, starejšem. Očitno je klimatski faktor odločilen, če sklepamo po tem, da je kremenov prod na primorskem krasu na splošno bolj patiniran kakor na notranjskem ali dolenskem. Za dokončno presojo pa so potrebne še temeljite raziskave.

f) Naslednja lastnost, obarvanost proda, je bolj kot s starostjo povezana s kraško ilovico, med katero je pomešan. Rdeča kraška ilovica na primorskem krasu obarva namreč bele kremenove prodnike intenzivneje kakor rjava ilovica na dolenskem ali notranjskem krasu, kar prav tako opozarja na pomen klimatskega faktorja.

MORFOGENETSKA INTERPRETACIJA FOSILNE AKUMULACIJE

Glede kremenovega proda (in fosilne akumulacije sploh) je treba najprej pretresti vprašanje, ali ima ta sploh zvezo z morfogenezo kraškega površja. Ali ni morda le preostanek plasti, ki so prekrivale karbonatne kamenine, odkoder naj bi bili izluščeni silikatni prodniki. Čeprav takih primerov ni mogoče docela izključiti, ni videti, da bi imeli širši pomen, kajti veliko bolj neposredne so povezave kraških pokrajin z nekraškim sosedstvom po načelu: kakršno sosedstvo — takšna akumulacija na kraških tleh.

Drugi pomislek je nemara ta, da izvira fosilni prod iz silikatnih vložkov, ki so med karbonatnimi kameninami, npr. roženci. Treba je povedati, da so tudi zanje potrebni fluvialni procesi, če naj se iz njih izoblikuje zaobljeno gradivo. Pač pa gre za nekaj drugega. Nedvomno so ostanki silikatnega proda, ki je ohranjen na našem krasu, različnega porekla. Izvira bodisi (a) iz neprepustnega sosedstva, (b) iz silikatnih vložkov sredi karbonatnih kamenin, (c) neposredno iz silikatnih kamenin kot primarni, na novo izoblikovan prod, (d) kot pretransportirano gradivo neposredno iz silikatnih peščenjakov in koglomeratov — sekundarni prod ter (f) gradivo brez jasne provinience, ki izvira iz večjih razdalj.

Fosilni silikatni prod ni le na krasu, temveč tudi v njegovem sosedstvu ali daleč stran. Po legi in sestavi je zelo pomemben silikatni prod v flišni Pivški kotlini, medtem ko fosilni prod v terciarnih Slovenskih goricah nima s krasom nobene zveze.

Ker je fosilni prod našega krasa dejansko zelo raznolik, njegove interpretacije ni mogoče posploševati. Ponekod gre za sestavo, ki jasno kaže njegovo provinieno in zvezo s kraškimi oblikami, drugod ta povezava ni jasna, ponekod pa nanjo sploh ni mogoče sklepati. Na razlike pa opozarjajo (a) že različna

granulacija, (b) različna zaobljenost, (c) različna petrografska sestava pa tudi (d) različna patiniranost proda. Posebno vprašanje so bobovci (limonitni produkti), ki so jih ponekod celo kopali za potrebe fužinarstva.

Na kaj pravzaprav kaže fosilna fluvialna akumulacija na kraškem površju?

a) Predvsem kaže na učinkovanje površinsko tekoče vode in na njeno mehanično delovanje; pri tem pa ne gre le za transport in akumulacijo, temveč tudi za erozijo.

b) Za kakšno erozijo gre? Ali za globinsko, če je fosilna akumulacija na dnu dolin in vdolbin, ali za lateralno, če je na uravnanim površju. Ali gre za transverzalne vode, če je fosilna akumulacija razširjena preko vsega kraškega površja ali za ponikalnice in zakrasevanje, če sega le do zatrpanih brezen, nekdanjih ponorov.

c) Nadalje, ali gre za robno in ploskovno korozijo, ko je akumulacija na robnih apnencih ali za talno, razvijajočo se pod alohtonimi naplavinami, če so prepustnejše.

d) Kaj pomeni to, ko je akumulacija razširjena ne glede na relief in jo najdemo na uravninah, v vdolbinah in na vzpetinah oziroma na pobočjih. Ali pomeni, da gre za eolsko akumulacijo, če jo sestavljajo čisti peski v različnih višinah, ali pa to, da s sedanjimi reliefnimi potezami ta akumulacija nima neposredne (razvojne) zveze, temveč je ostanek veliko starejšega razvoja in drugačnega reliefa.

e) Skratka, so ostanki kremenovega proda in peska sledovi paleofluvialnega razvoja in fosilnih oblik na kraških tleh? V kakšnem odnosu sta si fluviokras in fluvioakumulacija? Če povezujemo fluvialni kras z obsegom fluvialne akumulacije oziroma njegovih oblik, se glede na njeno splošno razširjenost upravičeno sprašujemo, za kakšen kras pri nas pravzaprav gre. In kakšni naj bi bili kriteriji za teritorialno opredelitev fluviokrasa in kakšni za opredelitev čistega krasa oziroma alohtonega in avtohtonega? Podobno je z vprašanjem določnejše opredelitve kontaktnega krasa. Do kod sega? Ali niso vse naše pokrajine v bistvu stične in prepletajoče se, s kraškimi vred.

Vsa ta vprašanja se pri obravnavi krasa v luči fosilne akumulacije znova postavljajo. Vprašljiv je tudi obseg samega krasa. Razmejevanje na petrografski osnovi in po litološki meji (karbonatne-nekarbonatne kamenine) je sicer praktičen, ni pa zadovoljiv. Meja med krasom in nekrasom ni ostra, ne po oblikah in ne po procesih, ki se z enih kamenin prenašajo in podaljšujejo na druge. Gre za prehode, ki jih ohlapno označujemo bodisi za kontaktni kras, fluviokras, parakras, nepravilni kras itd. Kako širok je ta prehod? Ali se pri transverzalnih apnencih raztegne preko celotnega kraškega ozemlja?

POVZETEK

a) V ospredju je metoda za preučevanje kraške morfogeneze z analizo fosilne fluvialne akumulacije, kakršna se je na kraškem površju ohranila še do danes.

b) Na našem krasu je fosilna akumulacija še splošno razširjen pojav, ne pa nekaj izjemnega in nepomembnega.

c) Gre za kontinuiteto akumulacije, potekajočo od višjih, širših uravnin, brez ugotovljive provinience, preko vmesnih nižjih stopenj s povečini ugotov-

ljivo provinienca (vsaj širšo), do aktivnih dolin in njihovih voda, kjer moremo akumulacijo neposredno povezati s sedanjimi vodnimi tokovi.

d) Pri obravnavanih fosilnih nanosih praviloma ne gre za akumulacijo v obliki samostojnih plasti, temveč za močno reducirane ostanke, ki so porazgubljeni v kraški preperelini, čeprav so ponekod, zlasti v krajših zajedah, ohranjeni v večji množini in tudi čisti sestavi.

e) Količine ohranjenega proda na splošno pojemajo od obrobja proti notranjim delom krasa pa tudi od nižjih leg proti višjim. V tej smeri na splošno pojema tudi debelina prodnikov.

f) Značilna je provinienca fosilne akumulacije, ki se najtesneje povezuje z neposrednim kraškim sosedstvom.

g) Ob upoštevanju petrografskih razlik se patiniranost proda z višino oziroma starostjo površja ne stopnjuje prepričljivo, temveč so večje razlike med primorskim in notranjim krasom, kar opozarja na pomen klimatskega faktorja. Podobno velja za dobro zaobljenost fosilnega proda — lahko govorimo o klimatogeni zaobljenosti.

h) Obravnava kraškega reliefa in njegove morfogeneze v luči fosilne akumulacije odpira oziroma obnavlja več morfogenetskih vprašanj kraškega in sosednjega reliefa pa tudi vrsto vprašanj terminološke in klasifikacijske narave.

LITERATURA

- G a m s, I., 1974: Kras, zgodovinski, naravoslovni in geografski oris, Slov. matica, Ljubljana.
- H a b i č, P., 1968: Kraški svet med Idrijo in Vipavo, SAZU, Dela 11, Ljubljana.
- R a d i n j a, D., 1972: Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja, Geografski zbornik 13, Ljubljana.
- Š i f r e r, M., 1967: Kvartarni razvoj doline Rašice in Dobrega polja, Geogr. zbornik 10, Ljubljana.

¹ Zaradi omejenega prostora je navedena le najznačilnejša literatura.

THE KARST IN THE LIGHT OF FOSSILIZED FLUVIAL DEPOSITION

Summary

The article paper considers primarily the research on karst morphogenetic evolution that is methodologically derived from the analysis of the fossil fluvial deposits which had been preserved on the karst surface until the present day. This deposits are widely spread in the Kras region of Slovenia (NW Yugoslavia) from which the term Karst is derived) although only in scattered remnants. The deposits generally do not form separate layers but rather the remainings found in the surface karstic detritus. In some places however, and in particular within corrosion depressions, they exist also intact and in larger quantities, consisting exclusively of silica material, mainly even as flints.

The continuity of deposition processes in successive stages was analysed from remnants found on higher and more extensive planation surfaces (where the deposits came from unknown destinations), from those found on intermediate lower planation levels where the origin of the deposits from a wider surrounding are is mainly ascertainable and from remnants found closer to active valleys (where the fossil remnants can be directly linked to the still existing water courses).

The amounts of the preserved gravel as a rule decrease from locations on the periphery to those in the inner part of the Kras area but also from lower to higher relations. This decrease is also noted in the same succession, with the regard to the size of particular gravel stones. The amount of their weathering (patination) however, does not differ—considering of course the petrographic variations—between the height and the age of location levels. There are, however, greater differences between closer to the littoral and those in the inland parts of the Kras area, which indicate the significance of the climatic factor. Also, the roundness of the gravel stones is related to climatic condition, and — together with other characteristics — is an indicator of the age the deposition (Pliocene to Holocene) and, thus, of the karst surfaces.

The remnants of the silica gravels and sands related to the paleogeographical evolution and to fluvio-karst phenomena. This is confirmed also for this karst area in Slovenia.

This article (on karst surfaces and on its morphogenesis in the light of the fossil fluvial deposition) is opening and renewing several morphogenetical questions concerning the landforms in the Kras area and in the surrounding areas as well as some other related to terminology and classification procedure.

TRANSPORT REČNIH SEDIMENTOV SKOZI KRAŠKO
PODZEMLJE NA PRIMERU ŠKOCJANSKIH JAM

UNDERGROUND FLUVIAL SEDIMENTS TRANSPORT AS AN
EXAMPLE FROM ŠKOCJANSKE JAME (KRAS, SLOVENIA)

ANDREJ KRANJC

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address

mag. ANDREJ KRANJC, viš. raziskovalni sodelavec
Inštitut za raziskovanje krasa, ZRC SAZU
Titov trg 2
66230 Postojna
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.312.3.051:551.442(497.12—14)
551.442(497.12—14):551.312.3.051

**Kranjc Andrej: Transport rečnih sedimentov
skozi kraško podzemlje na primeru Škocjanskih jam**

Na podlagi objavljenih podatkov in na podlagi lastnih opazovanj skuša avtor predstaviti pomen transporta trdnih delcev skozi Škocjanske jame. Trdne delce prenaša Reka v obliki lebdečega tovora (3 500 m³ letno) in v obliki peska ter proda (20 000 m³ letno). Prispevek podaja podrobnejše značilnosti te plavine. Intenzivnost erozije, določene s pomočjo rečnega transporta, v porečju Reke, primerja z intenzivnostjo erozije na Pivki.

Abstract

UDC 551.312.3.051:551.442(497.12—14)
551.442(497.12—14):551.312.3.051

**Kranjc Andrej: Underground fluvial sediments
transport as an example from Škocjanske jame (Kras, Slovenia)**

According to published data as well as to personal observations the author tries to show the importance of solid transport through Škocjanske jame. This material is transported by Reka river as suspended load (3 500 m³ per year) and as bed load (20 000 m³ per year). Detailed characteristics of the transport material are added. The intensity of erosion in the Reka river basin is compared to that one in the basin of Pivka river.

TRANSPORT REČNIH SEDIMENTOV SKOZI KRAŠKO PODZEMLJE NA PRIMERU ŠKOCJANSKIH JAM

Rečni jamski sedimenti so sedimenti, ki jih je v kraškem podzemlju, kjer so lahko posebni sedimentacijski pogoji, odložila tekoča voda. Vodni tok prenaša trdni tovor na različne načine: del tovora kotali in vleče po dnu struge, del se ga premika skokoma (oboje skupaj predstavlja rinjeno plavino), del tovora pa v vodi lebdi (lebdeča plavina oziroma lebdeči tovor ali suspenz).

Vodni tok lahko tovor skozi jamo zgolj prenaša (transport brez odlaganja), lahko pa ga tudi odlaga, sedimentira (transport z odlaganjem). Transport brez odlaganja poteka pod pritiskom, ko nobeno zrno kamnine ne more obstati na mestu, transport z odlaganjem pa predstavlja ravnotežje med pretokom in tovorom.

Gradivo, ki predstavlja plavino v kraškem podzemlju, ima v glavnem naslednje vire:

- prod in pesek iz karbonatnih kamnin, v katerih je jama;
- netopni ostanek apnenca, v katerem je jama;
- netopni ostanek klastičnih kamnin nad podzemeljskim sistemom;
- erodirano gradivo s sosednjih klastičnih kamnin.

Zgornji del porečja Reke, do Cerkvenikovega mlina, ki je 7,4 km pred ponorom v Škocjanske jame, obsega 331 km². Od tega je 60 % površja na vododržnih kamninah, 28 % na prepustnih (karbonatnih) kamninah in 12 % na nevezanih sedimentih. Povprečna nadmorska višina tako določenega dela porečja Reke je 572 m, povprečni naklon površja pa 14° (Rojšek 1983).

Absolutni mesečni in letni odtok močno kolebata. Srednji pretok Reke je 8,95 m³ s⁻¹, najmanjši 0,16 m³, največji pa 387 m³. Nalivi povzročajo nenadne in silovite poplavne valove, ki se posebno močno odražajo v Škocjanskih jamah in v podzemlju dalje navzdol ob Reki. Voda lahko naraste za okoli 80 m v Škocjanskih jamah, za 100 m v Kačni jami ter za 93 m v Labodnici (ZVSS 1978; Rojšek 1983; Mihevc 1983; Boegan 1938).

Od Bistriške kotline do Škocjanskih jam — ta del je predvsem pomemben za transport gradiva skozi Škocjanske jame — meri Reka dobrih 30 km in ima 2,9 ‰ padca. Podzemeljski del toka ima okoli 7 ‰ padca, več v začetnem delu (16 ‰ med Škocjanskimi jamami in Labodnico), manj pa proti izlivu v morje (od Labodnice do morja le še 1,5 ‰).

Škocjanske jame merijo vsega skupaj dobrih 5 km, od tega je 2,7 km podzemeljske struge Reke (Šerko & Michler 1952). Tako je realni, ne povprečni, padec Reke v Škocjanskih jamah, med Mahorčičevo jamo in Martelovim jezerom, kar 35 ‰ (D. R. 1984). Seveda naklon struge v podrobnostih ni enakomeren, ampak se izmenjujejo strmejši odseki (slapovi in brzice) s položnejšimi ali celo ravnimi odseki.

Struga podzemeljske Reke (često je to vsa »jama«) je široka 3—15 m. Njeno dno je pretežno izdolbeno v živi skali, le manjši odseki so prekriti z rečnimi nanosi. V glavnem so grobozrnati sedimenti odloženi v sami strugi ali tik nje, v zatišnih krajih in više nad strugo pa se pojavljajo vedno bolj drobnozrnati sedimenti. Kjer je dovolj velik rov in primerno oblikovan, dobimo na enem prerezu ves spekter sedimentov.

Tak primer je ustje Czoernigove jame. V zatišni kot pod ustjem odlaga Reka najrazličnejše plavje ter zelo grob prod in balvane. Slabo zaobljeni apnenčevi balvani merijo do 30—40 cm v dolžino, vmesni prodniki iz flišnega peščenjaka pa do 15 cm. Podoben, le malo manj grob sediment sega v ustje Czoernigove jame, kakih 5 m nad gladino nizke vode. Ta prehaja navzgor v drobnejši prod in preko peska v peščeno-ilovnati sediment, ki prekriva samo dno Czoernigove jame.

Voda Reke nosi obe vrsti plavja — lebdeči tovor (suspenz) in rinjeni tovor (pretežno prod). Nekaj lebdečega tovara nosi Reka tudi ob najnižjem vodnem stanju, čeprav je ta količina malenkostna v primerjavi s količino ob visoki, močno kalni vodi. Razmerje med najmanjšimi in največjimi količinami lebdečega tovara je okoli 1 : 1350.

Vsakodnevna opazovanja tekom slabih treh let (1909—1911) kažejo, da je bila največja količina lebdečega tovara v izvirih Timava 1 930 g suspenza na 1 m³ vode, pred ponorom v Škocjanske jame pa okoli 2 000 g/m³. Sicer naj bi bila voda 70 % dni v letu »popolnoma čista«, povprečna količina lebdečega tovara pa je 22,8 g/m³ (Boegan 1938; Timeus 1912). Tudi sam sem občasno opazoval lebdeči tovor v Reki (31 opazovanj v letih 1980—1984) in še zdaleč nisem dobil tako visokih maksimalnih količin, največ 48 g/m³. Verjetno nisem

nikoli zajel vzorca v pravem trenutku, razlike pa so lahko tudi zaradi različnih metod tako vzorčevanja kot tudi merjenja. Pač pa sta kljub vsemu presenetljivo blizu povprečka — $22,8 \text{ g/m}^3$ iz let 1909—1911 in $17,3 \text{ g/m}^3$ po mojih opazovanjih (razlika znaša 24 %).

Pri svojih opazovanjih ne ločim posebej organskega in anorganskega lebdečega tovora, vendar moram pripomniti, da je ob nizkih vodah, ko je voda sicer že na videz močno onesnažena, delež organskega suspenza okoli 70 %. V primeru nizkih voda torej ne gre toliko za transport naravno zdrobljene kamnine, ampak predvsem za organske drobce, ki so v veliki meri rezultat človekovega onesnaževanja (Kranjc 1983).

Reka dobiva največ lebdečega tovora s flišnega dela porečja. Občasna opazovanja kažejo, da imajo pritoki s fliša povprečno trikrat večje količine lebdečega tovora na volumsko enoto vode, kot pa sama Reka. Glede na povprečni pretok lahko računamo, da prenaša Reka letno skozi Škocjanske jame okoli 6 000 t grobega lebdečega tovora (delci nad 0,001 mm), kar predstavlja, po podatkih ZVSS (1978), 12 % vsega hribinskega materiala, kar se ga letno sprostí v porečju Reke. Preračunano na ploskovno enoto je to okoli 30 t/km^2 letno s flišnega dela porečja.

Ob sedimentiranju bi dalo 6 000 t lebdečega tovora okoli $3 500 \text{ m}^3$ kompaktne »jamske ilovice« s specifično težo 1,7. Kot zanimivost naj dodam, da meri prvi, ravni del Tominčeve jame v sklopu Škocjanskih jam okoli $3 300 \text{ m}^2$ Ves ta prostor prekriva jamska ilovica. Če bi bila odložena povprečno 1 m na debelo, bi to predstavljalo približno enoletno količino lebdečega tovora Reke.

Lebdeči tovor, ki ga Reka danes odlaga, sodi v sediment, ki je po granulaciji melj in blato (Shepard 1954).

Na podoben način sem pred leti (Kranjc 1982) opazoval količino lebdečega tovora, ki ga odnaša Pivka skozi Postojnsko jamo. Ob srednji količini lebdečega tovora 16 g/m^3 bi bil povprečni letni pretok lebdečega tovora skozi Postojnsko jamo 3 058 t oziroma $11,4 \text{ t/km}^2$ na leto. Te količine so okoli dvakrat manjše od količin v Reki in lahko predpostavljamo za porečje Reke tudi temu primerno večjo erozijsko intenzivnost. Pač pa sem v potoku Lokva na Pivki, potok ponika v Jamo pri Predjami, dobil toliko večjo vrednost lebdečega tovora: 57 g/m^3 v povprečju in maksimum $969,5 \text{ g/m}^3$. Te vrednosti so že bolj podobne tistim iz Škocjanskih jam, kar je po eni strani tudi razumljivo, saj tako Reka kot tudi Lokva pripadata Jadranskemu povodju in imata veliko večji erozijski potencial, kot pa Pivka.

Vezni člen oziroma prehod med lebdečim tovorom in prodom predstavlja pesek. Tako imenovane »peščene sipine« iz podzemlja ob Reki sodijo po velikosti zrn v skupino od drobnega peska do drobnega proda. Drobní pesek je odložen predvsem v više ležečih rovih, ki jih današnja poplavna voda le zelo redko doseže. V nižjih rovih, vključno z Labodnico, pa je bolj grobozrnat peščen sediment.

To pomeni, da je pesek tudi glede odlaganja prehodni člen: drobní pesek Reka tako kot lebdeči tovor pretežno nosi s seboj proti morju, drobní prod pa sodi že med sedimente, ki jih Reka redno odlaga, s čimer pa seveda ni rečeno, da jih obenem ne prenaša dalje. Glede na to, da se ta tip sedimenta odlaga pri hitrosti vode okoli $0,01\text{--}0,1 \text{ m s}^{-1}$, je zgornja ugotovitev povsem

razumljiva. Drobní pesek in melj (hitrost toka pod $0,01 \text{ m s}^{-1}$) se lahko usedata le ob najnižjih vodah, ko je pretok minimalen, ali pa v zatišnih stranskih rovih, ki jih zalije poplavna voda, a skoznje ne teče. Ker pa nizka voda praktično ne nosi sedimentov, nam ostane predvsem druga varianta. Sortiranost peska v Škocjanskih jamah in v Kačni jami je slaba, kar kaže na »hudourniški« tip toka. Bolje sortirani rečni nanosi se pojavijo šele v Labodnici.

Reka prenaša tudi razmeroma veliko, vsaj za kraške reke, proda. V njeni površinski strugi je preko 90 % prodnikov iz flišnega peščenjaka, ostalo so kremenovi in karbonatni prodniki. S prestopom na apnenice se prične to razmerje hitro spreminjati: pod Škofljami je delež apnenčevih prodnikov 20 %, v Mahorčičevi jami 30 %, v Kačni jami pa že 60 %. Istočasno se v podzemlju vzdolž toka Reke tudi zmanjšuje velikost prodnikov. Največji dotok apnenčevega drobirja v strugo Reke je torej takoj za prestopom na apnenice, še posebej v soteski pod Škofljami in v začetnem delu Škocjanskih jam. Zaradi tega in pa zaradi povečanega strmca v podzemlju voda flišne prodnike še hitreje drobi in melje v pesek. To dokazuje tudi dejstvo, da postajajo prodniki vedno manjši, vendar se ob tem bistveno ne večja indeks zaobljenosti. Glede na splošni trend manjšanja prodnikov lahko računamo, da ta granulacijska skupina nekje med Kačno jamo in med Labodnico sploh izgine. Prod se odlaga, ko pade hitrost vode v Reki na $50\text{--}140 \text{ cm s}^{-1}$.

Če primerjamo podatke o fosilni akumulaciji na krasu, ki jih je navedel D. Radinja (1967), ob predpostavki, da je bila ob odložitvi ta akumulacija podobne sestave, kot današnji prod v Reki, s temi iz Reke, lahko domnevamo, da predstavljajo ohranjeni kremenovi (silikatni) prodniki od 5—10 % nekdanjega prodnega nanosa, vmesni pesek pa bi bil lahko tudi rezultat razpadanja flišnih prodnikov. 20—30 % nanosa, takšen je delež karbonatnih prodnikov v današnjemrodu, pa bi lahko odstranila korozija.

Pri preučevanju podzemlja ob Reki pa ne smemo upoštevati le njenega sedanjega transporta trdnih delcev in sedimentov, ki so ohranjeni v podzemlju, ampak vse sedimente, ves tovor, ki ga je Reka v teku razvoja prenesla skozi Škocjanske jame, to je ves reliefni primanjkljaj v neprepustnem delu njenega porečja, od tistega časa dalje, ko je prenehala teči po površju. Z vidika rečnega transporta je porečje kraške ponikalnice zaprto, z enim samim izhodom — skozi podzemlje.

Po podatkih Zveze vodnih skupnosti (ZVSS 1978, 6/12) se s 150 km^2 neprepustnega dela porečja Reke sprosti letno $59\,280 \text{ m}^3$ hribinskega materiala oziroma kamninskega drobirja. Preračunano na površino je to $359 \text{ m}^3/\text{km}^2$ letno. Od tega pride letno v strugo Reke okoli $24\,100 \text{ m}^3$ (41 %) oziroma okoli $160 \text{ m}^3/\text{km}^2$ letno. Ta količina predstavlja lebdeči in rinjeni tovor in obenem je to približna količina tovara, ki ga Reka letno prenese skozi Škocjanske jame.

Glede na prejšnje navedbe bi Reka prenašala letno slabih $4\,000 \text{ m}^3$ lebdečega tovara ter dobrih $20\,000 \text{ m}^3$ peska in proda, in to le z neprepustnega sveta. Če upoštevamo delež karbonatnih prodnikov v Škocjanskih jamah, približno 30 %, lahko rečemo, da prenaša v današnjem stanju Reka skozi Škocjanske jame letno vsega skupaj okoli $30\,000 \text{ m}^3$ gradiva, zdrobljene kamnine. Če si, zgolj za ilustracijo, predstavljamo, da bi taki pogoji trajali 10 000 let, kar v razvoju neke pokrajine ne pomeni veliko, bi v tem času Reka odnesla skozi

podzemlje 300 milijonov m³ gradiva — to pa je volumen okoli 350 m široke (pri vrhu), 170 m globoke in 10 km dolge doline. Ponavljam, da je to le primer za predstavo velikostnega reda dogajanj, nikakor pa to ni podatek. Če letni odtok trdnega gradiva razporedimo enakomerno po vsem neprepustnem delu porečja Reke, dobimo znižanje površja za 0,16 mm letno — tudi to zgolj za ilustracijo.

Vsekakor pa ti podatki nedvomno kažejo na močan vpliv erozije, mehanske erozije, ne kraške, to je erozije, o kateri v okviru geomorfologije krasa ne govorimo veliko. Brez dvoma je imela ta erozija tudi močan vpliv na razvoj Škocjanskih jam, saj voda skozi nje ni tekla le nekaj deset tisoč let, ampak vsaj nekaj sto tisoč let.

LITERATURA

- Boegan, E., 1938: Il Timavo. Pp. 1—251, Trieste.
- D. R., 1984: Večje Škocjanske jame. Delo, 28. 5. 1984, p. 14, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1982: Erozija v porečju Pivke. Geogr. vestnik, 54, 9—17, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1983: Recentni fluvialni sedimenti v Škocjanskih jamah. Mednar. simp. Zaščita krasa ob 160-letnici turist. razvoja Škocjanskih jam, 27—31, Sežana.
- Mihavec, A., 1983: Onesnaževanje Kačne jame. Mednar. simp. Zaščita krasa ob 160-letnici turist. razvoja Škocjanskih jam, 57—59, Sežana.
- Radinja, D., 1967: Vremenska dolina in Divaški kras. Geogr. zbornik, 10, 159—269, Ljubljana.
- Rojšek, D., 1983: Hidrogeografske značilnosti in degradacija porečja Notranjske Reke in Škocjanskih jam. Mednar. sim. Zaščita krasa ob 160-letnici turist. razvoja Škocjanskih jam, 52—56, Sežana.
- Shepard, F. P., 1954: Nomenclature based on sand-clay ratios. Jour. Sed. Petrology, 24, 151—158.
- Timeus, G., 1912: Indagini sulle torbide del Timavo (V: Ricerche sul Timavo inferiore). Pp. 23—29, Trieste.
- Zveza vodnih skupnosti Slovenije, 1978: Vodnogospodarske osnove Slovenije. Pp. 1—16/2, Ljubljana.

UNDERGROUND FLUVIAL SEDIMENTS TRANSPORT AS AN EXAMPLE FROM ŠKOCJANSKE JAME (KRAS, SLOVENIA)

Summary

Notranjska Reka river has a basin of about 300 km², 60 % of it on the impermeable rocks. Mean annual discharge is 8.95 m³s⁻¹, with minimum 0.16 m³ and maximum 387 m³.

The surface stream, between Ilirska Bistrica and the ponor into Škocjanske jame has 2.9 ‰ of gradient. Underground part of river bed is more steep, 7 ‰ in average, more in the first part (16 ‰ to the pothole Labodnica) and less in the second part (1.5 ‰ between Labodnica and Adriatic Sea). Real gradient in Škocjanske jame is even 35 ‰.

Reka transports through the karst underground both kinds of solid transport, suspended material and bed load. The mean quantity of suspended material in Škocjanske jame is 22.8 g/m³ of water, with maximum about 2 000 g/m³. One can say that Reka carries about 6 000 t of suspended material (above 0.001 mm) per year through Škocjanske jame, that is about 30 t/km² per year from the impermeable rocks. Suspended material presents about 12 ‰ of all the weathered material in the river basin of Reka.

This means that the river Reka has nearly twice as much of suspended material as Pivka river has. The last mentioned transports through Postojnska jama of about 3 000 t per year, that is about 11.4 t/km²/year and has 16 g of suspended material per m³ of water in average. But the erosion in near lying Lokva brook basin (belonging also to the Adriatic Sea catchment area) is similar to that of Reka: 57 g/m³ of suspended material, with observed maximum of 970 g/m³.

Reka transports relatively a lot of gravel too. On the impermeable rocks gravel consists of flysch sandstone pebbles (90 ‰) mostly the rest are silicious and carbonate ones. Downstream, on the limestones, the rate of carbonate pebbles increases: 20 ‰ in the beginning of the gorge, 30 ‰ in Mahorčičeva jama (first part of Škocjanske jame), and 60 ‰ in Kačna jama, few km downstream of Škocjanske jame.

From impermeable rocks it comes to the river bed of Reka about 24 000 m³ of material per year (160 m³/km² year). About 20 000 m³ of this material is in the form of gravel. If we add to this amount also the input of carbonate pebbles from the carbonate terrains, we can say that Reka transports annually about 30 000 m³ of weathered rocks through Škocjanske jame. Without doubt this transport plays an important role as mechanical erosion in underground Reka's channels.

Just for illustration — in 10 000 years this means 300 millions of m³, which is the volume of 350 m wide (on the top), 170 m deep, and 10 km long valley.

KOROZIJA PRI VERTIKALNEM PRENIKANJU VODE

(Z 2 SLIKAMA)

CORROSION DURING VERTICAL WATER PERCOLATION

(WITH 2 FIGURES)

JANJA KOGOVŠEK

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
mag. JANJA KOGOVSEK, višji razisk. sodel.
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
Titov trg 2
66230 Postojna
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.311.24.053(24)(497.12)

Kogovšek Janja: Korozija pri vertikalnem prenikanju vode.

Študij vertikalnega prenikanja vode je pokazal na višjo stopnjo korozije na Krašu (do $320 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) v primerjavi z Notranjskim krasom (do $260 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$). Vendar pa je intenzivnost korozije odvisna predvsem od količine padavin. Meritve korozijskega učinka vodnih valov curkov v Planinski jami kažejo na premosorazmerno odvisnost med masnim pretokom raztopljenih karbonatov in volumskim pretokom prenikle vode. Ustrezna prepustnost vodnikov omogoča tudi odnašanje drobnih trdnih delcev, tako da nastopa pri vertikalnem prenikanju dvojni doprinos k zakrasevanju.

Abstract

UDC 551.311.24.053(24)(497.12)

Kogovšek Janja: Corrosion during vertical water percolation.

The study of vertical water percolation showed higher rate of corrosion on classical Karst (up to $320 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$) compared to this one on Notranjski kras (up to $260 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$). But the corrosion intensivity depends mostly on precipitation quantity. The measures of water pulses corrosion effect in Planinska jama showed proportional dependence between mass discharge of dissolved carbonates and volume discharge of percolated water. Corresponding aquifers permeability renders possible the transport of thin particles, thus there is double effect of karstification during the vertical percolation.

UVOD

Osnovna značilnost krasa, zakrasevanje, je dinamično dogajanje, ki vključuje tudi učinkovanje vertikalno prenikajoče vode v danem karbonatnem masivu z značilno pretrostjo kamnine, razpokami in prelomi ter značilnim vegetacijskim pokrovom, pod vplivom klimatskih razmer s temperaturnimi in padavinskimi nihanjem. Rezultat medsebojnega učinkovanja vseh teh številnih faktorjev je korozijsko preoblikovanje krasa, ki se mu pogosto pridružuje še na korozijo vezana erozija. Glavno vlogo pri teh procesih ima nesporno voda. Količina in razporeditev padavin, ki sta značilna za posamezno klimatsko področje, vplivata na preskrbljenost krasa z vodo. Z vse večjo industrializacijo in vzporedno vse večjimi količinami odpadnih snovi tudi v zraku, pa bomo morali računati tudi z vse bolj onesnaženimi padavinami in njihovim dodatnim korozijskim učinkom. Prst in vegetacija sodelujeta pri produkciji in odmiranju organskih snovi in tako pri nastajanju CO_2 , kot končnem produktu razgradnje, ki skupaj z vodo uravnava korozijsko raztapljanje pri prenikanju vode skozi karbonatne kamnine.

KOROZIJA PRENIKAJOČE VODE

Padavinska voda lahko že na zelo kratki poti prenikanja raztopi znatne količine karbonatov. I. G a m s (1967) je izmeril v prenikli vodi v spodmolu Groblje pri Stari vasi, kjer prenika voda le skozi 1—2 m debel strop, celokupno trdoto do $196 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Mi smo v jami Vilenici že takoj za vhodom, ko jamski strop ne dosega niti 10 m, zabeležili karbonatno trdoto $245 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Ob koncu turističnega dela, ko debelina stropa dosega približno 130 m pa $275 \text{—mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Na vmesnih točkah smo večkrat zabeležili tudi nekoliko višje vrednosti. Te meritve, kot tudi meritve v drugih jamah jasno kažejo, da prihaja do pomembnega raztapljanja karbonatov verjetno že kar na meji med prstjo in matično kamnino, kjer zaradi medsebojnega učinkovanja nastaja plast drobnih delcev kamnine, ki omogoča večjo kontaktno reakcijsko površino. Pri ustreznih hidrodinamičnih pogojih pretakanja pa voda te delce delno lahko odnaša tudi s seboj, kar potrjuje suspenz v prenikli vodi. Nadaljnje raztapljanje ali izločanje na poti prenikanja pa je odvisno od pogojev, ki vladajo v karbonatnem masivu. Močna prelomljenost, razpokanost in pretrtost kamnine, ki omogočajo dobro prezračevnost karbonatnega masiva, sprožijo pri prenasičeni prenikajoči vodi izločanje. Obratno pa pretakanje po bolj ali manj zaprtem sistemu vodnikov onemogoča izločanje. Iz tega sledi, da količina raztopljenih karbonatov nikakor ni odvisna od debeline karbonatnega masiva, skozi katerega prenika, ampak predvsem od pogojev, ki pogojujejo produkcijo in raztapljanje CO_2 v vodi ter načina prenikanja. O različnih načinih prenikanja je že poročal M. B a k a l o w i c z (1979).

V podzemeljskih jamah, ki nam omogočajo opazovanje prenikajoče vode, srečamo drobna enakomerna kapljanja kot tudi manjše in izdatnejše curke, ki so lahko stalni ali pa se pojavljajo le občasno. V Planinski jami je pri manjših curkih znašalo razmerje med minimalnim in maksimalnim pretokom 1:100, pri večjih pa 1:1000 (P. H a b i č & J. K o g o v š e k, 1980). Gostoto curkov in njihovo izdatnost pogojuje poleg količine in razporeditve padavin ter vpliva vegetacije tudi zgradba jamskega stropa, ki pa se že na kratkih razdaljah lahko zelo razlikuje.

Meritve karbonatne, kalcijeve in magnezijeve trdote v različnih jamah našega krasa so pokazale precejšnje razlike na opazovanih področjih, čeprav

Tabela 1

Jama	Karbonatna trdota ($\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$)	
	minimalna	maksimalna
Planinska jama	100	260
Postojnska jama — Pisani rov	86	180
Predjama	150	245
Škocjanske jame	90	315
Vilenica	140	330
Divaška jama	100	320
Dimnice	80	285
Pivka jama	115	260

že v posamezni podzemeljski jami srečamo celo paletu trdot prenikle vode, ki izvirajo predvsem iz različnega načina prenikanja in sezonskega nihanja trdot. Pri kapljanjih in curkih, ki jim karbonatna trdota preko leta sezonsko niha, smo zabeležili najvišje vrednosti septembra, oktobra in novembra, ko se končuje obdobje rasti in prično izdatne jesenske padavine po daljšem sušnem obdobju intenzivno spirati jamski strop. Redna letna vzorčevanja, ponekod pa tudi le občasna, so podala maksimalne in minimalne karbonatne trdote, oz. stopnje korozije, ki so dane v določenih jamah in so razvidne iz tabele 1.

Opazno višje trdote prenikle vode v jamah na Krasu govore za višjo stopnjo korozije. Vendar pa nižje letne padavine na teh območjih rezultirajo v manjši zalogi vode v zaledju curkov, tako da se stalno ohranjajo le drobna kapljanja, izdatnejši curki pa niso stalni. Verjetno prav te ekstremne spremembe v zaledju curkov vplivajo na velika nihanja karbonatne trdote, oz. stopnjo korozije.

Za kolikor toliko točno sliko učinka korozije v določenem času bi potrebovali zvezno merjenje pretoka pa tudi trdot, ki so merilo odnešenih raztopljenih karbonatov, na izbranem reprezentativnem območju. Šele tako dobljene vrednosti bi nam omogočile izračun korozijskega učinka na posameznih področjih krasa, ki bi jih lahko primerjali.

Dogajanje pri vertikalnem prenikanju vode med letom bi lahko razstavili na obdobja velikih dogajanj, ko gre za skokovite spremembe tako pretoka kot trdot z znatnim korozijskim učinkom in obdobja zveznega dogajanja manjših sprememb in enakomernega, manjšega korozijskega učinka. Podrobno spremljanje takih značilnih dogajanj nam da dragocene podatke o korozijskem dogajanju.

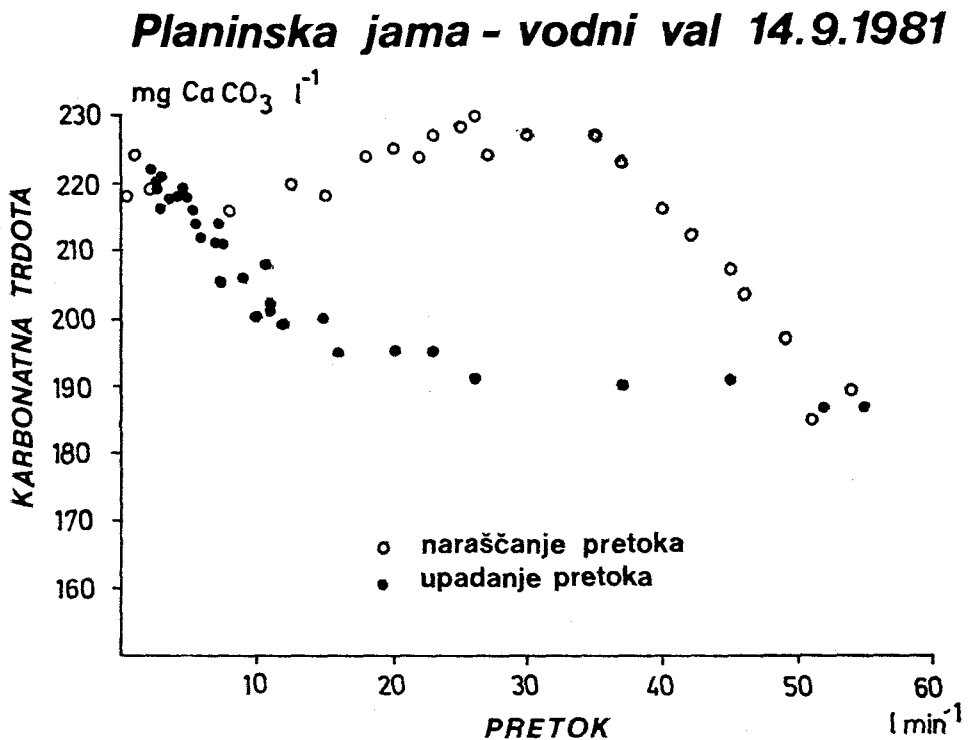
Opazovanje takih, tako imenovanih vodnih valov, reakcij curka v jami na znane padavine na površju, smo izvedli v Planinski jami. Zvezne meritve pretoka ter pogostne meritve karbonatne, kalcijeve in magnezijeve trdote so nam omogočile izračun učinka korozije v takem elementarnem dogodku. Hkrati pa so nam redne meritve suspendiranega materiala, ki ga je tudi nosila prenikajoča voda, podale še informacijo o odnašanju trdnih delcev pri vertikalnem prenikanju.

Voda ima torej aktivno vlogo pri kemijskem raztapljanju karbonatov, hkrati pa služi kot transporter raztopljenih karbonatov, kot tudi drobnega suspendiranega materiala, ki je bil v našem primeru kar v 80 % karbonaten. Koncentracija suspenza v prenikli vodi je v vodnem valu naraščala z naraščujočim pretokom, ko je imela voda največjo moč. Podobno prinašanje suspenza smo opazili tudi v drugih jamah. Do tega transporta prihaja predvsem pri curkih z ustrezno prepustnostjo dovodnih vodnikov, ki pogojujejo dovolj velike pretoke z ustrezno transportno močjo vode. Drobna razpoka, ki jo voda z raztapljanjem postopoma širi, kasneje lahko postane prepustna tudi za majhne trdne delce. Tako bi lahko rekli, da pri vertikalnem prenikanju korozija utira pot transportu trdnih delcev, ki poleg korozije dodatno prispeva k zakrsevanju.

KOROZIJA VODNIH VALOV V PLANINSKI JAMI

Vodni val curka 1 v Planinski jami 19. 5. 1978, ki ga je sprožilo 45 mm padavin je dosegel maksimalni pretok 80 l min^{-1} . Karbonatna trdota je sočasno z naraščujočim pretokom upadala do $145 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ in po upadanju pretoka zopet narasla na $195 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Koncentracija suspendiranih delcev, ki jih je voda nosila s seboj, je dosegla vrednost 255 mg l^{-1} , nato pa je upadala. V osrednjem delu vodnega vala, ki obsega 17 ur, je preteklo skozi omenjeni curek 41 m^3 vode, ki je nosila 6,8 kg raztopljenih karbonatov (kot CaCO_3) in 5,9 kg suspendiranega materiala. Pri tem curku sta bila v vodnem valu korozija in transport trdnih delcev približno enakovredna (J. Kogovšek, P. Habič, 1981).

V poletnem obdobju, ko je malo padavin in je evapotranspiracija znatna, so zaloge vode v zaledju curkov minimalne. V tem obdobju padavine na površju pogosto ostajajo brez reakcije pretokov v jami. Ker pa se zaledje curkov le nekoliko polni, lahko prve nekoliko izdatnejše padavine sprožijo vodni val v jami. Tak vodni val smo spremljali pri curkih 1 in 6. Dne 20. 8. 1981 je 21 mm padavin nad jamo pri curku 1 povečalo pretok na $1,5 \text{ l min}^{-1}$, pri curku 6 pa na



Sl. 1. Odvisnost karbonatne trdote od pretoka ob naraščanju in upadanju pretoka v vodnem valu

Fig. 1. Dependence of carbonate hardness of discharge during the discharge increase and decrease in water pulse

4,5 l min⁻¹. Skozi curek 1 je priteklo le nekaj sto litrov prenikle vode, skozi curek 6 pa približno 1000 litrov. Karbonatna trdota je s pretokom celo nekoliko porasla in ni prišlo do upada, kot v izdatnejših vodnih valovih spomladi in jeseni. Izgleda, da so padavine v zaledju curka povečale hidrostatični pritisk le toliko, da je potisnil staro zastajajočo vodo iz zaledja curkov.

Sledilo je 47 mm padavin 1. 9. 1981, na katere je curek ponovno reagiral in dosegel maksimalni pretok 30 l min⁻¹, ki pa nam ga žal ni uspelo vzorčevati. Skozi curek je preteklo 3,8 m³ vode. 17 mm padavin 10. 9. 1981 je imelo le šibko reakcijo pretoka; 39 mm dežja, ki je padel 13. in 14. 9. 1981 pa je sprožil izrazitejši vodni val z maksimalnim pretokom 55 l min⁻¹. Karbonatna trdota je z vrednosti 220 mg CaCO₃ l⁻¹ upadla do 185 mg CaCO₃ l⁻¹, nato pa z upadajočim pretokom zopet dosegla izhodno vrednost. Sorazmerno visoka vrednost najnižje dosežene karbonatne trdote v primerjavi z drugimi vodnimi vali (143 mg CaCO₃ l⁻¹), govori za mešanje nove in zastajajoče vode v zaledju curka, oz., da nova voda še ni izpodrinila vse stare vode, ki se je zadrževala v jamskem stropu od spomladanskega dežja in so se ji pridružile le še manjše količine vode poletnih neviht. V jamo je priteklo 12 m³ vode, ki je s seboj prinesla 2,3 kg raztopljenih karbonatov. Iz slike 1 so razvidne višje vrednosti karbonatne trdote ob naraščanju pretoka v primerjavi ob upadanju pretoka ob sicer enakih pretokih. Tako dvojno obnašanje, ki smo ga opazili tudi v drugih valovih bo potrebno še podrobneje razjasniti.

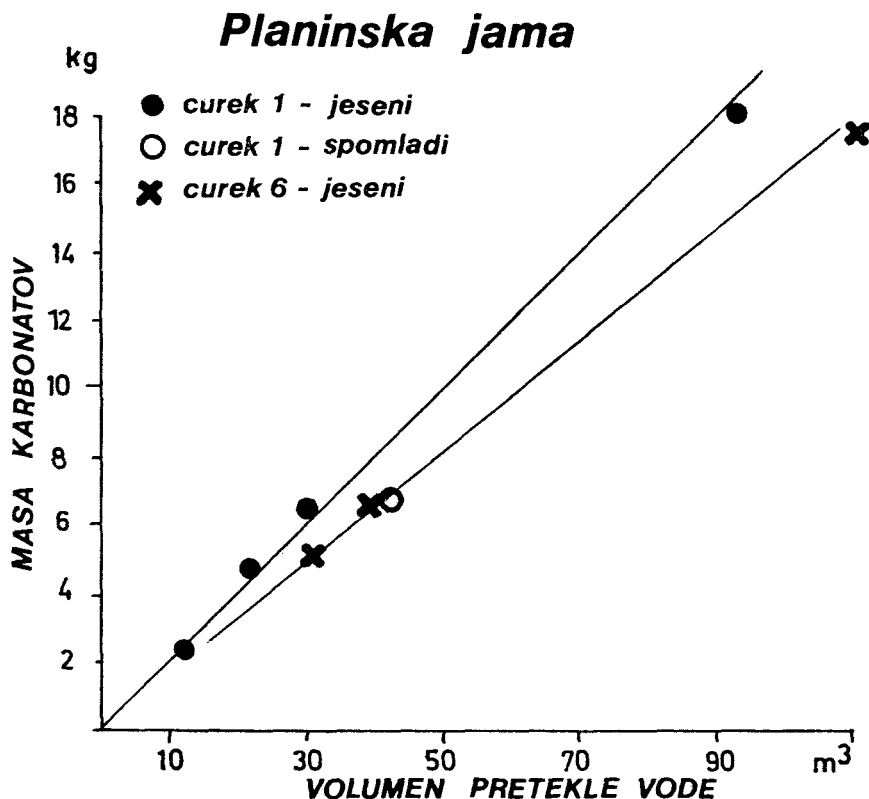
Bistveno drugačna slika pa nastopa ob prvem izdatnem jesenskem deževju. Karbonatna trdota dosega v tem obdobju maksimalne vrednosti. Izdatne padavine (150 mm) z začetkom 8. 10. 1980, so sprožile pri curku 1 močno povečanje pretoka (do 100 l min⁻¹) in upad karbonatne trdote od 230 na 143 mg CaCO₃ l⁻¹. Dvoje manjših padavin je po dveh dneh sprožilo še dva manjša vodna valova, (J. Kogovšek, 1982). Rezultati meritev in izračunane vrednosti količine prenikle vode in korozijsko odnešenih karbonatov v vodnih valovih pri curkih 1 in 6, so razvidni iz tabele 2 in slike 2.

Tabela 2

Vodni val	curek	padavine mm	maks. pretok l min ⁻¹	količina pren. vode m ³	količina raztopljenih karbonatov kg
19. 5. 1978	1	45	80	42	6,8
20. 8. 1981	1	21,5	1,5	400	
20. 8. 1981	6	21,5	4,5	1	
14. 9. 1981	1	39	55	12	2,3
8. 10. 1980	1	150	100	90	18
8. 10. 1980	6	150	110	110	17,5
11. 10. 1980	1	23	50	22	4,8
11. 10. 1980	6	23	75	39	6,6
12. 10. 1980	1	29	60	30	6,4
12. 10. 1980	6	29	90	31	5,1

Kot je razvidno iz slike 2, je učinek korozije dokaj premosorazmeren količini vode. Odstopanje smo zabeležili pri curku 1, ko smo pri vodnem valu spomladi, ko nastopajo najnižje trdote med letom, izračunali nekoliko manjši korozijski učinek. Karbonatna trdota v vodnih valovih tudi pri pretokih 100 l min^{-1} in več ni upadla pod $140 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Tako nosi v celoletni bilanci korozije curkov levji delež prav korozija in spremljajoča erozija v času vodnih valov.

Linearno odvisnost med volumskim pretokom vode in masnim pretokom raztopljenih karbonatov so za izvire in reke ugotavljali že številni raziskovalci; za Veliki Obrh in Logaščico je to odvisnost podal I. G a m s (1980). P. H a b i č (1968) pa ugotavlja, da je za množino raztopljene kamnine zelo pomembna množina vode, medtem ko so trdote voda drugotnega pomena. Pri kraški cirkulaciji raztopi padavinska voda velik delež karbonatov že na kratki poti prenikanja. Pri zbiranju take vode v večje tokove, je njena nadaljnja korozijska sposobnost, če ne pride do kakšne bistvene spremembe pogojev, majhna. Do



Sl. 2. Odvisnost mase korozijsko odnešenih karbonatov od volumna pretekle vode v opazovanih vodnih valovih

Fig. 2. Mass dependence of corrosionally transported carbonates on the volume of percolated water in observed water pulses

večjih sprememb prihaja ob izdatnejših padavinah, ko padavinska voda razredčuje kraško vodo in povečuje korozijski potencial. Podobno pa lahko vplivajo tudi nekraški pritoki z nizkimi trdotami.

SKLEPI

Različne klimatske in vegetacijske razmere ob danih značilnostih kamninske zgradbe karbonatnega masiva, skozi katerega prenika voda, vplivajo na različno stopnjo korozije na posameznih območjih. Karbonatna trdota na Krasu dosega vrednost do $330 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, na Notranjskem krasu pa do $260 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Letna nihanja razmer na površju (padavine, temperatura, vegetacija) pogosto vplivajo na sezonsko nihanje trdot med letom. Vendar pa na potek korozije odločilno vpliva način prenikanja vode.

Pri vertikalnem prenikanju obsega letno dogajanje obdobja velikih sprememb ob izdatnih padavinah z znatnimi korozijskimi učinki in obdobja enakomernega dogajanja, ko gre za opazno manjši prispevek h koroziji. Tako ob jesenskem deževju raztopi prenikajoča voda curka 1 v Planinski jami v dveh dneh tudi do 18 kg karbonatov, v poletnem sušnem obdobju ob minimalnih pretokih pa le 120 g.

Celeletna količina karbonatov, ki jih raztopi prenikajoča voda tega curka znaša od 230 do 430 kg. Ta količina je sorazmerna letni količini prenikle vode. Tudi spremljanje vodnih valov je pokazalo linearno odvisnost med korozijsko odnešenimi karbonati in preteklo preniklo vodo, tako da lahko posplošimo, da je korozijski učinek pri vertikalnem prenikanju odvisen predvsem od količine vode.

LITERATURA

- Bakalowicz, M., 1979: Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et la carstification. Thèse, 1—296.
- Gams, I., 1967: Faktorji in dinamika korozije na karbonatnih kamninah slovenskega dinarskega in alpskega krasa. Geografski vestnik 38, 11—68, Ljubljana.
- Gams, I., 1980: Poglavitni dejavniki kemične erozije na krasu po svetu. Geografski vestnik 52, 3—15, Ljubljana.
- Habič, P., 1968: Kraški svet med Idrijo in Vipavo. 1—243, Ljubljana.
- Habič, P., Kogovšek, J., 1980: Vertikalno prenikanje vode v krasu na primerih Planinske in Postojnske jame. Zbornik referatov 6. jug. simp. o HIG, knjiga 1, 199—207, Portorož.
- Kogovšek, J., 1982: Vertikalno prenikanje v Planinski jami v obdobju 1980/81. Acta carsologica X, 107—125, Ljubljana.
- Kogovšek, J., Habič, P., 1981: Preučevanje vertikalnega prenikanja vode na primerih Planinske in Postojnske jame. Acta carsologica IX, 129—148, Ljubljana.

CORROSION DURING VERTICAL WATER PERCOLATION

Summary

Between Classical Karst on Notranjsko Karst the hardness measurements in general indicate different corrosion degree. Carbonate hardness on Classical Karst reaches $330 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, while on Notranjsko at the most $260 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. The seasonal oscillations of percolated water are conditioned by precipitation and temperature oscillations and the vegetation growth during the year. However the course of corrosion is greatly influenced by the manner of water percolation as we meet in short distances in the same cave a whole palette of different hardnesses. Observation of water pulses in Planinska jama indicated that the annual going on includes the periods of big changes during the abundant precipitations with considerable corrosion effects and the periods of constant happening when the corrosion contribution is noticeably smaller. During the water pulses the quantity of corrosionally transported carbonates is straight proportionate to percolated water and thus we can generalize that the corrosion effect during the vertical water percolation mostly depends on the quantity of water.

DUBINSKI KRŠ BELOPALANAČKE KOTLINE
THE PHREATIC KARST OF THE BELA PALANKA BASIN

JOVAN B. PETROVIĆ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985
Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985

Naslov — Address
dr. JOVAN B. PETROVIĆ, univ. prof.
Institut za geografiju PMF Novi Sad
Ul. V. Vlahovića 1.
21000 Novi Sad
Jugoslavija

Izvlaček

UDK 551.444(497.11-11)

Petrović Jovan B.: Globoki kras Belopalanške kotline

V dnu Belopalanške kotline, ki ga v nasprotju z apneniškim obodom grade neogeni jezerski sedimenti, je več kraških izvirov. Največji je Krupačko vrelo, kjer izvira voda iz ca. 20 m globokega jezera, potapljači pa so ugotovili nadaljevanje v jamskem rovu, ki se spusti 58 m pod nivo reke Nišave, ki predstavlja krajevno erozijsko bazo. Rovi so izdelani globoko pod neogenom in so nastali še pred ojezeritvijo.

Abstract

UDC 551.444(497.11-11)

Petrović Jovan B.: The phreatic karst of the Bela Palanka basin.

Several karst springs emerge from the bottom of the Belopalanka basin, which is built of neogene lacustrine sediments, in opposite to the limestone borders of the basin. The largest among the springs is Krupačko vrelo, water appearing from a 20 m deep lake. The divers established a siphon passage, explored up to 58 m below the local erosion base (Nišava river). The cave system is formed deep below the neogene and origins before the lake phase.

DUBINSKI KRŠ BELOPALANAČKE KOTLINE

Belopalanačka kotlina se nalazi u srednjem Ponišavju, u Istočnoj Srbiji. Kotlinu, sa dnom na visini od 260—270 m, okružuju Suva planina (Trem, 1.808 m) sa juga i jugozapada i Svrljiške planine (Zeleni vrh 1.334 m) sa severa i severoistoka. Od uzvodne Đurđevopoljske kotline odvojena je suteskom sv. Oca a od nizvodne Niške Sićevačkom klisurom. Dno kotline izgrađeno je od neogenih, jezerskih sedimenata dok su okolne planine sastavljene od krečnjaka. Ovakav geološki sastav uslovio je i pojavu jakih kraških vrela. Na južnom obodu kotline, u supodini Suve planine, gravitaciono ističe Belopalanačko vrelo dok na severnom obodu, u supodini Svrljiških planina, uzlazno izbija Krupačko vrelo. Ovo vrelo je, pod imenom Modro oko, bilo predmet posebnog interesovanja J. Cvijića još krajem prošlog veka jer predstavlja retku pojavu u kršu Istočne Srbije.

GEOLOŠKI SASTAV I TEKTONSKI ODNOSI

Belopalanačka kotlina je spuštена duž nišavskih raseda istovremeno kada su najintenzivnije ubirane i izdizane okolne planine, odnosno, krajem oligocena i početkom miocena. Glavni rasedi su označeni pojavom termalno-kraških izvora duž severnog i južnog oboda kotline.

Belopalanačka kotlina je tokom neogena bila ujezerena pa su na njenom dnu nataloženi relativno debeli sedimenti. U centralnom delu kotline oni imaju debljinu i do 160 m a predstavljeni su prvenstveno laporcima a zatim konglomeratima i peščarima. Uz obod kotline neogeni sedimenti se penju i do visine od 620 m i diskordantno naležu preko kretacejskih krečnjaka Suve i Svrlijskih planina. Sa kotlinskih strana neogeni, vodonepropustni sedimenti sprani su do visine korita Nišave samo u neposrednoj okolini Belopalanačkog i Krupačkog vrela.

Planine koje okružuju kotlinu imaju veoma jednostavnu geološku građu. Suva planina je u celosti izgrađena od kretacejskih krečnjaka a u njenom jezgru dominiraju permski crveni peščari i paleozojski škriljci. U građi Svrlijskih planina, izgrađenih takođe od kretacejskih krečnjaka, sa jezgrom od paleozojskih škriljaca, javlja se i jedna uska i ograničena zona flišnih tvorevina. Kretacejski fliš je taložen u neposrednom zaleđu Krupačkog vrela.

Debljina krečnjačkih naslaga na obodnim planinama kreće se i do više stotina metara, na Suvoj planini i preko 700 m. Krečnjačke stene čine podinu i jezerskim sedimentima dna kotline. Krečnjačke stene, slojevite, bankovite i masivne, jako su poremećene, ubrane i izlomljene a po sastavu su veoma čiste. Zbog toga su i skaršćene sve do vodonepropusne podine. Tako Suva i Svrlijske planine, na kojima su zastupljeni svi površinski i podzemni kraški oblici, predstavljaju oblasti bez površinskog oticanja. Njihove vode su podzemno orjentisane prema dolinama Nišave, Svrlijskog Timoka i Kutinske reke.

KRUPAČKO VRELO

Krupačko vrelo ili Modro oko izbija na severnom obodu Belopalanačke kotline a u supodini Svrlijskih planina. Iz vrelskog jezera voda ističe na visini od 260 m i posle toka od oko 250 m uliva se u reku Nišavu. Amfiteatralni basen vrelskog jezera sa tri strane okružen je liticama a samo je prema jugozapadu otvoren. U njegovom neposrednom zaleđu završava se viseća skaršćena dolina koja silazi sa glavnog venca Svrlijskih planina.

U poznatoj studiji »Izvori, tresave i vodopadi u Istočnoj Srbiji« J. Cvijić posebnu pažnju posvećuje Modrom oku, što dokazuje i izobatska karta u prilogu. On iznosi da i ovo vrelo, poput Žagubičkog, »izbija iz ujezerene vrtače koja je potopljena«. Vrelsko jezero je duboko oko 14 m a ovakva vrela po pravilu »imaju veliku izdašnost« (1, p. 54). Kasnija ispitivanja potvrdila su J. Cvijićeva zapažanja jer je na Krupačkom vrelu izmerena maksimalna izdašnost od 8 m³/s. U minimumu izdašnost Krupačkog vrela ne spada ispod 0,2 m³/s. To potvrđuje da ovo vrelo ima veoma prostranu sabirnu oblast. Kako u južnoj supodini Svrlijskih planina, tj. na severnom obodu belopalanačke kotline, nema više kraških izvora to znači da su vode koje padnu na glavni planinski venac upućene prema Krupačkom vrelu pa njegov hidrološki sliv zahvata površinu od 76—82 km² (2, p. 15).

BASEN MODROG OKA

Hidrološko-morfološki sistem Krupačkog vrela čine basen Modrog oka, potopljeni pećinski kanali i jezerska otoka. Razvoj ovog hidrološki jedinstve-

nog sistema različit je u morfološkom pogledu kako po načinu postanka tako i po vremenu stvaranja.

Basen Modrog oka ili jezera smešten je, kako ga opisuje J. Cvijić, pod vertikalnom liticom Ručistene, iza poslednjih kuća sela Krupca. Potopljeni deo basena je kružnog oblika sa prečnikom 20—25 m. Sa dna basena, koji ima izgled vrtače, počinju potopljeni kanali dovodnog sistema Krupačkog vrela.

Geološki sastav potopljenog i suvog dela basena Modrog oka, kao i neposrednog zaleđa, prilično je jednostavan. Sastoji se iz donje krednih krečnjaka urgonske, sprudne facije. Bušenjem je utvrđeno da se na većim dubinama, pored čistih javljaju i dolomitični krečnjaci, konglomeratično-brečasti i laporoviti. Tektonski su veoma oštećeni pa se pored pukotina javljaju i veće šupljine. Debljina ove serije, koja leži preko klastičnih sedimenata aptskog kata, iznosi 250 m. Na ove tvorevine a na stranama obluka vrela naležu pliocenokvartarne naslage koje se uz planinske padine penju do znatnih visina (3). Basen Krupačkog vrela je nastao na mestu gde glavni nišavski rased presecaju dva poprečna raseda. Rasedni skok oko vrela iznosi 20 m a njegovo postojanje potvrđuje i kraško-termalni izvor Banjica.

VRELSKA PEĆINA

Potopljeni pećinski kanali u sistemu Krupačkog vrela predstavljaju prirodni nastavak basena Modrog oka. Vrelska pećina počinje vertikalnom jamom, sa dna basena, na visini od 253 m. Širina ulaznog grotla, smeštenog ispod prirodnog mosta a pod severoistočnim odsekom basena, iznosi 3—4 m. Do prvog suženja, koje leži na visini od 240 m, ulazni kanal ima pravac Z-I a širina mu je ujednačena. Na završetku jame, posle manjeg suženja, javlja se dvorana širine oko 10 m i visine 7 m. Od ove dvorane pećinski kanal skreće na S-I i sve do drugog suženja, na dužini od 40 m, zadržava istu širinu. Manja bočna proširenja su obrazovana na mestima gde se na tavanici javljaju vertikalni kanali koji povećavaju visinu i do 10 m. Drugo sifonsko suženje leži na 23 m od kote ulaza, odnosno na visini od 230 m. Širina sifona nije veća od 1 m a posle nekoliko metara nastaje druga dvorana na čijoj se tavanici javljaju dva vertikalna kanala od 15 m i 10 m. Sve do apsolutne visine od 216 m, dokle je ronilačka ekipa vršila istraživanja, širina pećinskog kanala ostaje ista dok se visina stalno povećava i ni u jednom delu nije manja od 10 m.

Ispitani deo potopljenog kanala vrelske pećine tektonski je predisponiran jednim od nišavskih raseda, na šta ukazuje rasedni skok kao i pravac njegovog pružanja. Na poprečnim, manjim rasedima obrazovana su proširenja kao i vertikalni kanali. Od prvog suženja pa do kraja ispitnog dela, na dužini od 73 m, kanal ima kontinuelan nagib sa visinskom razlikom od 24 m. Visinska razlika između ulaznog grotla pećinskog kanala i krajnje ispitane tačke iznosi 37 m a od površine Modrog oka 47 m. Tako potopljeni deo pećinskog hodnika u dovodnom sistemu Krupačkog vrela, na ispitanoj dužini, ima izgled duboko položenog sifonskog, uzlaznog kanala koji se ne završava na 216 m apsolutne visine već se i dalje spušta i nastavlja.

DOLINA VRELSKE REKE

Otoka vrelskog jezera Modrog oka nema pravu dolinu jer je ona svedena na rečno korito plitko usečeno u aluvijalnoj ravni Nišave. Prirodni preliv otoke jezera je na visini od 260 m a njeno ušće u Nišavu na 256 m. Stalni tok vrelske reke ima dužinu od 260 m. Međutim, na korito Vrelske reke prirodno se nastavlja dolina Šupljajke. Gornji deo ove doline potpuno je skaršćen dok se u donjem javlja povremeni, bujični tok.

U morfološkom razvitku podzemnog i površinskog sistema Krupačkog vrela Vrelska reka i skaršćena dolina Šupljajke imaju poseban značaj. Naime bočnom erozijom toka Šupljajke i vertikalnim usecanjem otoke Modrog oka otvoren je izvorišni obluk, odnosno vrtačasti potopljeni basen Krupačkog vrela. Jugozapadni okvir ovog basena razoren je za 25—30 m, koliko iznosi visina južne krečnjačke grede koja zatvara i od kotline odvaja Modro oko. Dalje usecanje otoke jezera zaustavljeno je podizanjem veštačkog zagata, najpre za seoski mlin a zatim za vodovod Niša. Istina, usecanje je bilo skoro završeno jer je visinska razlika između istoka i ušća Vrelske reke svedena na najmanju meru i iznosi svega 2 m.

HIDROLOŠKE ODLIKE VRELA

Krupačko vrelo pripada grupi najizdašnijih kraških izvora u Istočnoj Srbiji. Iz jezera Modro oko ističe prava reka »koja raspolaže većom količinom vode no Mlava na isteku iz Žagubičkog jezera« (1, 34). Sporadična merenja izdašnosti vrela započeta su 1951. godine i dala su ove rezultate. Maksimalna izdašnost od oko 11 m³/s izmerena je u maju 1956. godine a minimalna od svega 150 l/s u septembru 1952. godine. To je bila izuzetno sušna godina, inače se srednja minimalna izdašnost kreće oko 280—320 l/s a srednja maksimalna oko 8 m³/s.

U režimu izdašnosti Krupačkog vrela izdvajaju se dva maksimalna i dva minimalna stanja. Glavni maksimum je u proleće, jače je naglašen i dugotrajniji a sporedni u jesen. Prolećni maksimum je rezultat dugog topljenja snega i značajnih padavina dok je jesenji posledica dugotrajnijih kiša. Glavni minimum je krajem leta i početkom jeseni a sporedni u drugoj polovini zime. Događa se da i maksimalna i minimalna stanja u izdašnosti budu zamenjena. Od posebnog je značaja da Krupačko vrelo ima najujednačeniju izdašnost od svih vrela u Istočnoj Srbiji. To je rezultat prostrane sabirne oblasti i velikih podzemnih akumulacija u razgranatom i potopljenom pećinskom sistemu.

UTVRĐENE DUBINSKE AKUMULACIJE

U cilju utvrđivanja veličine dubinskih akumulacija u sabirnom sistemu Krupačkog vrela, za potrebe vodovoda u Nišu, izvršeno je u vremenu od 22. IX do 10. X 1978. godine probno crpljenje jezera Modro oko. Eksperiment je obavljen sa dve podvodne muljne pumpe, svaka kapaciteta 300 l/s, i trajao je, sa manjim prekidima, ukupno 417 sati. Neposredno pre početka crpljenja iz jezera Modro oko isticalo je 355 l/s vode. Za trajanje eksperimenta na sabirnu oblast

Krupačkog vrela izlučilo se oko 20 mm taloga zbog čega se može smatrati da je dotok atmosferskih voda bio zanemarljiv.

Maksimalnim kapacitetom crpljenja obe pumpe od 725 l/s nivo vode u jezeru Modro oko spušten je za svega 9,5 m, odnosno, sa kote preliva 262,35 m na visinu od 252,85 m. Da bi se postiglo ovakvo spuštanje nivoa bilo je potrebno 74—92 sata neprekidnog rada pumpi sa punim kapacitetom. Nakon prestanka rada pumpi jezero se vraćalo na prvobitni nivo, na kotu 262,35 m, za svega 20 sati. Ovaj eksperiment je ponavljan više puta a dobijene su iste vrednosti.

Gornji eksperiment je pokazao da se u sabirnoj oblasti Krupačkog vrela nalaze veoma velike podzemne akumulacije vode. Najveći deo akumuliranih voda nalazi se ispod kote od 252 m, znači ispod korita susedne Nišave. Ostvarenim kapacitetom crpljenja, skoro dvostruko većim od trenutne prirodne izdašnosti, bili su ispražnjeni samo viši delovi pećinskog sistema iz kojeg se vodom snabdeva Krupačko vrelo. Brzo punjenje jezera Modro oko ukazuje da ni ovi sistemi nisu bili u potpunosti ispražnjeni. Najzad, najdublji delovi potopljenog pećinskog sistema ovim crpljenjem upošte nisu bili zahvaćeni. A oni upravo predstavljaju i najrazgranatiji sistem podzemnih prostorija.

ZAKLJUČAK

Dubinski krš hidrološki aktivnog sabirnog sistema Krupačkog vrela razvijen je u južnom, glavnom vencu Svrljiških planina. Kretacejski krečnjaci ovog krila antiklinale spuštaju se prema jugu duboko i tonu pod neogene jezerske sedimente Belopalanačke kotline. Najniže su ogolićene i oslobođene neogenih sedimenata u izvorišnom obluku Krupačkog vrela koje predstavlja i najniže položen kraški izvor u kotlini. Krupačko vrelo, međutim, svojom recentnom visinom isticanja ne označava i dubinu skaršćenosti krečnjačkih masa. Naprotiv, već samim basenom jezera Modro oko, iz kojeg ističe vrelo, ukazuje da je proces skaršćavanja zahvatio znatno dublje krečnjačke mase. Ovo tim pre što je dno basena za oko 20 m ispod korita susedne i glavne kotlinske reke Nišave. Istražnim bušenjima izvršenim oko samog vrela utvrđeno je da su krečnjačke mase skaršćene i do dubine od 150 m. Naime i na tim dubinama, a to znači ispod kompletne neogene serije, javljaju se kraške šupljine ispunjene vodom.

Da se radi o povezanom sistemu podzemnih kraških šupljina a ne o usamljenim kavernama potvrdila su i speleološka istraživanja. Ovim ispitivanjima utvrđeno je da se na basen jezera-vrela Modrog oka nastavlja veoma prostran pećinski hodnik koji kontinuelno tone prema unutrašnjosti krečnjačke mase. Ovaj pećinski hodnik, sa suženjima i proširenjima, vertikalnim i bočnim, sporrednim kanalima, spušta se ispod dna basena za još 47 m, do koje je dubine ispitan. Celom dužinom on leži, kao i donji deo basena, ispod korita reke Nišave, odnosno, donje erozije baze Belopalanačke kotline. Iz ovoga se zaključuje da i pećinske prostorije utvrđene na dubinama sve do 150 m pripadaju istom pećinskom sistemu.

Eksperimentalna crpljenja vode iz Modrog oka potvrdila su da se radi o velikom hidrološkom sistemu sa neprocenljivim rezervama akumulirane pod-

zemne vode. Ni posle višednevnih ispumpavanja nivo vode u Modrom oku nije nižen više od 9,5 m iako su pri tome pumpe izbacivale dvostruko više vode od trenutne prirodne izdašnosti vrela. Dalje, posle prestanka crpljenja nivo vode u jezeru vraćao se u prvobitno stanje za jednu petinu vremena potrebnog za dostizanje najniže kote. Sva obavljena ispitivanja nedvosmisleno su pokazala da je u sabirnom sistemu Krupačkog vrela razvijen veoma razgranat pećinski sistem dubokog krša čiji je najveći deo potopljen.

Starost potopljenog dela pećinskog sabirnog sistema Krupačkog vrela, koje predstavlja najniže položeni izvor u Belopalanačkoj kotlini, nikako se ne može pripisati savremenom podzemnom kraškom toku čije je isticanje ograničeno visinom preliva Modrog oka, odnosno, rečnim koritom Nišave kao donjom eruzionom bazom. Potopljeni deo pećinskog sistema morao je biti izgrađen pre taloženja jezerskih, neogenih sedimenata u Belopalanačkoj kotlini tim pre što oni pokrivaju krečnjačke padine Svrljiških planina sve do visine od 600 m, tj., do 350 m iznad kote isticanja Krupačkog vrela. Neogeni sedimenti su, prema tome, taloženi preko krečnjaka kada je u njima već bio izgrađen pećinski sistem.

Za trajanje neogenog jezera u Belopalanačkoj kotlini Krupačko vrelo je izbijalo kao sublakustrijski izvor, istina, na nešto većoj visini. U postjezerskoj fazi, sa usecanjem doline Nišave, oživeli su denudacioni procesi spiranja neogenih sedimenata i ologičavanja podinskih krečnjaka. Usecanjem toka Šupljajke razoren je jugozapadni okvir izvorišnog obluka Krupačkog vrela a potopljeni deo basena je otvoren do današnje kote isticanja Vreleske reke. Dalje spuštanje izvorišta Krupačkog vrela i razaranje potopljenog dela basena Modrog oka, kao i ponovno aktiviranje dublje položenih pećinskih kanala, ograničeno je malom visinskom razlikom između kote isticanja i korita Nišave. Zbog toga i najveći deo podzemnih kraških voda akumuliranih u dublje položenim delovima pećinskog sistema ostaje hidrološki neaktivan, umrtvljen.

DISKUSIJA

M. Zeremski:

Položaj Krupačkog vrela u Belopalanačkoj kotlini, znatno ispod uždužnog profila Nišave, sa ascedentnim isticanjem, čiju genezu referent pledira objasniti kao produžetak aktivnosti subjezerskih izvora iz perioda neogena ima osnove. Ovo stoga što su i danas poznati takvi izvori — vrulje koji izbijaju sa dna jezerskih i morskih basena (primeri Ohridsko jezero, Bokokotorski zaliv i dr.).

LITERATURA

- Cvijić, J.: Izvori, tresave i vodopadi u Istočnoj Srbiji, Glas SKAN, LI, raz. I, Beograd, 1896.
 Petrović, J.: Krš Istočne Srbije, Posebna izdanja SGD, knj. 40, Beograd, 1974.
 Dokumentacija preduzeća za vodovod »Naisus«, Niš.

THE PHREATIC KARST OF THE BELA PALANKA BASIN

Summary

The Bela Palanka basin is placed in the mid-course of the River Nišava, in the Eastern Serbia. The bottom of the basin is built of Neogene lacustrine sediments, while the surrounding mountains are completely built of Cretaceous limestone. The mountains are deeply karstified and without the surface streams and their underground waters emerge in the Bela Palanka basin as strong springs biggest among them, the Krupačko vrelo emerges out of the lacustrine depression at the foot of the Svrljig Mountains. The lake basin which is some 20 m deep is followed up by a cave channel explored in the length of 47 m. The final point of the explored flooded cave system lies about some 58 m under the riverbed of the River Nišava, acting as the lower erosion base. The cave channels are placed deeply under the Neogene sediments and for that reason it is concluded that they were formed before the Lacustrine Phase in the Bela Palanka basin.



DUBINSKI KRŠ ZAPADNOG OBODA BELJANICE

(SA 3 SLIKA)

THE PHREATIC KARST OF THE WESTERN BELJANICA BORDER

(WITH 3 FIGURES)

LJUPČE MILJKOVIĆ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
mag. LJUPČE MILJKOVIĆ
Institut za geografiju PMF Novi Sad
Ul. V. Vlahovića 1
21000 Novi Sad
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.44(497.11-11)

Miljković Ljupče: Globoki kras zahodnega oboda Beljanice

Zaradi zapletenih geoloških razmer, ki vključujejo luskasto narivanje tako kraških, kot nekraških kamnin, se je podzemni kras Beljanice razvil v dveh nivojih. V prvo cono se vključujejo tako predeli recentnih, kot fosilnih prevodnikov. Globina zakrasevanja in kraškega vodonosnika je vezana na neogene jezerske sedimente v podlagi. Na zahodni strani Krepoljinsko-krupajske kotline seže zakrasevanje do permske podlage krednih apnencev in tako vsaj 12 m pod nivo kotline.

Abstract

UDC 551.44(497.11-11)

Miljković Ljupče: The phreatic karst of the western Beljanica border

Due to the complicated geological conditions including overthrusting of karstic and nonkarstic rocks the underground Beljanica karst developed in two levels. The first zone includes recent and fossil karst conduits. The karst aquifer zone depth is controlled by the neogene lacustrine sediments in the basement. On the western side of the Krepoljin-Krupaj basin karstification attains the permian basement of the cretaceous limestones and so it lies at least 12 m below the basin bottom.

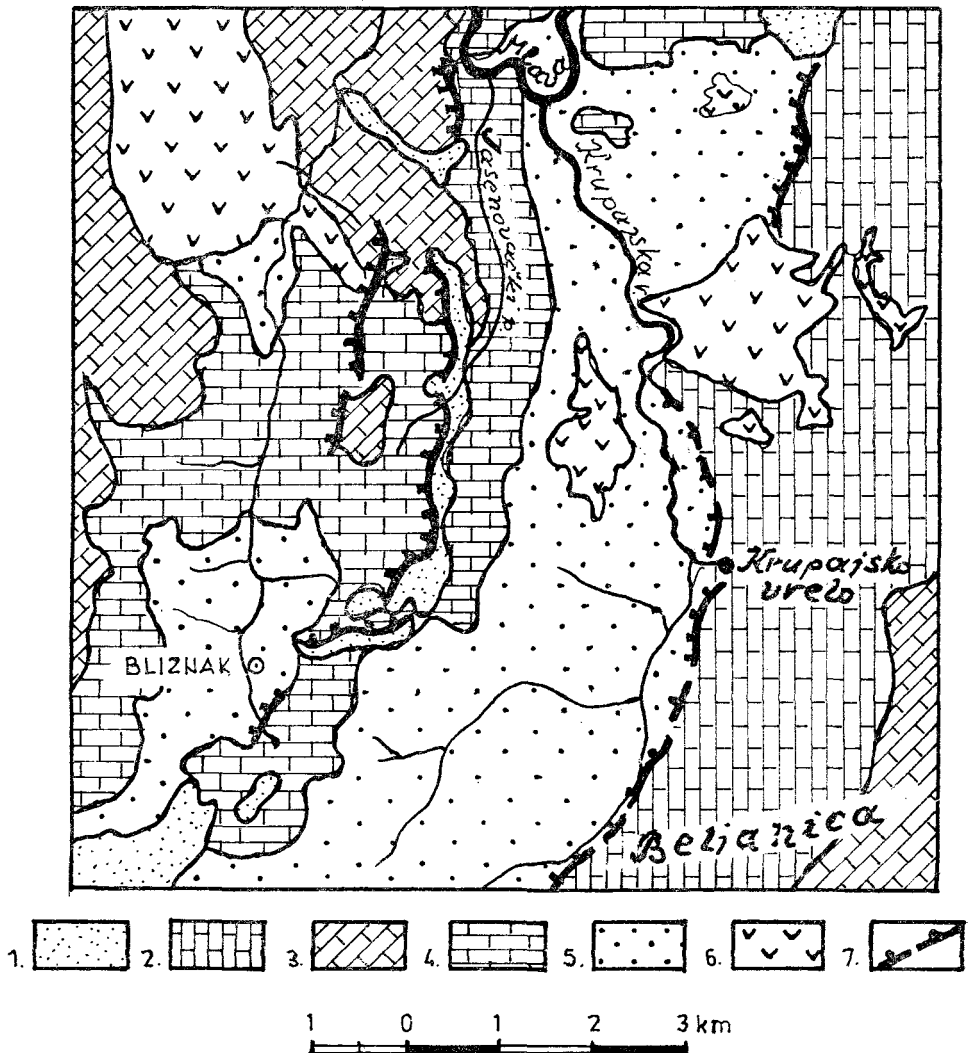
DUBINSKI KRŠ ZAPADNOG OBODA BELJANICE

Ispitivanje kraških terena Istočne Srbije započeto pred kraj prošlog veka, dalo je do sada značajne rezultate kako praktičnog karaktera (pitanje vodonabdevanja, turistička valorizacija podzemnih kraških oblika, jame i pećine kao skladišta i skloništa u slučaju rata, itd.), tako i naučnog. Mnoga pitanja koja su bila predmet teoretskih rasprava, predstavljala su korak napred u pravcu sagledavanja potpunije slike o čudima krša. Posebno su značajna ona, koja su pokrenuta u poslednjih nekoliko decenija, kao što su: postoji li ili ne postoji zagaćeni krš, postanak polja i uvala u plitkom kršu, neslaganje topografskog i hidrološkog razvođa i druga. U poslednje vreme otišlo se još dalje u tom pogledu, jer se problem porekla, raspodele i kretanja voda u kršu razrađuje sa novog aspekta (1).

Ovaj rad ima za cilj da, koristeći se nekim egzaktnim činjenicama, poslednji problem razmotri na primeru dubinskog krša zapadnog dela Beljanice.

GEOLOŠKI SASTAV I TEKTONSKI ODNOSI

Beljanica predstavlja jasno izraženo planinsko bilo smešteno između Resave na jugu, Mlave na severu i Krupajske reke na zapadu. Na istoku je pove-



Sl. 1. Geološka karta šire teritorije ugljonošne zone Jasenovac—Bliznak.

1 - donji miocen, 2 - kredni krečnjaci, 3 - krečnjaci jure, 4 - trijaski krečnjaci, 5 - permški peščari, 6 - dacito-andeziti Ridanjsko-krepoljske zone, 7 - čelo kraljušti.

Fig. 1. Geologic map of wider territory of coal-bearing zone Jasenovac—Bliznak.

1 - Lower Miocene, 2 - Cretaceous limestones, 3 - Jurassic limestones, 4 - Triassic limestones, 5 - Permian sandstones, 6 - dacite-andesite of Ridanj-Krepoljin zone, 7 - border of over-thrust

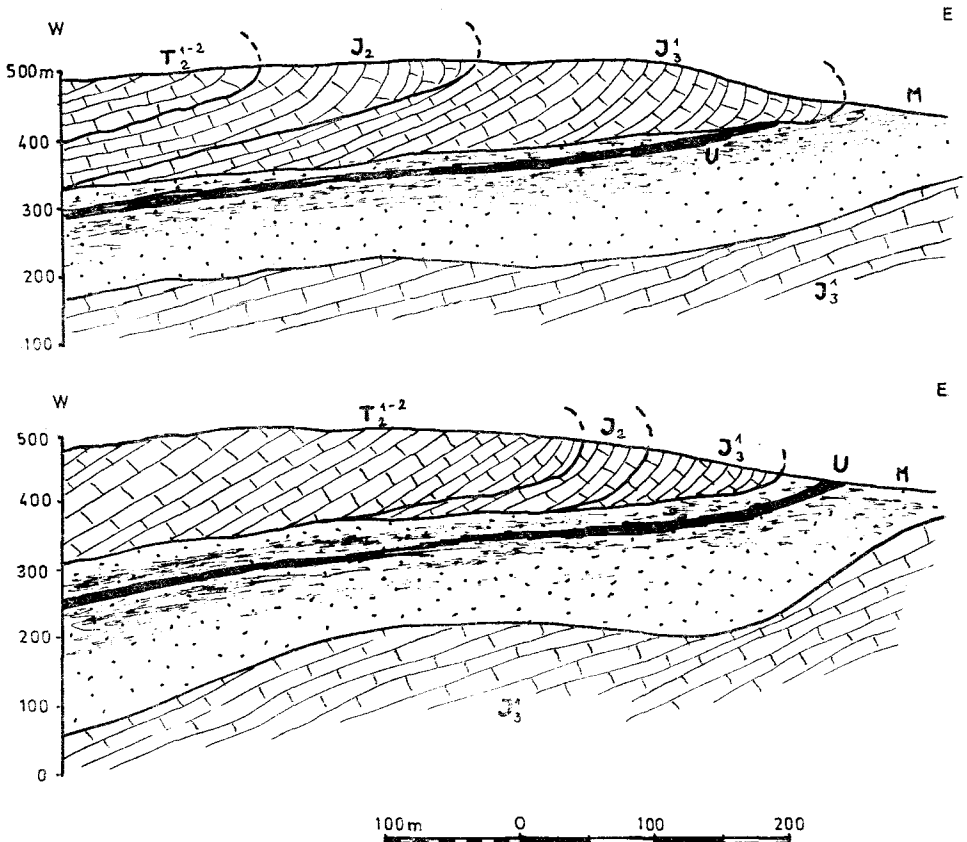
zana preko Lisca (1113 m) sa severoistočnim delom Kučaja, odnosno sa Crnim vrhom (1027 m) istočnije i granica je dosta nejasna. U geološkom pogledu istočna granica je označena užom zonom konglomerata i peščara gornje krede,

koja se proteže podnevačkim pravcem dolinom Suve reke (pritoka Crne reke), preko izvorišnih krakova Male Tisnice do Susule (777 m). Ova zona odvaja jurske i kretacejske Beljanice od andezitske mase i vulkanskih aglomerata i breča obodnog dela laramijskog plutonita Crnog vrha.

Osnovu geološke građe Beljanice čine kristalasti škriljci preko kojih naležu krečnjaci srednje i gornje jure, a preko ovih krečnjaci kredne starosti. Najstarije stene otkrivene su u najvišim delovima planine, gde čine dno uvala Rečke i Buscvata, kao i na istočnoj strani, u izvorišnim delovima Suvog Dola i uvali Žagubičke rečke. Slojevi mezozojskih tvorevina blago padaju prema severu i zapadu, prema Žagubičkoj, odnosno Krepoljinsko-krupajskoj kotlini. Krečnjačke slojeve zapadnog dela planine, probijaju na liniji Ciganske pištaljine — rečica Sige, dacito-andeziti. Preko krednih krečnjaka zapadnog oboda navučeni su crveni permski peščari. Od sedimenata kenozojske starosti zastupljene su formacije jezerskog neogena, koje srećemo u pomenutim kotlinama. Depresiju Žagubičke kotline ispunjavaju u osnovi sedimenti panona, preko kojih su nataloženi laporoviti krečnjaci, šljunkovi i peskovi pontiske starosti. Neogene tvorevine Krepoljinsko-krupajske kotline pripadaju donjem, srednjem i gornjem miocenu. Sedimenti koji odgovaraju donjem miocenu otkriveni su na malom prostoru, uglavnom duž kontakta beljaničkog autohtona i navlake crvenih peščara gornjačkog parahtona (na osnovnoj geološkoj karti »Žagubica« 1:100 000, označeni su kao gornjemioceni). Tercijarne naslage koje odgovaraju srednjem miocenu uočavaju se u vidu manjih partija na liniji Bliznak—Jasenovac, kao i u Brezničko-vranjskog basena. Prema geološkoj karti, gornjeg miocena ima jedino na području Đurinov vrha (450 m), odnosno na istočnom obodu kotline (4).

U dosadašnjim istraživanjima južnog dela Krepoljinsko-krupajske kotline i problematike vezane za njeno formiranje, nailazilo se često na poteškoće koje su posledica intenzivnih tektonskih zbivanja na ovom prostoru. Navlačenje crvenih permskih peščara gornjačke zone preko krednih krečnjaka zapadnog oboda Beljanice i neogenih sedimenata južnog dela kotline, dovelo je do stvaranja dosta komplikovanih stratigrafskih odnosa. Detaljnim ispitivanjem terena u široj zoni eksploatacije mrkog uglja rudnika »Jasenovac«, došlo se do novijih saznanja o starosti i odnosima između pojedinih geoloških formacija. Radi celovitijeg sagledavanja morfogeneze i pojava u krečnjačkim partijama povlatne i podinske serije neogenih sedimenata, ukratko će se izneti ovi rezultati.

Savremenim geofizičkim istraživanjima koje je vršio »Geozavod« — Beograd, utvrđeno je da se ovo područje odlikuje vrlo složenim strukturno-tektonskim odnosima. Starije formacije od produktivnog tercijara koje učestvuju u građi terena izdvojene su u dve strukturne jedinice: jednu koja izgrađuje obod i podlogu tercijaru (utohton) i drugu sinhronu, koja je navučena preko ugljonosne serije (alohton). U sastav podloge-autohtona, ulaze crveni permski peščari, prelazni beli permo-trijaski peščari, trijaski slojeviti i ploščati krečnjaci, kao i jurski ploščati i masivni krečnjaci i roznaci. U ugljonosnoj zoni površine oko 0,5 km², podlogu čine jurski krečnjaci, dok su južnije od nje (u okolini Bliznaka), crveni permski peščari u osnovi mezozojskog kompleksa. U sastav kraljušti-alohtona ulaze tvorevine trijasa predstavljene rumenkastim,



Sl. 2. Sintetički profil ugljonošne zone Bliznak—Jasenovac (5).

M - donji miocen, J_3^1 - gornja jura, J_2 - srednja jura, T_2^{1-2} - srednji trijas, U - uglj.

Fig. 2. Synthetic profile of coal-bearing zone Bliznak—Jasenovac (5).

M - Lower Miocene, J_3^1 - Upper Jurassic, J_2 - Middle Jurassic, T_2^{1-2} - Middle Triassic, U - coal

sivim i sivomrkim čvrstim i jedrim krečnjacima. U severnim delovima područja u sastav alohtona ulaze i tvorevine jure: sivi, ploščati i masivni krečnjaci, rožnaci i glinovito-laporoviti krečnjaci.

Ugljonošne formacije tercijara ugljonošne zone Jasenovac—Bliznak sačinjavaju jezerski sedimenti u čiji sastav ulaze: peskovi, gline, glinci, šljunkovi, ređe laporci, ugljeni slojevi. Ugljonošna serija u kojoj je razvijen jedan složeni ugljeni sloj, prema opštem sastavu, vrsti uglja, strukturno-tektonskim karakteristikama odgovara donjem miocenu, razvijenom u aluvijalno-proluvijalnim močvarnim i jezerskim facijama (5).

Debljina tercijarnih sedimenta uklještenih između starijih formacija kreće se do 200 m. Idući od istoka, gde isklinjava na čelu kraljušti, prema zapadu debljina se povećava, ali je dosta promenljiva zbog navedenih strukturno-ten-

tonskih odnosa. Debljina ugljenog sloja je takođe promenljiva u različitim delovima ležišta i javlja se kao primarna (posledica uslova koji su vladali u tresetnoj fazi) i sekundarna (uslovljena navlačenjem starijih tvorevina preko produktivnog miocena). Utvrđeno je da debljina ležišta varira od 3,20—24,30 m, raslojena jalovim proslojcima od ugljevitih glina i glina. Ukupna debljina navučenog kompleksa u području ležišta »Jasenovac« iznosi do 300 m. Ugao navlačenja kreće se od 10—30° i više ili manje odgovara padu ugljonosne serije. Širina zone kraljuštanja od čela ka zapadu, iznosi oko 800 m. Treba istaći da to nije definitivna granica.

Područje ugljonosne zone Jasenovac—Bliznak u celini pripada alohtonim, parahtonim i autohtonim delovima Gornjačko-suvoplaninske strukturne zone Istočne Srbije u kojoj Jasenovačka kraljušt predstavlja drugu po redu kraljušt, koja leži zapadnije od Senjske kraljušti. Njoj odgovara kraljušt dalje prema jugu u prostoru Bliznaka i još dalje Bigrenice (6). Senjskoj kraljušti odgovara veoma jasno izražena kraljušt, koja se može pratiti duž čitavog zapadnog oboda Beljanice, gde su preko kretacejskih navučeni permški crveni peščari.

MORFOGENEZA RELJEFA

Za formiranje jasnih granica planine Beljanice, od najvećeg značaja bili su mlavski (homoljski), resavski i ridanjsko-krepoljinski rased, kojima su pre-disponirane Strmostensko-lisinska, Žagubička (Homoljska) i Krepoljinsko-krupajska kotlina.*

Prvo ubiranje na ovoj teritoriji izvršeno je tokom karbona. Transgresijom u srednjoj juri je sedimentacija bankovitih i sprudnih krečnjaka, koja se nastavila i u gornjoj juri. Laramijskom fazom alpske orogeneze došlo je do značajnog ubiranja krednih krečnjaka, a potom do razlamanja i stvaranja predispozicija za izlivanje dacito-andezita. Ipak, najznačajnije promene su se dogodile za vreme savske faze, kada orogeni pokreti dostižu svoj maksimum. Tada je formirana depresija na zapadnoj strani Beljanice predodređena južnim delom ridanjsko-krepoljinskog raseda. U ovom basenu talože se tokom donjeg miocena jezerski sedimenti. Posle taloženja donjomiocenskih sedimenata došlo je do oživljavanja pomenutog raseda, pri čemu se vrši intenzivno kraljuštanje i navlačenje crvenih permških peščara i mezozojskih krečnjaka zapadnog krečnjačkog pojasa preko neogenih i mezozojskih tvorevina planine Beljanice (4, p. 60—61).

U razvoju reljefa pre taloženja sedimenata donjeg miocena važne su dve faze. Tokom starije faze (od senona do pirinejskog ubiranja) obrazovan je pod dosta povoljnim klimatskim i drugim uslovima, kraški reljef, koji je delimično ometan u razvoju orogenim pokretima (od paleocena do sredine oligocena). Mlađa faza traje znatno kraće, a otpočela je izbijanjem dacito-andezita (1, p. 47).

Na obuhvaćenom području zapaža se potpuno odsustvo krede i donje jure na jugozapandom obodu kotline, što navodi na zaključak da je u to vreme vla-

* Uvažavajući primedbe iz diskusije akademika dr Milana Heraka, koje su bile terminološke prirode, izvršena je delimična korekcija teksta u tom pravcu. Ujedno se zahvaljujem cenjenom profesoru M. Heraku na korisnim sugestijama.



Sl. 3 Poprečni presek u pravcu ugljonošna zona—zapadni obod Beljanice.

1 - donjomioceni sedimenti, 2 - kredni krečnjaci, 3 - jurski krečnjaci, 4 - trijaski krečnjaci, 5 - permski peščari.

Fig. 3. Cross-section in the direction coal-bearing zone—western Beljanica border.

1 - Lower Miocene sediments, 2 - Cretaceous limestones, 3 - Jurassic limestones, 4 - Triassic limestones, 5 - Permian sandstones

dala kontinentalna faza u kojoj su formirani oblici paleoreljefa. Kraški oblici nastali pre neogena većim delom su uništeni snažnim tektonskim pokretima i navlačenjem, a delimično konzervirani jezerskim sedimentima. Kraški reljef stvoren na jurskim krečnjacima ugljonošne zone predstavljen vrtačama, uvalama i skaršćenim dolinama, ispunjavaju jezerski sedimenti donjeg miocena. O razvijenom kraškom reljefu svedoči i podatak da se iscrpene eksploatacione površine rudnika »Jasenovac« iz Krepolja (»Elendra«, »Stari Jasenovac« i »Padina Mare«) bile vezane za krečnjačke depresije veličine većih vrtača, dok je sadašnji aktivni ugljenokop u ležištu »Centralno polje«, površine oko 0,5 km², takođe skoncentrisan u kraškoj depresiji, verovatno većoj uvali. Za vreme formiranja površinskih i podzemnih kraških oblika na ovoj teritoriji, nisko planinsko bilo Beljanice opkoljavaju vode donje i gornje krede u kojima se vrši intenzivna sedimentacija. Početkom paleocena i ove oblasti bivaju izložene eroziji i denudaciji, a kasnije i kraškom procesu. Period kontinentalne faze trajao je od paleocena do početka miocena (jer nedostaju sedimenti paleogena). U kraška udubljenja zapadnog oboda Beljanice, koja su manjih dimenzija od prethodnih, talože se sedimenti miocena. Posle transgresije u tortonu, došlo je do oživljavanja dislokacione linije Ridanj—Krepoljin—Senje i do, već pomenutog, navlačenja crvenih permskih peščara preko donjemiocenih sedimenta i krečnjaka Beljanice, pri čemu su kredni krečnjaci na zapadnom obodu ishereni prema kotlini pod uglom od 50—60°. Sedimentacija je potom nastavljena u gornjem miocenu, a u žagubičkoj depresiji i u pliocenu (3, p. 123).

D. Gavrilović (3), na ovom prostoru izdvaja dva eroziona nivoa: viši nivo na visini od 830 m i niži na 690 m. Prvi odgovara maksimalnom dometu neogenog jezera koji je bio za vreme tortona, dok je drugi, mlađi obrazovan tokom gornjem miocena. Prilikom stvaranja eroziona površi od 830 m, otkriven je

čitav sistem vertikalnih pukotina, duž kojih se nakon regresije kraškim procesom formiraju nizovi vrtača. S obzirom da je kraški proces bio uslovljen položajem kraške izdani orijentisanom prema nivou od 690 m, pojedine vrtače su svojim dnom dospjele do izdani, gde prestaju da se razvijaju u dubinu. Dalja evolucija odvijala im se isključivo u širinu, pri čemu je dolazilo do međusobnog srastanja. Delovanjem ivične korozije dolaze do izražaja kupasta kraška uzvišenja približno istih visina, vezana za navedene erozione nivoe, između kojih su kraške udoline. Ovakve oblike kraških terena zapadne i severne Beljanice, D. Gavrilović naziva kupastim karstom i njihov nastanak povezuje sa postojanjem parketne strukture tektonskih pukotina i povoljnim klimatskim prilikama karakterističnim za tropske predele. Usled usecanja nižeg i mlađeg nivoa od 690 m, uništeni su tragovi abrazije, a ostali su samo delovi fluvijalnog i kraškog reljefa, koji je obrazovan u zaleđu pribrežne akumulativne ravnice. U ovom periodu, što je veoma značajno, dolazi do intenzivnog kraškog procesa — u izvorišnim delovima dolina formiraju se kraške uvale, a po ivici akumulativne ravni kupasta krečnjačka uzvišenja (3, p. 117—125).

Ako se pođe od prethodnih konstatacija i mišljenja da temena krečnjačkih kupa čine jednu zaravan vrhova koja leži na visini od 830 m, a ova je formirana tokom tortona, proizilazi da su kraške depresije formirane posle ovog najvišeg nivoa neogenog jezera. Međutim, sve vrtače na zapadnom obodu Beljanice u kojima je pronađen dosta kvalitetan mrki ugalj i lignit, nalaze se na visinama iznad donjeg erozionog nivoa od 690 m, a ispod gornjeg visine 830 m. Pošto su ovi oblici krša fosilizovani, znači da su formirani u vreme donjeg miocena, a formirani u vreme paleogena, kao što je već ranije naglašeno.

Uporedno sa razvojem površinskih kraških oblika, razvijaju se i podzemni oblici predstavljeni čitavim sistemima pećinskih kanala. Neki od njih fosilizovani su posle navlačenja peščara preko krečnjaka (pećina u Ključu, odnosno prvom uklještanom meandru Mlave u Gornjačkoj klisuri), dok su drugi (Živkova pećina kod Krupaje, koja je ispod visine navlačenja) recentni.

HIDROLOŠKE KARAKTERISTIKE

Hidrološke pojave i problemi zapadnog oboda Beljanice i uglonosne zone Jasenovac, neposredna su posledica litološkog satava i složenih tektonskih odnosa.

Na relativno malom prostoru Jasenovca podzemne vode se javljaju u vidu zbijenog, karsnog i pukotinskog tipa izdani.

Zbijeni tip izdani izdvojen u okviru donjeg miocena, razvijen je u podinskom delu izgrađenom od peščara, šljunkova, peskova i valutaka krečnjaka u bazi ugljunosne serije.

Karsni tip izdani izdvojen je u okviru stenskih masa gornje i srednje jure i trijaskih uslojenih krečnjaka. Ovaj tip izdani izdvojen je u krovinskim naslagama ugljenog sloja, što predstavlja potencijalnu opasnost od prodora vode u jamske prostorije.

Pukotinski tip izdani izdvojen je u povlatnom delu izgrađenom od permskih peščara. Najveći broj izvora hrane upravo ove vode formirajući kraće vodene tokove.

U toku eksploatacije uglja na prostoru Jasenovac—Bliznak uvek se javljalo priticanje podzemnih voda u rudarske revire, međutim to priticanje bilo je u manjim količinama, tako da je iskopavanje teklo neometeno. U sadašnjim eksploatacionim jamama »Centralnog polja« priticanje podzemnih voda iznosilo je oko 30 l/sec. Ova količina varirala je u zavisnosti od godišnjeg doba odnosno bila je uslovljena količinom vode koja dopre u ugljonosnu zonu iz povlatnog dela. U maju 1984. godine, tačnije 22. 5. 1984. g. u 2 sata i 30 minuta došlo je do snažnog prodora vode u jami na koti 341 m, što je za oko 220 m ispod topografske površine. Količina vode se postepeno povećavala do 5 sati kada je dostigla maksimum od 10 m³/min. Za oko 2,5 sati voda se izdigla do kote 364 m, preteći da i dalje nastavi sa izdizanjem i potapanjem revira. Snažnim pumpama zaustavljen je daljni prodor vode. Rudnik je bio van eksploatacije više od dva meseca kada je priticanje vode stabilizovano na približno istu količinu izbijanja pre potapanja otkopnog revira, ali su velika materijalna sredstva zatrapana moćnim slojem gline. Pošto je evakuacija izvršena na vreme, ljudskih žrtava nije bilo. Inače, do prodora vode došlo je nepažnjom, naime kopanjem uglja probijen je sloj krečnjaka u povlatnom delu.

Šta se može izvući kao zaključak iz opisane pojave? Kao prvo, s obzirom da se radi o velikoj količini vode koja je izbila za kratko vreme (preko 1500 m³, očigledno da je u pitanju akumulacija, koja je bila zagaćena jezerskim sedimentima, i drugo, otpada mogućnost, da se radi samo o dubinskom hranjenju površinskim tokovima, jer nijedna rečica ne ponire u sabirnom području. Takođe je veoma mala sabirna površina, koja nije u stanju da na prostoru između Jasenovačkog potoka i Medveđičke reke, a pogotovu u ugljonosnoj zoni, permanentno hrani ovako veliku akumulaciju. Očigledno, radi se o nekoj vrsti »zarobljene« vode u kraškoj depresiji povlatnog dela miocenih sedimenata.

Zapadni obod Beljanice odlikuje se potpunim odsustvom površinskih tokova i izraženom bezvodicom i obiljem kraških voda koje izbijaju u supodini u vidu kraških vrela. Jedno od najsnažnijih vrela u kršu Istočne Srbije je i Krupajko vrelo, kod Krepoljina, opština Žagubica. Vrelo hrani podzemni kraški tok koji u maksimumu izbacuje preko 6 m³/sec. Najveća ispitana dubina iznosi oko 14 m, što je za oko 12 m ispod kotlinskog dna izgrađenog od permskih peščara. Dovodni kanal je sifonskog karaktera, a završava se pećinskim otvorima lociranim na različitim visinama, što je posledica snižavanja nivoa izbijanja i procesa skaršćavanja. Ovaj proces trenutno je dospao do visine od 230 m, na kojoj je glavni otvor, ali je već evidentno dalje spuštanje, jer je utvrđeno da voda iz vrela izbija i na nižoj koti, ali kroz manje otvore. Proces skaršćavanja vršiće se sve dok ne dospe do krečnjačke podine izgrađene od permskih crvenih peščara.

Južnije od Krupajskog vrela nalazi se otvor Živkove pećine visine 4 m i širine oko 2 m. Kao što je rečeno, otvor se nalazi ispod visine navlačenja permskih peščara. Iz pećine izbija povremeno manji rečni tok formiran u krečnjačkom podzemlju zapadnih obronaka Beljanice. Pećina je prohodna do oko 1000 m i delimično je dospela do krajnje faze formiranja (u izlaznom delu)

Izgradnja podzemnih kraških oblika zapadnog dela Beljanice započeta je u paleogenu, kada je formiran fosilizovan reljef, a nastavljena je u postjezerskoj fazi kad je ponovo aktiviran kraški proces.

ZAKLJUČAK

Poreklo, raspodela i kretanje voda u krečnjačkom podzemlju zapadnog oboda Beljanice, predstavlja veoma složenu pojavu uslovljenu stepenom razvijenosti krša i dubinom karstifikacije. Formiranje podzemnih kraških oblika vrši se u uslovima složenih tektonskih odnosa praćenih izdizanjem i spuštanjem pojedinih delova i dvostrukim navlačenjem, odnosno kraljuštanjem crvenih permskih pešćara preko krednih krečnjaka Beljanice i miocenijskih sedimenata ugljonosne Jasenovačko-bliznačke zone. Zbog toga se dubinska karstifikacija vrši u dva nivoa: u krečnjačkoj povlati neogena i krečnjačkim partijama zapadnog oboda Beljanice.

Kraški proces u prvoj zoni odvija se do autohtonih jezerskih sedimenata, dok u drugoj teži ka krečnjačkoj osnovi izgrađenoj od permskih pešćara. Oblici u prvoj zoni imaju recentni karakter, a mestimično i fosilni (pećinski kanali u kojima se akumulirana voda ne kreće). U neogenoj podlozi, pak, oblici su isključivo fosilni i predstavljaju tragove paleoreljefa. Ovdje se mogu izdvojiti dve kategorije: fosilizovani površinski oblici kraškog reljefa (vrtače i uvale ugljonosne zone ispunjene jezerskim sedimentima, kao i vrtače zapadnog oboda Beljanice) i fosilizovani podzemni kraški oblici (pećinski sistemi u krečnjačkoj podlozi ugljonosnih jezerskih sedimenata). Karstifikacija i nivo izbijanja podzemnih kraških voda u ovoj zoni uslovljeni su visinom zarobljenih, uklještenih jezerskih sedimenata. Na zapadnom obodu Beljanice karstifikacija je uslovljena složenim geološkim i strukturno-tektonskim odnosima, a ne visinom zagata u Krepoljinske-krupajskoj kotlini, težeći ka krečnjačkoj podlozi (Krupajsko vrelo spušta se svojim sifonskim kanalom za oko 12 m ispod kotlinskog dna izgrađenog od permskih pešćara koji najahuju na kretacejske krečnjake Beljanice).

LITERATURA

- (1) Petrović, B., 1984: Pojave i problemi dubinskog krša. Posebna izdanja PMF-a u Novom Sadu, Novi Sad.
- (2) Petrović, B., 1974: Krš Istočne Srbije, Posebna izdanja SGD, knj. 40, Beograd.
- (3) Gavrilović, D., 1970: Relikti kupastog krasa u Karpato-balkanskim planinama Jugoslavije, Geografski zbornik »Jovan Cvijić«, knj. 23, Beograd.
- (4) Brndušić, I., 1983: Analiza rezultata geofizičkih istraživanja ležišta uglja »Jasenovac« kod Krepoljina i mogućnost primene savremenih geofizičkih metoda, Diplomski rad u rukopisu odbranjen na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu.
- (5) Bokšić, P., 1976: Godišnji izveštaj o rezultatima istraživanja uglja u krepoljinskoj ugljonosnoj zoni za 1976. g., Dokumentacija rudnika »Jasenovac«.
- (6) Miljković, L. 1980: Krupajsko vrelo, Zbornik radova PMF, Novi Sad.
- (7) Tumač za snovnu geološku kartu SFRJ, List »Žagubica«, 1:100 000, Savezni geološki zavod, Beograd, 1970.
- (8) Topografska karta, list »Petrovac« 3 i 4, 1:50 000, Izdanje Vojnogeografskog instituta, Beograd, 1957.

THE PHREATIC KARST OF THE WESTERN BELJANICA BORDER

Summary

The origin, distribution and movement of waters in the limestone underground space of the western Beljanica border represent a vary complex phenomenon conditioned by the level of development of the karst and by the depth of karstification. Formation of the underground karst developed in the conditions of complex tectonic relations followed by the raising and lowering of some parts and double pleating of red Permian sands over the Cretaceous, i. e. Miocenic sediments. That is why the depth karstification resulted in two levels: in the limestone upper part, and in the limestone lower part of Neogenic, coal bearing sediments.

The karst process in the first zone occurred up to the autochthonous lacustrine sediments, while in the second gravitated towards the limestone base formed of Permian sands. The shapes in the upper zone represent the elements of karst neo-relief, while in the second the surface shapes fossilized by the Neogenic sediments, together with the developed cave systems, make the elements of the paleorelief. The karstification and the level of emerging of the karst waters in this zone are not conditioned by the height of the dam in the mountain encircled valley, but by the geological and tectonic predispositions (Krupajsko fountainhead with its dept of 14 m goes for about 12 m the basin's bottom built of Permian sands).

MORFOLOGIJA I GENEZA URUŠNIH VRTAČA

(SA 4 FOTOGRAFIJA I 2 CRTEŽA)

MORPHOLOGY AND GENESIS OF COLLAPSE DOLINES

(WITH 4 PHOTOS AND 2 FIGURES)

SREČKO BOŽIČEVIĆ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
dr. Srećko Božičević, geolog
Geološki zavod
Sachsava 2
41000 Zagreb
Jugoslavija

Sažetak

UDK 551.448(497.15—14)

Božičević Srećko: Morfologija i geneza urušnih vrtača.

Velike urušne vrtače (odnosno ponikve) na prijevoju između Duvanjskog polja i Buškog blata specifične su kako po svojoj dužini i dubini, tako i po određenim morfološkim karakteristikama. Njihov postanak vezan je uz izrazita rasjedanja u debelo uslojenim krednim vapnencima, te uz hidrogeološke procese poniranja voda na razini Duvanjskog polja i njihovog izbijanja na horizontu niže položenog Buškog blata.

Abstract

UDC 551.448(497.15—14)

Božičević Srećko: Morphology and genesis of collapse dolines.

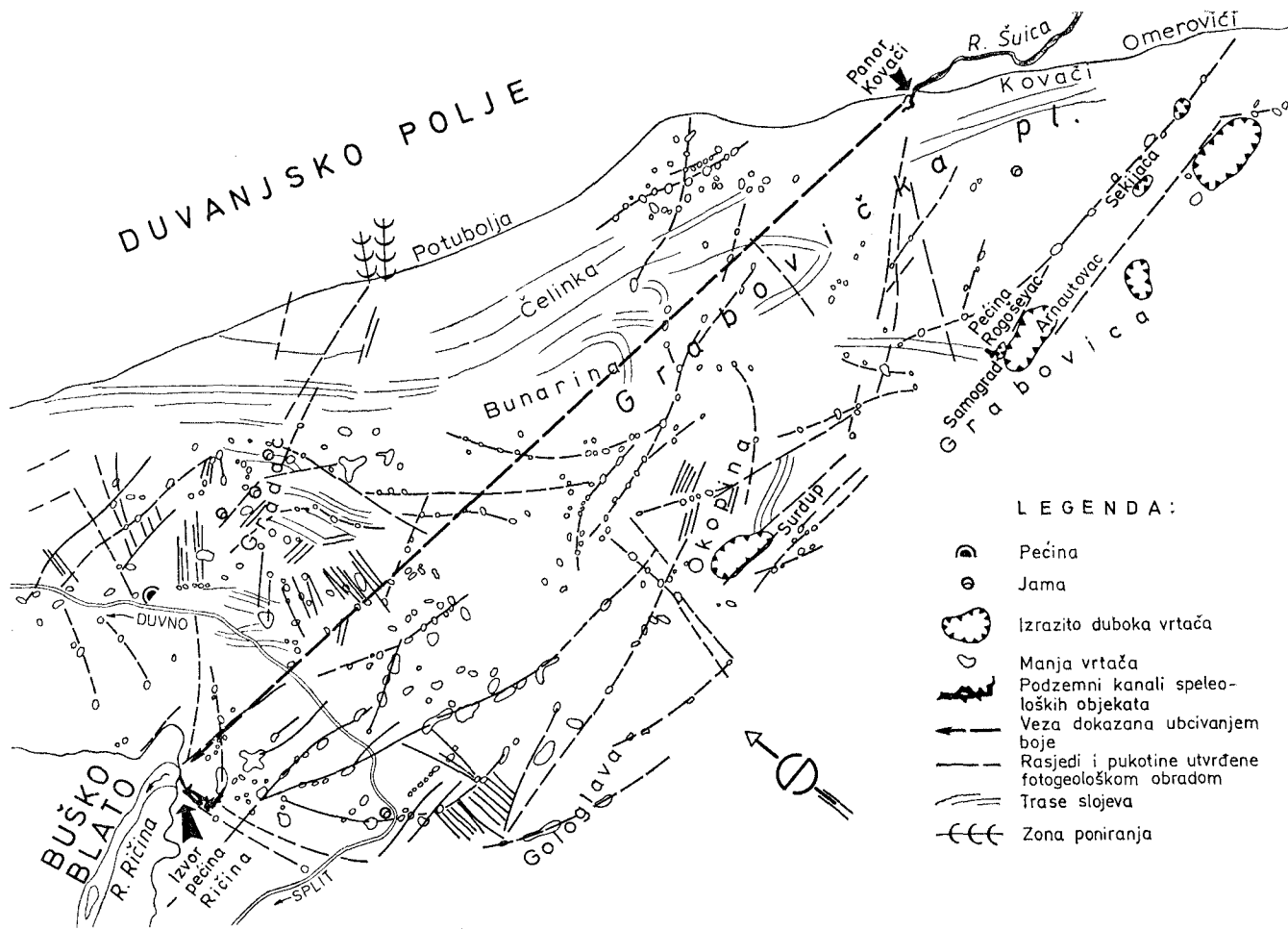
Big collapse dolines (dolines respectively) on the pass between Duvanjsko polje and Buško blato are specific, regarding their length and depth as well as special morphologic characteristics. Their origin is controlled by distinctive faulting of thick layered Cretaceous limestones and by hydrogeological processes of water sinking in the level of Duvanjsko polje and outflowing on the horizon of lower lying Buško blato.

UVOD

Duvanjsko polje spada među poznata polja u kršu jugozapadne Bosne. Polje je kao morfološka »stepenica« između — višeg Kupreškog polja i — nižeg — jugoistočnog dijela Livanjskog polja (nazivanog u tom dijelu Buško blato).

Površina Duvanjskog polja iznosi danas nešto preko 120 km², i smješteno je na nadmorskoj visini od 860 do 890 metara. Od desetak vodenih tokova koji povremeno protječu ovim poljem najjači je i najstalniji tok ponornice Šujice dug 48,5 kilometara. Završetak površinskog toka Šujice i nekih njenih pritoka je u golemom markantnom otvoru ponora spiljskog izgleda zvanog — ponor Kovači. Ponor je na sjeverozapadnoj strani polja na koti od oko 859 m. n. m. ispod uzvišenja prijevoja Grabovička planina. Bojanjem je utvrđeno, da vode koje nestaju u ponoru Kovači izbijaju na otvoru izvor-pećine Ričine na izdvojenom dijelu Buškog blata. Visinska razlika između ponora i izvora iznosi 147 m, dok je dužinska razdaljina između te dvije točke 5150 metara. (Crtež 1).

Prijevoj između Duvanjskog polja i Buškog blata ima smjer sjeverozapad — jugoistok i najuži je kod Prevale gdje mu nadmorska visina iznosi 980 metara. Na tom mjestu je najbliži razmak između točaka obadva polja i iznosi svega 1500 metara. U smjeru sjeverozapada teren se uzdiže vrlo ustrmljeno do 1700 metara visoke Tušnice, dok prema jugoistoku izgleda kao visoravan



s kotama približne visine od 1000 metara iznad mora iz kojih za svega 50 metara visine uzdižu pojedina manja uzvišenja. Vrh Gradac (vidi crtež 1.) kod Prevale visok je svega 1055 m, kota kod Bunarina ima visinu od 1040 m, uzvišenje kod Rogoševca 1050 m, dok vrhovi Kruškovac i Gradina poviše sela i ponora Kovači dosižu visinu od 1067 i 1062 m. To su ujedno najviše točke ove prijevodne barijere između dva polja. Prema zapadu i jugu visoravan prijevoja nije nigdje niža od 920 m.

MORFOLOGIJA PRIJEVOJA

Terenskim obilaskom proučavanog područja, te obradom topografske karte i aerofotosnimaka vrlo se brzo zapaža izuzetnost ovog prostora. Rub Duvanjskog polja od ponora Kovači do ispod Prevale ima gotovu pravu liniju rasjednog kontakta. Ostaci jezerskih terasa uz taj rub dokaz su tektonskih uzdizanja i promjena u ovom prostoru. Kod naselja Potubolja vidljiva je fosilna zona poniranja vezana na registrirane rasjede i pukotine smjera istok—zapad.

U predjelu vrha Gradac V. (kota 1056) javlja se oko 50 vrtača koje dolaze u nizu duž rasjeda i pukotina ili prate trase slojeva. Prevladavaju omanje i okrugle vrtače sa strmim stranama, te bunaraste ili kotlaste (vidi fot. 1.). Između njih su registrirane i tri jame od kojih je jama Gradac duboka preko 90 m (fot. 2.).

Drugo geomorfološki izdvojeno područje je prostor zvan Bunarina i Okopina sa nizom omanjih vrtača nanizanih na registrirane rasjede od Čelinke iznad ruba polja do središnjeg dijela platoa. Ovdje je registrirano također preko 50 vrtača manjeg promjera i dubine. Značajniji speleološki objekti ovdje za sada nisu registrirani.

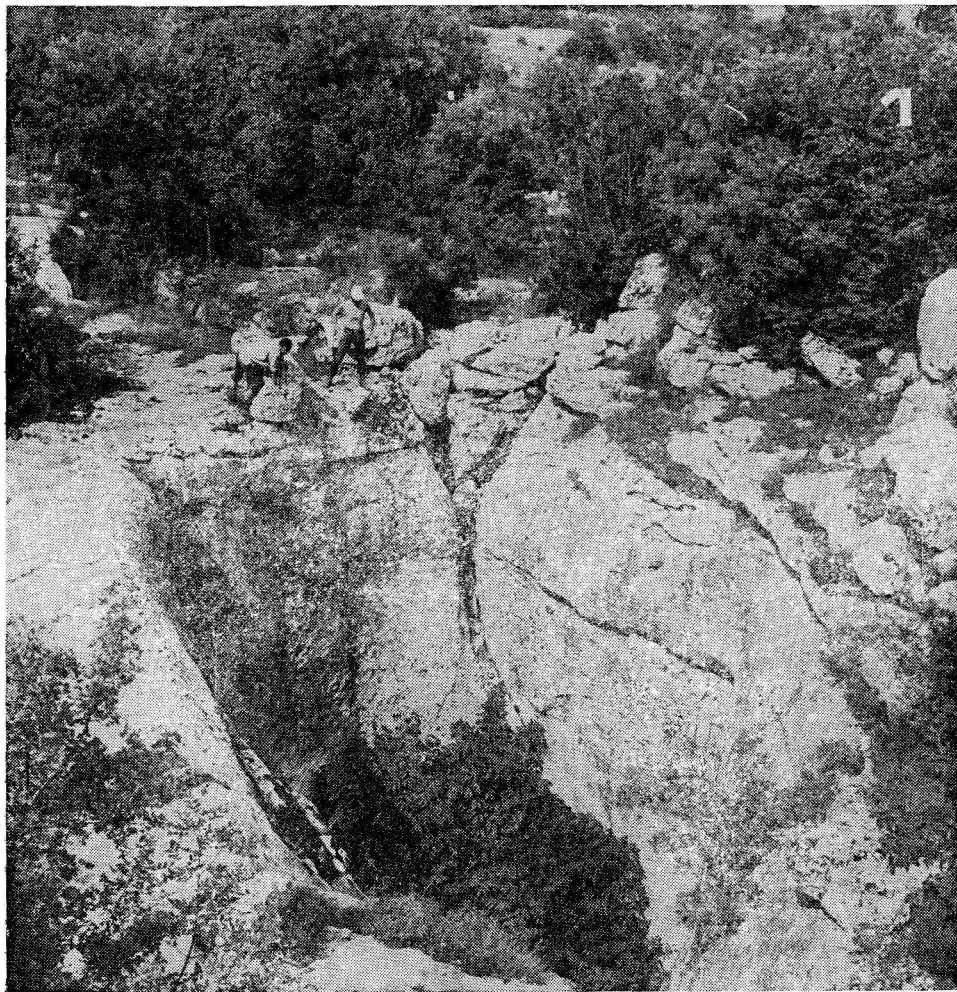
Treća geomorfološki najizrazitija grupa vrtača dolazi na potezu od kote Kruškovac, odnosno od sela Kovači i Omerovići u smjeru zapada. Ovdje se uz vrtače omanjeg oblika i dubine pojavljuje niz vrtača veličine i dužine preko 300 m (područje Grabovica—Surdup). Pojava ovih vrtača vezana je također uz rasjede i pukotine utvrđene fotogeološkom obradom. Glavni smjer protezanja im je istok—zapad. Dvije najmarkantnije morfološke pojave ovog prostora su svakako vrtača Surdup te vrtača Arnautovac sa »satelitskom« ili sekundarnom vrtačom Samograd, koja se na svom dnu nastavlja u spiljsku šupljinu pećine Rogoševac.

Vrtača Surdup ovalna je oblika dužine 300 m, te širine 150 m u središnjem delu. Sjeverni i južni rub tvore okomite stijene visine od 50 do 90 m. S istočne i zapadne strane moguć je silaz niz blago nagnute padine u najnižem dio vrtače. Prema dostupnim mjerenjima dno ove vrtače je na koti od oko 890 m, što je za sada oko 40 m iznad razine otvora ponora Kovači. Pokušaj spuštanja provlačenjem između urušenih blokova u najnižem dijelu vrtače nije bio izvediv uz miniranje nekih dijelova stijena i blokova, te odnašanja razmrvenog materijala iz postojećih suženja (fot. 3.).

Vrtača Arnautovac svojom dužinom od 400 m te širinom od 150 do 200 m izrazita je morfološka pojava na ovom području. Najdublji dio vrtače je u njezinom istočnom dijelu. Osim toga upozoreni smo da se u njezinom sjeverozapadnom rubu nalazi vertikalno — bunaru slično ogromno udubljenje

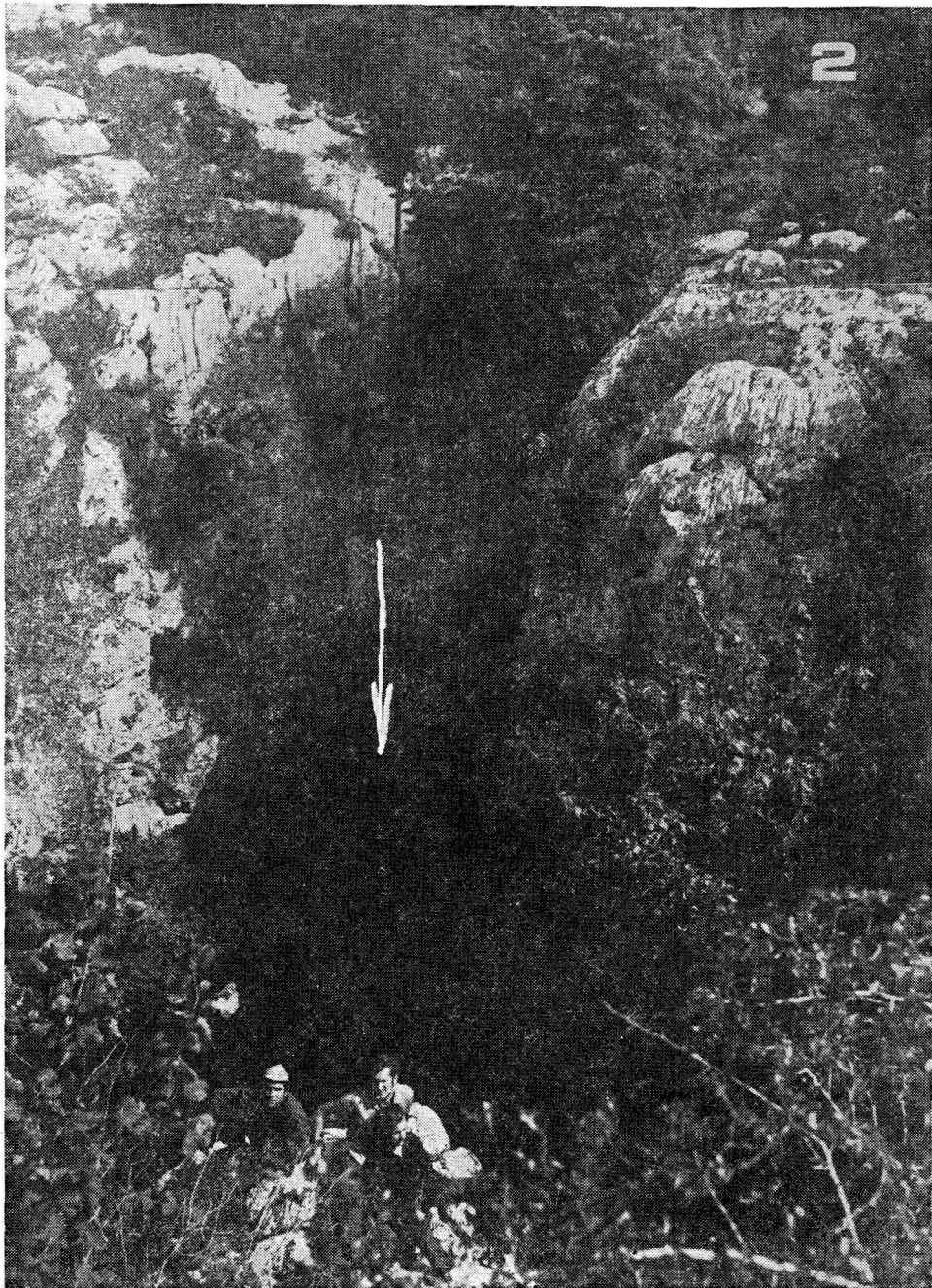
nazivano Samograd. Prolazeći uglavnom zaravnjenim platoom ovakva se pojava zaista ne očekuje (fot. 4.). Vrlo strme stijene Samograda spuštaju se direktno od ruba terena (kota cca 1020 m) u dubinu s izgledom ovalne goleme bunaraste vrtače. Izrazite pukotine pod kutem od 75° i strmije ukazuju na tektonske uvjete nastanka ovog urušenja.

Dužina Samograda paralelna je s pružanjem vrtače Arnautovac te iznosi od 70—80, dok joj je približna širina oko 40 m. Dubina od razine terena do kosine najbližeg urušenja pri dnu s istočne strane je nešto preko 60 m. Kod



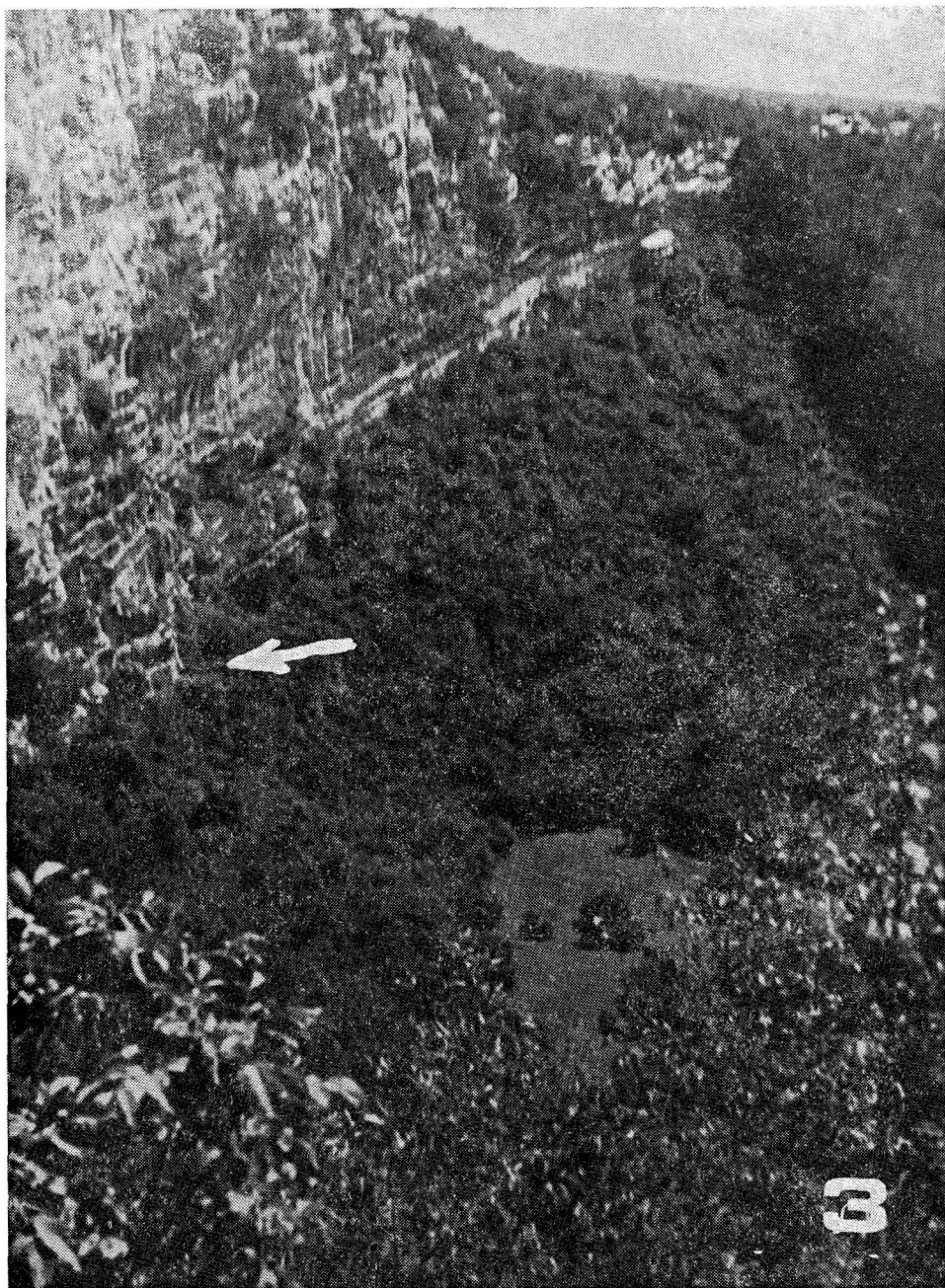
Sl. 1. Bunarasta ili kotlasta vrtača kao tipičan predstavnik urušnih oblika na prijevoju Buško blato—Duvanjsko polje

Fig. 1. Well- or kettle-like doline as a typical representative of collapse dolines on the pass Buško blato—Duvanjsko polje



Sl. 2. Otvor jame Gradac bunarasta izgleda s izmjerenom dubinom od preko 90 metara

Fig. 2. The well-like entrance to the cave Gradac, surveyed to more than 90 m of depth



Sl. 3. Najniži dio vrtače Surdup snimljen duž najduže osi. Strelica pokazuje mjesto pokušaja »proboja« u dubine ispod obrušenih blokova

Fig. 3. The lowest point of the Surdup doline taken along the longest axis. The arrow shows the point of experimental "break-through" into the depth under the blocks breakdown



Sl. 4. Panormaski snimak platoa na kom se nalazi velika vrtača Arnautovac s urošnim udobljenjem Samograda (oznaka strelicom).

Fig. 4. Panoramic snap shot of the plateau where the big doline Arnautovac lowered by collapsed Samograd (marked by arrow) lies

najveće vertikale »Samograda« 90 m ispod razine platoa (oznaka B na crtežu 2.) vidljiv je otvor u do tada nepoznatu šupljinu nazivanu od okolnih stanovnika pećina (ili spilja) Rogoševac (crtež 2.).

MORFOLOGIJA SPILJE ROGOŠEVAC

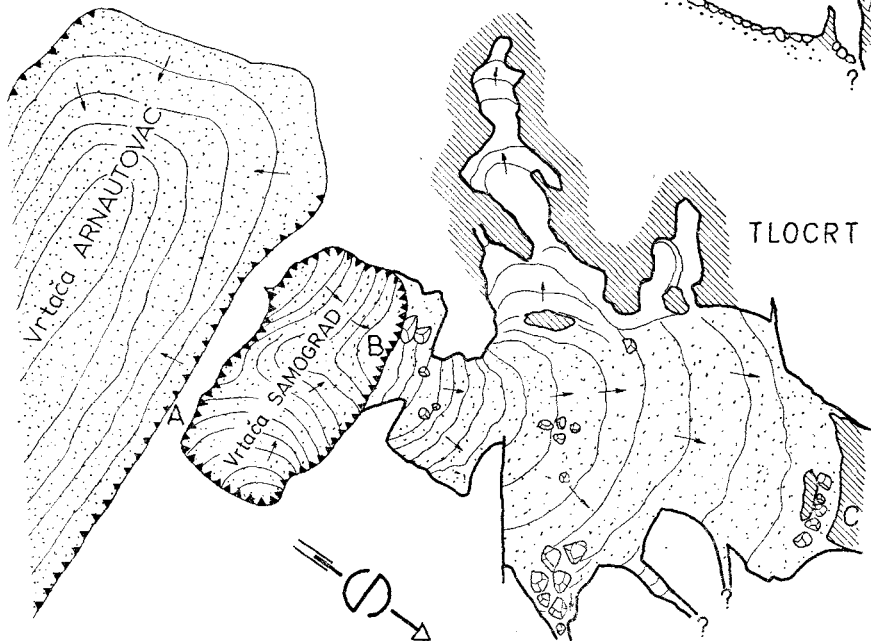
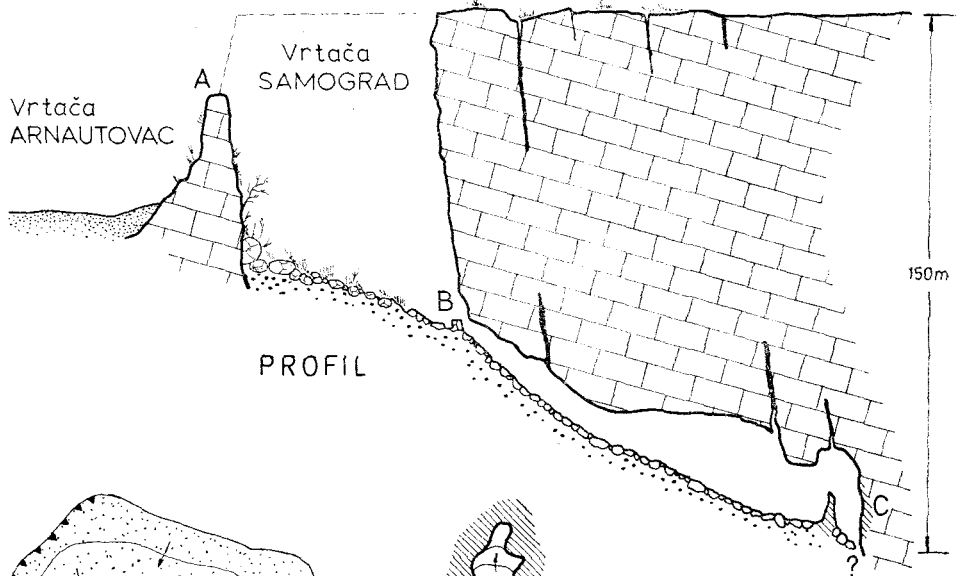
Širina otvora podzemnog sistema iznosi oko 35 m, dok je visina u središnjem dijelu oko 25 m — trokutasta izgleda. Dio ulaza pregrađuju dva velika kamena bloka visine i širine oko 5 m. Blokovi su se obrušili s ruba vrtače Samograd i vjerojatno su dio nekadašnjeg njezinog stropa.

Tlo pećine Rogoševac strmo se spušta u početnom dijelu pod kutem od preko 45° a prekriveno je urušenim siparišnim materijalom. U središnjem dijelu nailazimo veće kamene blokove i tlo je blaže položeno dok je pri kraju tlo ravnije s nešto kalcitnih nakupina znatne debljine.

Visina podzemne dvorane varira od poda do stropa od 5 m na početku do preko 30 m na završnom dijelu pećine. Strop je uglavnom u središnjem dijelu bez sigastih ukrasa dok se kalcitne tvorevine javljaju u zapadnom i sjevernom dijelu rubova dvorane. Neposredno iz ulaza čitav pećinski prostor naglo se proširuje i u najširjem dijelu iznosi preko 90 m. To proširenje vezano je uz postojanje izrazite rasjedne pukotine. Širina prostora idući prema kraju postepeno se smanjuje i iznosi od 60—70 m. Nastavak prostorije u pravcu istoka je u nizu proširenih pukotina, koje su ispunjene urušenim kamenim blokovima. Njihova je širina u početku oko 2—2,5 m, ali se idući prema kraju sve više smanjuje. U nekim od pukotina naslućuje se da bi bio moguć eventualan prolaz dalje u unutrašnjost, ali su sadašnja suženja ispunjena s dosta obrušenog materijala. Ovi su odvojci ili kanali nastali na okomito položenim pukotinama koje je korozioni i erozioni rad voda postepeno proširio do današnjih dimenzija.

Zapadni, odnosno jugozapadni dio podzemnog prostora pećine Rogoševac sastoji se od nekoliko širjih kanala koji su ispunjeni debelom sigastom korom te interesantnim oblicima stalaktita i saljeva stvaranih pod specifičnim mikroklimatskim uvjetima. Najduži kalcitni kanal dug je oko 70 m i čitav je preki-

Spilja ROGOŠEVAC



MJERILO:
0 50m

ven sigastim prevlakama. Pravac pružanja ovih dijelova pećine je ZJZ—ISI duž već prije spomenute izrazite pukotine, koju možemo registrirati i na samoj površini. Visina ovog kanala varira od 6 m na početku do jedva metarskih suženja na samom kraju. Paralelno ovom dolazi i donji bočni kanal dužine svega 25—30 m, koji je takođe u potpunosti ispunjen kalcitnim tvorevinama.

Izduženi kalcitni stup ili stalagmit visine preko 10 m nalazimo uz završni zid najnižeg dijela dvorane (točka C u nacrtu).

Ukupna dubina spiljskog dijela pećine Rogoševac sa bunarastim urušenjem Samograd od razine terena iznosi oko 150 m, pa je prema tome kota dna spilje danas na oko 870 m iznad mora ili nešto preko 10 m iznad sadašnje razine otvora ponora Kovači u Duvanjskom polju. Sama dužina kanala pećine Rogoševac po najdužoj osi iznosi oko 135 m, dok s ostalim bočnim kanalima čitav podzemni prostor ima dužinu od preko 250 m.

Postanak šupljine ove pećine vrlo je zanimljiv s morfogogenetskog stanovišta. Njezino stvaranje vezano je kako uz postanak susjednih urušnih vrtača, tako i uz djelovanje podzemnih voda u debelo uslojenih krednih vapnencima te znatnim okršavanjem u njihovoj unutrašnjosti. Dok postanak samih vrtača povezujemo s postojanjem pukotina te djelovanjem i komunikacijom voda s površine i iz podzemlja, dotle je urušavanje krovine vapnenačkih naslaga vezano za nekoliko međusobno ovisnih procesa u geološkoj prošlosti.

Naime, kombiniranim radom erozije i korozije podzemnih voda duž morfološki najmarkantnijih kanala (današnji zasigani kanali u zapadnoj strani šupljine) i pukotinskih kanala bez sigastih ukrasa na istočnoj strani; dolazilo je do njihovog postepenog proširivanja i stvaranja sve većeg prostora podzemne šupljine. Današnji izgled podine ili dna spilje rezultat je prestanka rastvaranja i odnošenja urušenog materijala, najvjerojatnije i zbog snižavanja nivoa podzemnih voda. Registrirane rasjedne linije i pukotinski sistemi svakako su pogodovali bržoj eroziji u vapnenačkim naslagama, a nekada goleme količine koje su se sa horizonta današnjeg Duvanjskog polja drenirale u pravcu Buškog blata odigrale su presudnu ulogu u oblikovanju ove sada dostupne podzemne šupljine. Natražna erozija ili erodiranje krovine svakako je bilo posebno izraženo u ovom prostoru. Pucanje krovine dijela šupljine te stvaranje urušenja vrtače Samograd sa šupljinom pećine Rogoševac odigralo se najvjerojatnije početkom pleistocena i završavalo u zadnjim fazama diluvija s vlagom, hladnoćom i kišama tog razdoblja.

Nakon faze snižavanja nivoa podzemne vode proširuje se korozijskim radom postojeća šupljina, nastavlja se urušavanje dijela krovine s blokovima na istočnoj strani šupljine, dok je samo prokapljivanje bilo duž pukotinskih sistema vezanih za samu površinu platoa. Preko 10 m visoki i do 2 m debeli stalagmit na kraju Rogoševca ukazuje na vrlo dug period prokapljivanja i na veliku starost čitavog spiljskog prostora. Eventualnim uzimanjem uzoraka za radio-karbonsku analizu omogućilo bi nam približno vremensko datiranje jednog egzaktnijeg podataka.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Sve istraživane vrtače, jame i spilja Rogoševac na prijevoju između Duvanjskog polja i Buškog blata formirane su prema geološkim istraživanjima

B. Raljevića (1971) u dobro uslojenim gornjokrednim vapnencima koji su uglavnom debelo uslojeni i sekundarno borani. Geološki promatrano područje na kom su promatrane i istraživane vrtače sa speleološkim objektima zapravo izgrađuje jedna asimetrična sinklinala. »U području Gradca i Bunarina u dijelu bore registriran je niz sekundarnih bora, koje su poremećene lomovima različitog intenziteta. Pravac lomova se uglavnom podudara sa pravcem pružanja bora, tj. proteže se od sjeverozapada prema jugoistoku. U južnom dijelu istraživanog područja zapadno od sela Kovači registrirana su sekundarna oštećenja čiji je pravac pružanja približno istok—zapad.« Ovo se reflektiralo pojavom niza velikih vrtača!

Čitavo istraživano područje s hidrogeološkog stanovišta izgrađeno je od dobro propusnih naslaga. Prema B. Raljeviću (1971) »na tom je području (potez ponor Kovači—Ričina) dobro razvijena mreža pukotina i kanala u kojima cirkulira podzemna voda. Porijeklo ove vode je dvojako. Jedan dio podzemne vode se formira iz atmosferskih taloga, koji padnu na to područje i brzo se gube u podzemlje, a drugi dio pripada vodama površinskih vodotoka područja Duvanjskog polja, koje poniru u njegovom jugozapadnom dijelu. Razlika u količinama vode koje poniru u ponoru Kovači i onih koje izviru na Ričini, ukazuje na mogućnost već spomenutog kretanja sjeverozapad—jugoistok i na mogućnost djelomičnog otjecanja ispod nivoa izvora Ričina. Drugi pravac, tj. onaj koji se proteže u smjeru IIS—ZZJ ili pak I—Z naročito je dobro izražen na području južnije od ponora Kovači i to znatno jače u jugozapadnom nego u sjeveroistočnom krilu sinklinale. Ovaj pravac je u sjeveroistočnom krilu sinklinale izrazito markiran *nizom velikih urušnih vrtača* (podcrtao S. B.). Ovakav raspored tektonskih oštećenja dozvoljava pretpostavku da se voda iz ponora Kovači najprije kreće prema jugoistoku, a zatim skreće prema zapadu, tj. prema izvoru Ričine«.

Pri ovom razmatranju litoloških, tektonskih i hidrogeoloških karakteristika dijela prijevoja između Duvanjskog polja i Buškog blata upozorio bi na postojanje ponornih zona i poniranja vode kod naselja Potubolja (ub geološkoj prošlosti intenzivnije nego danas!), zatim na jako okršen prostor područja Gradac sa dubokom jamskom pojavom, kao i na fosilno urušenje stijena stotinjak metara sjeverno od današnjeg izvora Ričina, gdje je nekada također moglo biti jedno jako krško izvorište. Promatramo li morfološki izgled doline od izvora Ričine do Karlovog Hana gotovo sama od sebe nameće se sumnja da ju je oblikovao samo danas vidljiv tok Ričine? Indikator za tu misao je nekad dugotrajna »ujezerenost« prostora današnjeg Duvanjskog polja.

Ako u sklopu ovih zaključaka promatramo sve do sada istraživane vrtače i speleološke objekte tada vidimo, da su svi oni ostatak postupnih faza okršavanja karbonatnih naslaga čitavog prostora u vertikalnom i horizontalnom smjeru usko povezano kako s tektonskim, tako i sa hidrogeološkim promjenama na ovom području.

U području urušnih vrtača vladali su određeni korozivni procesi formiranja ili oblikovanja ovih morfoloških pojava, a i speleoloških pojava u njima vezano za oscilacije nivoa podzemnih voda. U to je vrijeme i kretanje podzemnih voda moralo biti drugačije nego danas, a pri tome ne smijemo zaboraviti na već naglašenu činjenicu postojanja velike i stalne akumulacije na

prostoru današnjeg Duvanjskog polja. K ovome dodajmo i drugačije klimatske uvjete i oscilacije diluvijalnog razdoblja.

Postojanje krške zaravni s nizom vrtača na promatranom području je dio današnjeg stanja. Ostaci jezerskih terasa na višim kotama iznad današnjeg dna Duvanjskog polja upućuju nas na činjenicu da moramo uzeti u obzir uzdizanja ili spuštanja pojedinih strukturnih blokova duž regionalnih ili lokalnih rasjeda. U takvoj geološkoj prošlosti zbog specifičnih hidrogeoloških uvjeta i tektonskih zbivanja nastanak i funkcija vrtača s urušnim šupljinama i jamskim prostorima imala je svakako drugačije značenje nego danas.

Snižavanjem osnovnog nivoa podzemne vode na potezu ponor Kovači — izvor pećina Ričina mijenjala se i funkcija sadašnjih površinskih i podzemnih pojava. Iz faze aktivnosti procesi se prenose u fazu mirovanja uz pojačane korozijske procese sa korozijskim urušavanjima u oblikovanim udubljenjima vrtača ili u šupljinama speleoloških pojava. Utjecaj i postojanje površinskog prodiranja oborinske vode u periodu iza sniženja nivoa podzemnih voda postaje primarna aktivnost u dijelu krškog reljefa. U oblikovanim podzemnim kanalima i šupljinama nastupa faza postepenog nanašanja doplavljenog i obruženog materijala, što zapravo traje još i danas.

Kada bi se speleoronilačkim istraživanjima nastavilo prodirati iza sifona ponora Kovači i sifona izvor pećine Ričina (S. Božičević, 1970) u horizontalne kanale i horizontalne prostore, tada bi nam bilo vjerojatno moguće kretanje davno oblikovanim kanalima ili fragmentima tih kanala. U nekim od tih kanala vjerojatno bi naišli na urušene najdonje dijelove dubokih vrtača ili jama ili bi naišli na indikacije nekad postojećih veza između površine i podzemlja. Jedino daljnjim detaljnim proučavanjem naše saznanje o genezi urušnih vrtača bit će obogaćeno činjenicama i stvarnim dokazima.

LITERATURA

- Božičević, S., 1970: Speleološka istraživanja ponor Kovači—izvor Ričine. Duvanjsko polje—Buško blato. Rezultati prve faze istraživanja. Fond dok. Geol. inst. Zgb.
- Božičević, S., 1973: Speleološka istraživanja dubokih jama na prijevoju Buško blato — Duvanjsko polje. Rezultati druge faze istraživanja. Fond dokum. Geol. inst. Zagreb.
- Raljević, B., 1971: Geološko i hidrogeološko istraživanje područja Ričina—Kovači. Fond Geol. Instit. Zagreb.

MORPHOLOGY AND GENESIS OF COLLAPSE DOLINES

Summary

A series of collapse dolines of specific form, size and origin lies on the pass between Duvanjsko polje and Buško blato. The situation and their oblong form are connected to registered faults and fissures of east-west and northwest-southeast directions. The dolines are formed in thick bedded upper Cretaceous limestones. The biggest dolines are 350—400 long, 150—200 m wide, 30—50 m deep.

Specificity of this region is "satelitic" elliptic doline named Samograd, occurring near the oblong doline Arnautovac. In the north western part of Samograd doline bottom, about 90 m under the vertical slope, the entrance to the cave Rogoševac lies. The cave was explored for more than 100 m.

Beside these, extremely big dolines, there are more than hundred smaller ones, where the type of kettle-like or collapsed with steep borders prevails. Some of the dolines continue vertically into the caves, more than 90 m deep, proving the vivid tectonic movements, sediments lithology and hydrogeological changes in geologic past of this part of the karst.

The genesis of the dolines in this region is connected to hydrogeological properties of the sediments and run off Duvanjsko polje through a series of ponor systems towards hypsometrically lower lying Buško blato. The lowering of the underground waters level from upper horizon towards lower polje together with tectonic predisposition resulted in several superficial and underground karst forms.

This work is the compilation of the actual knowledge and a hint for future detailed studies of morphology of this part of the karst of our Dinarids.

POSTANAK I RAZVOJ DOLINE KRČIĆA
I IZVORA KRKE

(SA 2 SLIKE)

THE ORIGIN AND DEVELOPMENT OF THE KRČIĆ RIVER VALLEY
AND KRKA SPRING (CROATIA-DALMATIA)

(WITH 2 FIGURES)

ANTE PAVIČIĆ, FRANJO FRITZ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
mag. ANTE PAVIČIĆ, dr. FRANJO FRITZ
Geološki zavod
Sachsova 2
41000 Zagreb
Jugoslavija

Sažetak

UDK 551.44(497.18—16)

Pavičić Ante, Fritz Franjo: Postanak i razvoj doline Krčića i izvora Krke (Dalmacija)

Dolina Krčića i izvor Krke nalaze se istočno od Knina. Po svom postanku izvor Krke je mlađi od doline Krčića i ostalih izvora uz istočni rub Kninskog polja. Uzduž doline Krčića nizvodno od izvora Krke pa do Kninskog polja nisu razradjeni recentni krški podzemni tokovi. To saznanje je bitno za tehnično rješavanje otješnjenja u tom dijelu doline.

Abstract

UDC 551.44(497.18—16)

Pavičić Ante, Fritz Franjo: Origin and development of Krčić valley and Krka spring (Dalmatia)

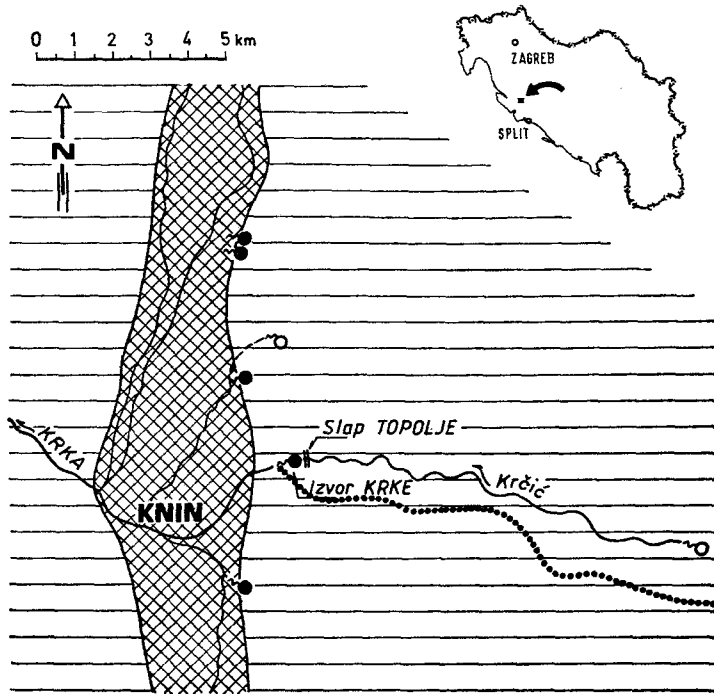
Krčić valley and Krka spring are situated east from Knin. Regarding the origin Krka spring is younger than Krčić valley and all the other springs on the eastern border of Knin polje. Along Krčić valley downstream from Krka spring towards Knin polje there are no recent karst underground channels. This inference is essential for technical solution of taking up this parts of the valley.

OPĆI PODACI






Vodotok Krčić je dugačak oko 10,5 km i gotovo redovito presuši u ljetnim mjesecima. Izvor Krke se nalazi u dolini Krčića ispod slapa Topolje (visok 40 m) oko 500 m uzvodno od ruba Kninskog polja. Kapacitet izvora je u minimumu oko 1,5 m³/s. Nizvodno od izvora Krke započinje vodotok rijeke Krke (slika 1.). Šire područje vodotoka Krčić detaljno je obrađeno u okviru istražnih radova za idejni projekt hidroelektrarne Krčić. Planira se izgradnja pregrade na slapu Topolje. Uz vode Krčića koristile bi se i vode izvora Krke. Za te potrebe izvedeni su geološki, speleološki i geofizički istražni radovi. Izbušene su i brojne bušotine i izvedena trasiranja podzemnih voda.

U okviru istražnih radova izvršena je i analiza starosti uzoraka sedre radiokarbonskom metodom ¹⁴C, što su učinili stručnjaci instituta Rudjer Bošković. Za upoznavnje kvartarnih naslaga Kninskog polja izbušena je bušotina GZ-1 duboka 153 m. Speleološkim radovima (Božičević, 1982) istražen je spiljski kanal uzvodno od izvoda Krke ispod sadrene barijere Topolje. Kanal je razvijen uz kontakt sedre i lijaskih vapnenaca. Dugačak je oko 100 m a završava sifonom u vapnencu lijasa iz kojeg izbija voda.

PREGLEDNA HIDROGEOLOŠKA GRAĐA TERENA



LEGENDA :

-  Propusne karbonatne stijene
-  U cjelini nepropusne stijene Kninskog polja
-  Krški izvor stalan
-  Krški izvor povremen
-  Hidrogeološka razvodnica

Slika 1

GEOLOŠKA GRAĐA, TEKTONSKI I HIDROGEOLOŠKI ODNOSI

Područje doline Krčića i istočnog dijela Kninskog polja izgrađuju sedimentne stijene permotrijasa, trijasa, jure, krede, tercijara i kvartara. Dno Kninskog polja čine donjotrijaske klastične naslage: šejlovi, pješčenjaci i sil-titi. Spomenute naslage podloge polja prekrivene su mlađim tercijarnim i kvartarnim naslagama debljine preko 140 m. Na nekoliko mjesta uz rub polja

otkrivene su neogenske naslage zastupljene laporima. Prema analogiji sa sličnim naslagama u Petrovom i Sinjskom polju ove naslage su označene kao miocenske (K e r n e r, 1920) odnosno g. miocenske i d. pliocenske (C v i j i ć, 1926). Kvartarne naslage u Kninskom polju obradio je Š i m u n i ć (1970) i odredio da pripadaju pleistocenu i holocenu: u bazi dolaze finopelitične naslage — jezerska kreda a na njima su taloženi fluvio-glacijalni konglomerati. Sedra je istaložena uzduž srednjeg toka Krčiča, u Topolju i na više mjesta u Kninskom polju. U istočnom dijelu terena najstarije su naslage trijaski dolomiti koji izgrađuju teren uz dolinu Krčič i čine jezgru antiklinale. U krilima kontinuirano slijede uglavnom vapnenci lijasa, dogera i malma.

Teren je karakteriziran složenom strukturnom građom što je posljedica boranja, navlačenja i rasjedanja u nekoliko orogenetskih faza. Istočnim rubom polja prolazi regionalni rasjed kojim su odvojene klastične permotrijaske naslage od mezozojskog karbonatnog dijela terena. Osim tog regionalnog rasjeda postoji više izrazitih rasjeda od kojih se ističe dijagonalni rasjed preko izvora Krke. Kninsko polje do znatne dubine izgrađuju nepropusne naslage, pa je ono barijera za krške podzemne vode koje se iz višeg karbonatnog područja kreću prema polju i istjeću uz rub polja na više krških izvora. Unutar karbonatnog dijela terena gornjotrijaska antiklinala s dolomitima u jezgri ima funkciju lokalne hidrogeološke barijere i uz nju je vezan razvitak površinskog toka Krčiča i izvora Krke.

RAZVITAK DOLINE KRČIČA I POSTANAK IZVORA KRKE

Reljefne cjeline

Pri razmatranju razvitka doline Krčiča i postanka izvora Krke nužno je napomenuti da je razvitak glavnih morfostrukturnih oblika u ovom kraju vezan uz Kninsko polje i sjevernodalmatinsku zaravan. Do formiranja inicijalnog reljefa Kninskog polja (usječenog u paleozojske i mezozojske stijene) došlo je vjerovatno u vrijeme Savske orogenetske faze na prijelazu iz oligocena u miocen kada su formirane depresije i u susjednim područjima, dolina Cetine (B a u č i ć, 1967) i Zrmanje (F r i t z, 1972). Prve naslage koje su taložene u Kninskom polju (nakon inicijalnog reljefa) su neogenski lapori. Nakon sedimentacije lapora došlo je ponovo do tektonskih pokreta i do smanjenja jezerskog prostora u kojem su taloženi lapori. Nova erozija usjekla je reljef u laporima nakon čega je nastupilo taloženje kvartarnih taloga, koje traje do današnjih dana.

Sjevernodalmatinska zaravan u koju su usječena korita rijeke Krke i Krčiča ima veliki značaj za kronologiju razvoja reljefa. Većina autora smatra da je sjevernodalmatinska zaravan nastala u miocenu i pliocenu. F r i g a n o v i ć (1961), uzevši u obzir sva dotadašnja razmatranja o starosti ove zaravni i usporedbom rezultata i mišljenja o zaravnima u drugim područjima, zaključuje da je sjevernodalmatinska zaravan nastala u g. pliocenu. F r i t z (1962) analizirajući razvitak toka Zrmanje zaključuje da je zaravan mlađa i da je nastala u starijem pleistocenu. Za ovaj rad je važno da je prije današnjeg reljefa postojala jedinstvena zaravan na zapadnom i istočnom rubu Kninskog polja što znači da su polje i dolina Krčiča mlađi od zaravni.

Kvartarne naslage u Kninskom polju i dolini Krčić

Najstarije na površini vidljive pleistocenske naslage (jezerska kređa) pripadaju po Malezu (1969) mindelu. Prema podacima skupljenim našim istraživanjima te su naslage mlađe od oledbe u mindelu i pripadaju razdoblju mindel-ris. Bušotine u središnjem dijelu polja nabušile su ispod jezerske kređe konglomerate. Spomenuta duboka bušotina GZ-1 je u istočnom rubu polja nakon konglomerata nabušila pijeske i prah s interkalacijama gipsa u najnižem dijelu, a osnovnu stijenu tek na dubini 148 m (110 m. n. m.). Prema tim podacima pleistocenske naslage se danas nalaze do dubine 90 m ispod najniže apsolutne visine paleoreljefa kojim je tada drenirana depresija Kninskog polja, tj. dna Krke nizvodno od Knina. To upućuje na postojanje diferencijalnog kretanja Kninskog polja u odnosu na bokove, odnosno na tonjenje Kninskog polja.

Tom dubokom bušotinom nisu nabušeni neogenski lapori premda su oni u blizini bušotine otkriveni na površini, što govori da su neogenske naslage nakon taloženja znatno erodirane.

U vrijeme ris-virmskog interglacijala nastupile su klimatske prilike u kojima je na morfološki pogodnim mjestima u dolinama Butišnice i Krčića taložena sedra. Korito Krčića je u to vrijeme bilo oko 50 m više od današnjeg korita, što zaključujemo iz položaja pleistocenske sedre (dokazana starost analizom ^{14}C na uzorcima sedre iz središnjeg i najnižvodnijeg dijela doline). Uz rub polja i u dolini Krčića sačuvane su breče i konglomerati istaloženi u virmskom glacijalu.

Holocenska sedra istaložena je također u središnjem i nizvodnom dijelu doline Krčića ali u hipsometrijski nižim nivoima od pleistocenske sedre. Taložene se oko 4.500 god. prije sadašnjosti pa praktički sve do današnjih dana. Uzvodno od holocenskih sedrenih barijera taložena je prašinstva jezerska sedra a preko nje holocenski aluvijalni talozi. Grubi aluvijalni (šljunkoviti) talozi recentno se talože uzduž pritoka i gornjeg toka Krčića.

Razvitak reljefa i izvora Krke

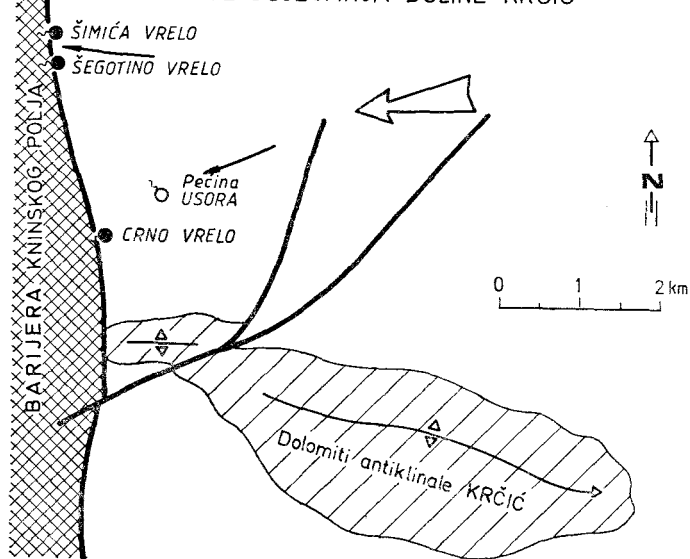
Danas se kretanje vode istočno od barijere Kninskog polja vrši najvećim dijelom podzemnim putem. Većina vodotoka kojima je nekad tekla voda danas su suhe doline, a postupno su se razvili podzemni putevi kojima se vode dreniraju prema današnjim krškim izvorima. Jedino je veći dio godine aktivan vodotok Krčić.

Inicijalni reljef doline Krčića usječen je uzduž rasjeda neposredno sjeverno od osi antiklinale s dolomitima u jezgri. Današnji oblik doline tj. odnos lijeve i desne strane pokazuje znakove »zijevnog loma«. U današnjem izvorišnom području Krčića istaloženi su u pleistocenu brečokonglomerati što upućuje da je ovdje prije formiranja korita Krčić postojalo ujezerenje.

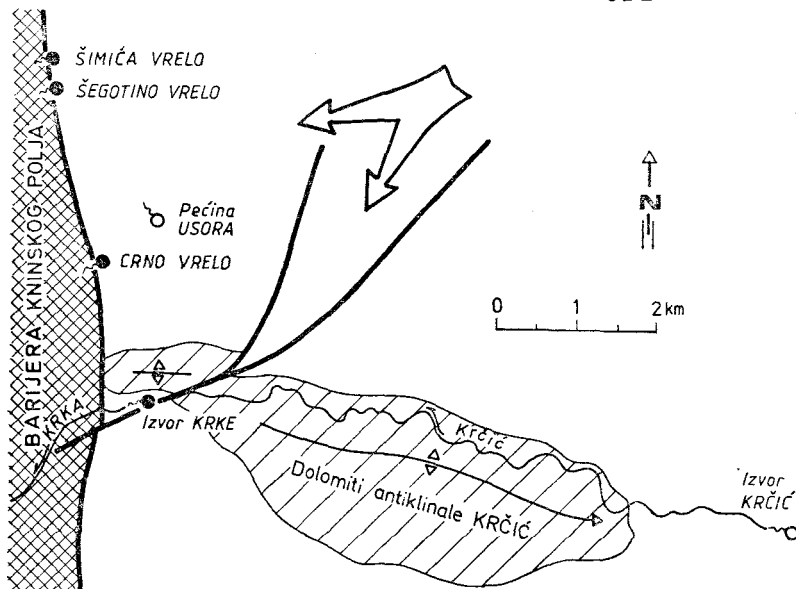
Prva faza, inicijalni reljef doline Krčić, usječen je u jurskim vapnencima i trijaskim dolomitima. U toj dolini taložen je zatim šljunak i nizvodnije sedra. Ostatke tih taloga nalazimo uzduž desnog boka srednjeg toka doline, te na padinama uz istočni rub Kninskog polja. Prema ostacima sedre uz rub Kninskog polja voda je utjecala u depresiju polja u lepezi širokoj oko 750 m.

Pleistocenska sedra se nalazi i do 30 m više od sedre istaložene uz recentni tok. Na više uzoraka te sedre određena je starost veća od 30 000 god. Prema

PRETPOSTAVLJENO ISTJECANJE KRŠKE PODZEMNE VODE PRIJE USJECANJA DOLINE KRČIĆ



DANAŠNJE ISTJECANJE KRŠKE PODZEMNE VODE



Crtao: S. KOŠČAL

Slika 2

tome inicijalno usjecanje doline vezano je uz razdoblje prije virmskog glacijala. Dno korita tadašnjeg Krčića je bilo oko 50 m više od današnjeg. Tok pleistocenskog Krčića može se rekonstruirati i nizvodnije u današnjem Kninskom polju što znači da u tom dijelu polja tada nije bilo ujezerenja.

U virmskom glacijalu i neposredno iza glacijala je uslijedilo konačno usjecanje korita Krčića u osnovnu stijenu (mezozojske naslage). Tom prilikom je erodirana većina istaloženih pleistocenskih naslaga u ranijoj dolini. Sačuvani su samo ostaci sedre na desnom boku doline. Radiokarbonska analiza uzoraka sedre iz baze sedrene barijere Topolje ustanovila je starost 4 500 godina. Prema tome najdublje usjecanje korita je završeno prije tog vremena.

Postanak izvora Krke vezan je za najdublje usjecanje doline Krčića u osnovnu stijenu. U fazi prije tog usjecanja većina podzemnih voda istočno od Kninskog polja drenirala se prema mjestu današnjeg izvora Crno vrelo, odnosno pećine Usora (slika 2). Dubljim usjecanjem doline Krčić promijenili su se odnosi lokalnih erozionih baza za te vode. Iz područja sjeverno od antiklinale u kojoj je usječena dolina Krčić, voda je uzduž izrazitog dijagonalnog rasjeda i ustrmljenih slojeva lijaskih vapnenaca ušla u novoformiranu dolinu Krčić, koja je tako postala lokalna eroziona baza za dio vode istočno od Kninskog polja. Izvor Krke se danas nalazi ispod sedrene barijere Topolje, koju su u holocenu istaložile vode Krčića. Voda na izvoru izbija uzlazno u vapnencima lijasa i teče prema zapadu kroz spiljski kanal na kontaktu vapnenaca i sedre gdje se ispod slapa Topolje javlja kao poznati jaki krški izvor. Istražnim radovima ustanovljeno je da se izviranje nalazi u desnom boku osnovne doline. Taj osnovni izvor je hipsometrijski nešto viši od dna najdubljeg korita Krčića.

Na osnovi iznjetih podataka izvor Krke nije nikad bio zapadnije (bliže barijeri, lokalnoj erozionoj bazi Kninskog polja). Taj dio terena između mjesta izvora i barijere polja nije dakle u najmlađem geološkom razdoblju razrađivan krškim podzemnim vodama. Ovo je posebno interesantno radi tehničkog rješenja pregrade i otješnjenja doline, što se projektira nizvodno od izvora za potrebe hidroenergetike.

ZAKLJUČAK

Razvoj doline Krčić vezan je uz postojanje depresije Kninskog polja. Nepropusne naslage izgrađuju do znatne dubine dno Kninskog polja i imaju funkciju hidrogeološke barijere i lokalne erozione baze preko koje se preljevaju okolne krške podzemne vode. Bušotina izbušena u istočnom dijelu polja je pokazala da debljina kvartarnih naslaga u Kninskom polju prelazi 140 m.

Postoji uska veza između pružanja doline Krčića i rasjedne tektonike. Naime, razvoj doline Krčića iniciran je rasjedom koji prolazi neposredno sjeverno od osi antiklinale s dolomitima u jezgri.

Usjecanje doline izvršeno je u dvije osnovne faze. O vremenu i dubini usjecanja doline u prvoj fazi možemo zaključiti po visinama ostataka pleistocenske sedre u dolini i na padini uz Kninsko polje za koju je određena starost veća od 30 000 god. Prema tome prva faza usjecanja vezana je uz erozione procese prije interglacijala riss-würm.

Drugo, dublje usjecanje doline Krčić vezano je uz erozione procese glacijala würm kad je korito produbljeno do najveće dubine i kada je većim dije-

lom erodirana pleistocenska sedra. Nakon toga je prije oko 4 500 god. počela »rasti« barijera slapa Topolje i taloženje holocenskih taloga. Drugom, dubljom fazom usjecanja doline Krčić u mezozojske stijene i otvaranjem nove lokalne erozione baze (za okolne krške vode) iniciran je postanak izvora Krke. Iz ovog se vidi da se osnovni hidrogeološki odnosi istočno od Kninskog polja nisu znatnije promijenili nakon usjecanja doline Krčića. Došlo je samo do lokalnog skretanja dijela krških podzemnih voda istočno od polja u novoformiranu lokalnu erozionu bazu tj. u dolinu Krčića.

Primarno mjesto izvora Krke se nalazi u osnovnoj stijeni paleoreljefa doline Krčića. Nadvisuje za 10-ak metara kontakt između barijere Kninskog polja i propusnog karbonatnog područja i udaljen je oko 500 m uzvodnije od tog kontakta. Izvor je smješten u izrazitoj rasjednoj zoni kojom je lokalna barijera (antiklinala Krčić) pomaknuta (slika 1).

Na osnovi iznjetog se zaključuje da u terenu nizvodno od izvora prema Kninskom polju nisu razvijeni recentni privilegirani tokovi podzemnih voda. To je osobito važno radi hidroenergetskog tehničkog rješenja pregrađivanja i otešnjenja doline nizvodno od izvora.

DISKUSIJA

M. Herak:

Molim za detaljnije objašnjenje o vezi između izviranja vode Krke i predpostavljenog rasjeda.

LITERATURA

- Baučić, L., 1967: Cetina. Razvoj reljefa i cirkulacija voda o kršu. Radovi Geogr. inst. Sveučilišta u Zagrebu. Sv. 6, Zagreb.
- Božičević, S., 1982: He Krčić. Idejni projekt, Speleološko ronilačko istraživanje. Fond str. dok. Inst. geol. istr., Zagreb.
- Cvijić, J., 1925—26: Geomorfologija II dio, Beograd.
- Friđanović, M., 1961: Polja Gornje Krke. Radovi Geogr. inst. Sveučilišta u Zagrebu, Sv. 3, Zagreb.
- Fritz, F., 1972: Razvitak Gornjega toka rijeke Zrmanje. Krš Jugoslavije, Knj. 8. str. 1—16, Zagreb.
- Kerner, F., 1920: Erläuterungen zur geologischen specialkarte Knin und Ervenik, Wien.
- Malez, M., 1969: Donjopleistocenska fauna vertebrata na području Dinarskog krša. III simp. Din. asoc., Zagreb.
- Šimunić, A., 1970: Kvartarne naslage Kninskog polja. VII Kongr. geol. SFRJ (Predavanja) 1, 361—370, Zagreb.

THE ORIGIN AND DEVELOPMENT OF THE KRČIĆ RIVER VALLEY AND KRKA SPRING

Summary

The Krka spring is situated within the valley of the intermittent stream Krčić, about 500 meters upstream from the polje of Knin.

The Krčić river valley was carved during Quaternary within two phases. The first phase took place in Würm and the second one ended about 4,500 years ago, at the time when the creation of the Topolje waterfall began, under which the Krka spring now appears.

The Krka spring is younger from karst springs occurring along the eastern border of the polje of Knin. It appeared after the second phase of the Krčić river valley formation. Earlier, before the spring appearance, ground water from the terrain north of the valley emerged through springs at the northeastern border of the polje (Fig. 1 and 2).

Therefore, the Krka spring has never emerged downstream from its present site. That is the reason why that part of the valley has not been karstified by recent ground water — a very important fact if a planned dam and grout curtain are to be constructed downstream from the spring.

K PROBLEMATIKI GEOMORFOLOŠKEGA
KARTIRANJA IN TIPOLOGIJE VISOKOGORSKEGA
GLACIOKRAŠKEGA RELIEFA

ON THE PROBLEMS OF GEOMORPHOLOGICAL MAPPING AND
TYPOLOGY OF THE MOUNTAIN GLACIOKARST RELIEF

JURIJ KUNAVER

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address

dr. JURIJ KUNAVER, izr. prof.
Pedagoška akademija Univerze E. Kardelja v Ljubljani
Kardeljeva ploščad 16
61000 Ljubljana
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.44(23):528.94
528.94:551.44(23)

Kunaver Jurij: K problematiki geomorfološkega kartiranja in tipologije visokogorskega glaciokraškega reliefa

Dosedaj zbrano znanje o visokogorskem krasu kaže, da ni mogoče vse pestrosti zajeti v karte enotnega merila. Le-to se mora prilagajati tipologiji pojavov, ki jih želimo kartirati. Šele tako zbrano gradivo smemo generalizirati za potrebe pregledne geomorfološke karte. Ker kartirani pojavi niso absolutno individualni, jih je mogoče združevati na osnovi prostorskega položaja. Od različnih ključev za takšne vrste regionalizacijo se je najbolj obnesla regionalno-ekološka metodologija.

Abstract

UDC 551.44(23):528.94
528.94:551.44(23)

Kunaver Jurij: On the problems of geomorphological mapping and typology of the mountain glaciokarst relief.

The up-to-date research of the mountain karst shows that it is not possible to encompass the variability of forms into the maps of unique scale. It must be adjusted to the typology of the phenomena, intended to be mapped. The material, collected in such a way might be generalized for the needs of the geomorphological survey map. The mapped phenomena not being absolutely individual, one can group them according to different keys. The experiences show that the regional-ecological key fits the best.

UVOD

Ker je v načrtu tudi geomorfološko kartiranje visokogorskega sveta z njegovim pri nas prevladujočim glaciokraškim reliefom v merilu detajlne geomorfološke karte 1:100.000, je naš namen opozoriti na nekatere probleme, ki jih lahko pričakujemo pri uresničevanju tega; in na možne rešitve. Izhajamo iz lastnih in tujih izkušenj in podajamo pregled prizadevanj za kartografsko prikazovanje visokogorskega kraškega sveta v različnih merilih. Rešitve vidimo tako v nadaljevanju prakse z uporabo dovolj velikih meril, kot tudi z uporabo metod pokrajinske ekologije. Slednje pride v poštev zlasti v merilu 1:100.000, ki je izrazito diskriminatorično do reliefa z velikim dimenzijskim razponom med posameznimi reliefnimi oblikami. Zato se zdi, da bo geomorfološki kartografski prikaz gorskega sveta v tem merilu precej manj ustrezen kot za druge vrste reliefa.

Visokogorski kraški relief povzroča z zastopanostjo drobnih kraških pa tudi ledeniških in periglacialnih oblik, ob boku z velikimi mezo- in makroreliefnimi oblikami površja, precejšnje probleme, kadar ga želimo ustrezno kartografsko prikazati. Najbolj problematična so tista površja, ki vsebujejo največ različnih oblik in so te neenakomerno zastopane. Pri tem se odpira znan problem, kaj je za geomorfološko podobo nekega območja pomembno in kaj

ni. Nekaterim se zdi, da prav drobne korozijske oblike, z relativno kratkotrajno obstojnostjo, ne zaslužijo posebne pozornosti. Na drugi strani pa ugotavljamo, da so prav te oblike pomembni kazalci recentnega in subrecentnega geomorfološkega in klimatskega razvoja.

Najpogostejše drobne kraške oblike kot so škraplje in žlebiči, včasih tudi mikrožlebiči, so seveda množičen geomorfološki pojav, ki ga ni mogoče individualizirati tudi na podrobnejših geomorfoloških kartah. Vendar pa ne more biti vseeno ali njihov pojav zabeležimo ali ne in na kakšen način. Žlebiči (makrožlebiči in meandrski žlebiči) se navadno držijo nagnjenih laštov in so v nekem smislu indikator zanje kot tudi obratno. Toda višina, velikost laštov in spremembe v litologiji lahko močno vplivajo na dimenzije teh oblik.

Drug primer drobnih oblik so tiste, ki nastopajo posamično kot so škavnice, korozijske stopničke, korozijske police, kraške mize, tudi mikrožlebiči idr. Na kartah srednjih meril je njihovo prisotnost mogoče zabeležiti le simbolično, zlasti če je njihov pojav neenakomeren. Drug način pa je omemba pojava v tekstu legende, ko en znak pomeni geomorfološki pojavni kompleks (npr. laštasto površje z različnimi korozijskimi oblikami, glej zgoraj). To pa je hkrati tudi osnovna pokrajinsko-ekološka enota ali ekotop, v tem primeru morfotop (I. G a m s, 1975, D. P l u t, 1980).

GEOMORFOLOŠKO KARTIRANJE VISOKOGORSKEGA KRASA PO SVETU

Geomorfološko kartiranje visokogorskega kraškega reliefa nima posebno dolge tradicije. Številnejše karte so se pojavile šele v zadnjih letih. Med najstarejše dosežke te vrste sodi geomorfološka karta Hagengebirga K. H a s e r o d t a iz leta 1965. Najbolj pa so se namnožili v zadnjih letih izdelki francoskih raziskovalcev iz skupine E.R.A. 282 s sedežem na Inštitutu za geografijo v Aix en Provence. Njihov zadnji izdelek je pregledna karta krasa Zahodnih Alp v merilu 1:250.000. Te karte so zagotovo eden pomembnejših vzorov, ki so uporabni tudi za nas.

Geomorfološke karte visokogorskega sveta in glaciokrasi hkrati so bile izdelane v najrazličnejših merilih, med katerimi pa prevladujejo velika merila. To je posledica specifičnih terenskih zahtev, ki smo jih že omenili. Najbolj ekstremni primeri so skice oziroma krokiji v merilih med 1:28 in 1:100 iz Picos de Europa, s katerimi je želel Miotke prikazati mikromorfologijo velikih korozijskih kotanj in stopnjastih kamenic. Podobno je merilo 1:177, ki je bilo uporabljeno za kartiranje laštastega krasi v srednjem delu doline Adiže (M i o t k e, 1968, P e r n a, 1978). Perna in Sauro sta v legendi uporabila skupno 60 znakov, od tega je trideset znakov izključno namenjenih prikazovanju mikrokorozijskih kraških oblik. Za mikrogeomorfološki karti oziroma boljše geomorfološka načrta dveh laštov v Kaninskem pogorju smo uporabili 36 znakov. Izdelana sta v merilu 1:500 (J. K u n a v e r, 1983).

Naslednje uporabljeno merilo je 1:20.000 oziroma še bolj pogosto 1:25.000. Prvega smo uporabili za Kaninsko pogorje, drugega pa navadno uporabljajo v Franciji pa tudi drugod. Od skupno 21 pregledanih geomorfoloških kart jih je 10 izdelanih v tem ali podobnem merilu. Tudi to dokazuje, da so za prikaz

visokogorskega glaciokraškega površja manjša merila manj ali celo povsem neustrezna.*

Število in vrsta znakov za geomorfološke pojave so odvisni od kartografske tehnike, posebno od uporabe barv, od značaja kraškega terena, od merila in od avtorja. Navadno so med seboj ločene posamezne skupine znakov za zaokroženo geomorfološko, hidrološko ali geološko tematiko. Število znakov dokazuje, da je v večini primerov kartirano območje geomorfološko zelo pestro. Za Kanin smo uporabili 66 znakov, od tega za kraške pojave 17 znakov. Sauro je od 46 znakov 7 namenil prikazovanju krasa. Nicod obravnava kras Devoluyja z 19 znaki od skupno 94 znakov. Maire je uporabil isto število znakov za Desert de Platé od tega 20 za kraške pojave. Fink pa je karto Dürrensteina izdelal le z 27 znaki, vendar so vsi za kraške pojave.

Med geomorfološkimi kartami v merilu 1:50.000 omenimo le list Grenoble, ki je med prvimi izvodi geomorfološke karte Francije. Ima 103 znake, od tega le 12 za kras zaradi velikega deleža dolinskega sveta. Že omenjena pregledna karta krasa Zahodnih Alp v merilu 1:250.000 ima od skupno 84 znakov 26 namenjenih prikazu kraških pojavov.

Najpogostejše uporabljano merilo, to je 1:25.000, dovoljuje verno in neposredno prikazovanje posameznih površinskih oblik do velikosti vrtač. Ločljivost je torej do 25 m ali 1 mm.

SINTETIČNI TIPOLOŠKI PRIKAZI VISOKOGORSKEGA GLACIOKRASA

Posredno pa tudi neposredno so z geomorfološko analizo in sintezo ter tudi z geomorfološkim kartiranjem povezani različni drugi poskusi tipološkega in hkrati prostorskega prikazovanja posameznih tipov obravnavanega reliefa. Prvotno določevanje posameznih tipov površja, ki so bili hkrati tudi veliki zaokroženi geomorfološki kompleksi, so bili prvi poskusi geomorfološke in pokrajinsko-ekološke členitve v času, ko so bile ustrezne metode še nerazvite. Najbolj zgodnji so bili poskusi vertikalnega zoniranja, kar je mogoče prikazati tudi kartografsko. Učinki recentnega podnebja pa tudi starejših klimatskih nihanj ter z njimi vred tudi učinki vegetacijske in talne odeje so v gorskem površju lepo vidni. Zato ni nenavadno, da so marsikje poskušali primerjati lastne višinske pasove in višinsko zastopanost kraških pojavov z drugimi območji in drugimi pogledi.

O. Lehman (1927) je bil med prvimi, ki je skušal površje Tote Gebirga razdeliti na tri višinske cone: 1. na cono škrapljastih plošč ali laštov, 2. na škrapljasto-vrtačasto cono kot prehodno ter na 3. cono vrtač s prevlado lijakastih vrtač. Ta je najnižja v gorovju. K temu je Rathjens (1951, 1954) dodal še četrto, najvišjo prehodno cono t. i. Scherbenkarsta ali cono prevladujočega mehničnega preperevanja.

Taka višnska razdelitev je bila sprva nerazumljiva in neuporabna za druga območja zaradi njene tesne naveznosti na določeno območje pa tudi zato, ker se je oprla na prepričanje, da so posamezne kraške oblike navezane izključno na določen višinski razpon. Šele kasnejši terminološki popravki in upoštevanje

* Zato ni oportuno imenovati geomorfološke karte v merilu manjšem od 1:50.000 oziroma 1:75.000 detajlne.

vegetacijskih pasov so omogočili bolj univerzalno tri- oziroma štiripasovno višinsko razdelitev (F i n k, 1968, 1983, K u n a v e r, 1983, 1984). Na tej osnovi so bile izdelane tudi pregledne karte visokogorskega glaciokrasa Julijskih in Kamniških Alp v merilu 1:430.000 in 1:900.000 (K u n a v e r, 1975, 1984).

Najnovejša pregledna karta krasa Zahodnih Alp prinaša celo šestpasovno višinsko morfoklimatsko razdelitev. Najvišji je pas ledeniškega visokogorskega krasa, pod njim sledi pas nivalnega krasa, ki sovpada z našim pasom golega visokogorskega krasa. Tretji je pas na zgornji meji gozda, ki je prav tako identičen z našim prehodnim pasom na isti meji. Četrty je pas gorskega krasa, peti pas krasa v hribovju in šesti, najnižji, je pas mediteranskega krasa. Posebno zanimivo je, da so avtorji povezali z višinskimi tudi litološke, vegetacijske in morfogenetske dejavnike, s čimer so dobili 19 tipov francoskega alpskega in subalpskega krasa. Ni dvoma, da bi bilo to število lahko še večje če bi želeli prikazati tipe površja v večjem merilu. Pred nami je izrazita sintetična karta, ki bi si jo želeli tudi za jugoslovanski kras, ne samo za gorski in visokogorski kras.

Zanimiv poskus sintetičnega prikazovanja tega reliefa, ki je odmik od čistega geomorfološkega kartiranja, je prispeval M. F i n k (1983). Nekatera znana območja avstrijskega alpskega visokogorskega krasa je prikazal s pomočjo pokrajinsko-ekološkega rajoniranja in tipizacije. V ospredju sta pri tem predvsem relief in njegove površinske značilnosti ter nadmorska višina. Podrejeno pa upošteva tudi litologijo in vegetacijo. V širšem opisu posameznih naravnogeografskih enot daje ponekod tudi pedološke in hidrografske podatke. Iz tega je videti, da je podrobnejša analiza območja omogočila posplošitve in sintezo kakor tudi večjo preglednost in aplikativnost podatkov. Na osnovi štirih primerov različno visokih območij razlikuje Fink naslednje naravne enote: 1. območje vrhov in grebenov, 2. območje zgornjih podov nad zgornjo gozdno mejo, 3. visokogorsko površje (Hochflächen), 4. visokogorska planota pod gozdno mejo, 5. kraško pogobljena suha dolina, 6. strma pobočja, 7. ostala pobočja, 8. druge vrste kraškega terena zaradi posebne litologije (npr. kras v sadri). V Vzhodnem Hochtoru (skupina Hochkarn) razlikuje tele enote: 1. laštasti kras, s kraškimi jarki, 3. grbinasto površje z neizrazitimi kraškimi pojavi, 4. visokogorski hrbet in položno pobočje z gruščnatim pokrovom, 5. strma pobočja.

Fink je svoje kombinirane morfografske in pokrajinsko-ekološke karte objavil v različnih merilih, od 1:100.000 do 1:25.000. Izdelane so v črnobeli tehniki in dajejo vtis učinkovite poenostavljenosti in preglednosti. Avtor se pri tem ni mogel izogniti dodatnemu označevanju množičnih, predvsem pa posamičnih kraških površinskih pojavov kot so ponori, kraški jarki, kotličji, vhodi v jame in brezna, kraška polja, konte oziroma uvale, kraški izviri, pomembnejša območja škrapelj in suhe doline. Videti je, da je tudi za Finka merilo 1:100.000 na izraziti meji med detajlnim in preglednim prikazovanjem visokogorskega kraškega površja (F i n k, 1983).

GEOMORFOLOŠKA KARTA MERILA 1:100.000 ZA NAŠE POTREBE

Zgoraj navedeni primeri kažejo, da se dosedanjim izkušnjam pri analitičnem in sintetičnem prikazovanju visokogorskega kraškega površja tudi v bo-

doče ne bo mogoče izogniti, kar pomeni, da bodo velika merila imela še naprej pomembno vlogo. Merilo 1:50.000 na primer še dopušta direktno navezavo znakov na topografsko osnovo, medtem ko to ni več mogoče v merilu 1:100.000.

Če bo treba za pregledno geomorfološko karto Slovenije vendarle uporabiti merilo 1:100.000 je najprej jasno, da obravnavani tip površja ne bo enakovredno prikazan v primerjavi z morfološko enostavnejšimi, nižje ležečimi območji. Za primer vzemimo Velike pode pod Skuto kot najbolj reprezentativno območje visokogorskega krasa v Kamniških Alpah. V omenjenem merilu zavzemajo površino 1 cm², sosednji Mali podi pa imajo stranice 6 × 6 mm. Več kot razumljivo je, da taka površina omogoča le ploskovni znak in kvečjemu še kakšnega posamičnega. Če si izberemo na primer Dolino triglavskih jezer, ki je mnogo zanimivejše in pestrejše območje, se pokaže, da bo kartografska predstavitev v tem merilu brez dobro preskušene metode lahko močno siromašna. To zaenkrat lahko sodimo iz predlagane legende, ki zanemarja specifične metodološke potrebe in pomen posameznih geomorfoloških rajonov kot je na primer slovenski visokogorski svet.

Zato vidimo izhod prav v kombinaciji geomorfološke in pokrajinsko-ekološke metode oziroma v členitvi pokrajine na homogena naravna območja. Tak postopek bi moral biti sestavni del oziroma sintetična posledica podrobnejših raziskav visokogorskega sveta. Zato raziskovalnega pristopa za izdelavo podrobnejših oziroma preglednejših geomorfoloških kart ne bi smeli organizacijsko in vsebinsko ločevati. To naj bo hkrati tudi pobuda za intenzivnejše strokovno zanimanje za visokogorsko geomorfologijo in ekologijo ne samo v Sloveniji temveč tudi v jugoslovanskem prostoru.

Sedanje poznavanje Kaninskega pogorja omogoča členitev na homogene pokrajinsko-ekološke in hkrati geomorfološke enote, ki bi bile lahko uporabne za geomorfološko karto 1:100.000. Upoštevati bi bilo treba naslednje enote: 1. območja vrhov in najvišjih grebenov, 2. skladna pobočja mejnega grebena z melišči, 3. najvišji del podov z osamelci in hrbti s pretežno laštastim površjem, 4. kraško poglobljena podolja in konte na podih, 5. srednji del podov v višini okrog 2000 m z menjavanjem lašastega in kotličastega površja na eni in ledeniško močno erodiranega in z moreno obsutega površja na drugi strani, 6. spodnji nagnjeni prehodni del podov s prevlado nagnjenih laštov in ozkih kotličastih izravnjav — polic, 1600 in 1990 m sovпада s spodnjim prehodnim pasom med (na) zgornjo gozdno in drevesno mejo (J. Kunaver, 1983, str. 321).

V drugih delih pogorja so nad gozdno mejo zastopani še nekateri tipi površja kot npr. — dolomitna pobočja, — suha dolina oz. podolje v dolomitu, — strma neskladna pobočja, — nizki hribi s subhorizontalnimi lašti ter vmesnimi kontami ter kraškimi jarki (spodnji del planote Goričice). Nižja pobočja pogorja je prav tako mogoče razčleniti v značilne tipe, vendar je bil naš namen le pokazati primer členitve najvišjih delov. Razumljivo je, da enaki tipi površja nastopajo tudi drugod v našem visokogorskem svetu pa tudi drugačni.

Vzemimo še primer okolice Triglava, ki nudi podobne možnosti za vzorčno pokrajinsko ekološko in geomorfološko-tipološko členitev. Vrh Triglava in sosednje vrhove ter grebene izločimo kot 1. tip površja, sledijo 2. strma pobočja in stene (tudi Severna Triglavska stena), 3. uravnava in pobočja Za-

planje v dolomitni podlagi z gruščnatim pokrovom, 4. laštasti in kotličasti podi severne Zaplanje, okolice Doliča, Ravnice pod Ržjo in drugih območij, 5. melišča pod stenami, 6. krnice na jugovzhodni strani Triglava z zgodnjeholocenski morenami, 7. območje triglavskega ledenika s historičnimi morenami, 8. območje Kotla z nagnjenim skalnatim (delno laštastim), ledeniško močno preoblikovanim površjem, 9. uravnan hrbet in greben Kredarice in Rži, 10. pobočja v dolomitu in dolomitiziranem apnencu južno in jugovzhodno od Triglava (Zg. in Sp. Ledina ter nad Kalvarijo), 11. zakrasela in ledeniško močno preoblikovana podolja (Dolič, Velska dolina), 12. Velo polje, itd.

Zgornje pokrajinske enote smo lokalizirali oziroma imajo deloma svoja zemljepisna imena. To ne pomeni, da ne bi bilo mogoče enak ali podoben tip površja najti drugod oziroma tip površja terminološko bolj natančno opredeliti.

ZAKLJUČEK

Izkušnje dosedanjega geomorfološkega kartiranja visokogorskega glacio-krškega sveta pri nas in po svetu kažejo, da se ni mogoče ogniti uporabi različnih meril, na eni strani zelo velikih za potrebe geomorfoloških načrtov ali krokijev, dalje najpogosteje uporabljenih meril za detajlne in osnovne geomorfološke karte kot tudi manjših meril za pregledne geomorfološke karte. Izhodišče te razprave je dilema ali je metodologija za bodočo geomorfološko karto Slovenije in Jugoslavije v merilu 1:100.000 dovolj primerna za prikazovanje visokogorskega sveta, ki vsebuje mnoge drobne oblike. Dosedanja prizadevanja v tej smeri so nezadostna kajti ta tip površja zahteva poseben metodološki pristop. Osnova zanj so lahko najprej podrobne geomorfološke proučitve in kartiranje v merilu 1:10.000 in eventualno objava geomorfoloških kart v merilu 1:25.000. Na tej osnovi je šele mogoče pristopiti h generalizaciji za potrebe pregledne geomorfološke karte kot je 1:100.000. V pomoč nam je v tem primeru lahko tudi pokrajinsko-ekološka metodologija za členitev kajti osnovni geomorfološki tipi visokogorskega, posebno golega skalnatega površja se v bistvu ne razlikujejo mnogo od osnovnih ekoloških enot. To dokazujejo primeri preglednih členitev iz avstrijskih Alp pa tudi v članku predstavljena oba primera členitev Kaninskega pogorja in okolice najvišjega vrha Julijskih Alp Triglava. S tem dobimo univerzalen ključ za členitev drugih visokogorskih območij in orodje za primerjalno geomorfologijo. S tem skušamo tudi preseči problem absolutne individualnosti posameznega območja, ki je doslej preprečeval primerjave za potrebe morfogeneze in splošne tipologije. Siceršnja avtonomnost geomorfološke in pokrajinsko-ekološke metodologije ostaja še naprej nedotaknjena, toda prav je, da iščemo stične točke, posebno če to zahteva cilj, ki ga skušamo doseči z geomorfološko karto 1:100.000. Prav tako je treba še naprej proučevati višinsko pasivnost, še zlasti v luči vertikalnih holocenskih oscilacij vegetacijske in talne odeje, ki so jih povzročile klimatske spremembe.

LITERATURA

- Chardon, M., A. Marnezy, G. Monjuvent, 1980: Grenoble, carte géomorphologique détaillée de la France au 1:50.000. Notice explicative. Centre national de la recherche scientifique. Paris.
- Delannoy, J. J., R. Maire, J. Nicod, 1984: Karsts des Alpes Occidentales, du Jura Méridional et de Provence. *Karstologia* N° 3, 1984, Fédération Française de Spéléologie. Paris.
- Fink, M., 1973: Der Dürrenstein, ein Karstgebiet in den niederösterreichischen Alpen. *Wissenschaftliche Beihefte zur Zeitschrift »Die Höhle«*, 22. Wien.
- Fink H. M., 1983: Probleme der Typisierung des Hochgebirgskarstes in den Ostalpen. *Atti Convegno Int. sul carso di alta montagna*, Imperia, 30 aprile — 4. maggio 1982, V. I. Imperia. Str. 225—238.
- Gams, I., 1975: Problemi geografskega raziskovanja ekotopov in pokrajinske ekologije v Sloveniji. *Geografski vestnik XLVII* (1975). Ljubljana. Str. 133—140.
- Gams, L., F. Lovrenčak, D. Plut, 1978: Soča, Breginj in Kamno v pokrajinsko-ekološki primerjavi. *Zbornik 10. zborovanja slovenskih geografov, Zgornje Posočje*. Ljubljana. Str. 133—140.
- Haserodt, K., 1965: Untersuchungen zur Höhen- und Altersgliederung der Karstformen in den Nördlichen Kalkalpen. *Münchener Geographische Hefte* 27. München.
- Kunaver, J., 1975: Field Trip Guide, Excursion B. Symposium on Standardisation of Field Research Methods of Karst Denudation, Ljubljana 1—5th September 1975. Ljubljana. Str. 30, Geological Survey and the Types of Glaciokarst of the Julian Alps.
- Kunaver, J., 1983: Geomorfološki razvoj Kaninskega pogorja s posebnim ozirom na glaciokraške pojave. *Geografski zbornik XXII*, 1982, str. 196—341. Ljubljana.
- Kunaver, J., 1984: The High Mountains Karst in the Slovene Alps. *Geographica Jugoslavica V*, 1983, str. 15—23. Ljubljana.
- Maire, R., 1984: Carte géomorphologique et spéléologique du »Desert de Platé«, Haut- Savoie, France. *Karstologia*. N° 3, 1984, Fédération Française de Spéléologie. Paris.
- Miotke, D., 1968: Karstmorphologische Studien in der glazial- überformten Höhenstufe der »Picos de Europa«, Nordspanien. *Jahrbuch der geographischen Gesellschaft zu Hannover, Sonderheft 4*. Hannover.
- Nicod, J., 1978: Carte géomorphologique des Massifs de Bure et D'Aurouze (Dévoluy Méridional). *Institut de Géographie D'Aix-en-Provence*, 1978.
- Nicod, J., 1984: Audoubert -Mons, carte géomorphologique des karst des plans de Provence. *Institut de Géographie, Aix-en-Provence*.
- Perna, G., U. Sauro, 1978: Atlante delle microforme di dissoluzione carsica superficiale del Trentino e del Veneto. *Memorie del Museo Tridentino di Scienze Naturali*, Vol. XXII, Nuova serie, Trento, Str. 83.
- Plut, D., 1980: Raziskovalne zasnove in delovne metode pokrajinske ekologije. *Geografski vestnik, LII*, 1980. Ljubljana. Str. 135—144.
- Predlog legende geomorfološke karte Jugoslavije v merilu 1:100.000.
- Sauro, U., 1973: Il paesaggio degli Alti Lessini, studio geomorfologico. *Museo civico di storia naturale di Verona*. *Memorie fuori serie*, N. 6. Verona.

ON THE PROBLEMS OF GEOMORPHOLOGICAL MAPPING AND TYPOLOGY OF THE MOUNTAIN GLACIOKARST RELIEF

Summary

The experiences of the up-to-date mountain glaciokarst geomorphological mapping show that it is impossible to avoid the use of different scales. Very large scales are needed for the geomorphological maps and croquis. The most used are medium scales, needed for the detailed and basic geomorphological maps. The present discussion startpoint is the dilemma whether the methodology of the future geomorphological map of Slovenia and Yugoslavia on the scale 1:100 000 is suitable enough for the presentation of the mountain karst, that encompasses many tiny forms. The up-to-date endeavours are not sufficient, as this type of relief claims its proper methodological access. The basement for it may be preliminary detailed geomorphological study and field mapping on the scale 1:10 000 that can bring about the publication on the scale 1:25 000. Having passed this introductory stage, one can start to generalize for the needs of the survey geomorphological maps on the scale 1:100 000. The regional-ecological methodology for the partitioning an area may be of great help, as the basic morphological types, especially in the bare mountain karst are essentially the same. A good proof are the examples from Austrian Alps, as well as the two presented examples of the partitioning the karst areas of Mt. Triglav in Julian Alps. So we can obtain an universal key for partitioning of other mountain karst regions, and a tool for comparative geomorphology. In this way we try to surpass the absolute individuality problem of a single studied area, and to enable the comparisons for the needs of the morphogenetics and general typology. The autonomy of the geomorphological and regional-ecological methodology remains intact, but it is good to look for the contacts, especially if endeavouring to achieve the goals of the geomorphological map 1:100 000. For the same reason the elevation belts must be studied, if regarded from the point of vertical holocene oscillations of vegetal and ground cover, induced by climate change.

KOMPARATIVNOST KRŠKOG, GLACIALNOG
I PERIGLACIALNOG PROCESA U RELIJEFU
JUŽNOG VELEBITA

(SA 11 SLIKA)

COMPARISON OF KARST, GLACIAL AND PERIGLACIAL PROCESS
IN THE RELIEF OF SOUTHERN VELEBIT

(WITH 11 FIGURES)

SRDJAN BELIJ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
mag. SRDJAN BELIJ
Odsek za geografiju PMF Priština
Maršala Tita b. b.
38000 Priština
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.44:551.33(234.422.1)
551.33:551.44(234.422.1)

Belij Srdjan: Primerljivost kraškega, glacialnega in periglacialnega procesa v reliefu južnega Velebita

Tako po svoji obliki, kot nastanku, je Velebit enak ostalim visokim masivom obalnih Dinaridov. Ugodni geološki in klimatski pogoji so povzročili, da se je tod kras razvil do popolnosti. Avtor ugotavlja, da orjaške vrtače in ostale periglacialne oblike v višjem, južnem delu Velebita odražajo predvsem krajevne klimatske pogoje in manj bližino možne snežne meje.

Abstract

UDC 551.44:551.33(234.422.1)
551.33:551.44(234.422.1)

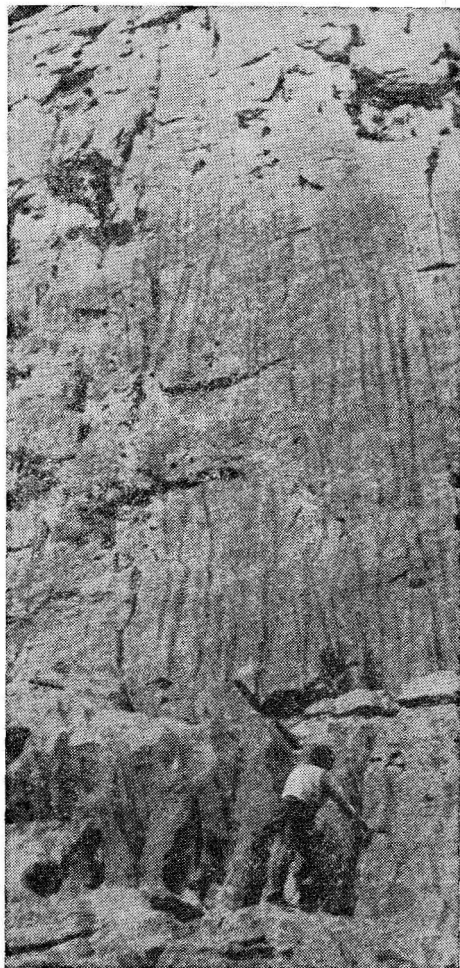
Belij Srdjan: Comparison of karst, glacial and periglacial process in the relief of southern Velebit

Regarding either its shaping or its origin, the Velebit is equal to the other high complexes of coastal Dinarids. The suitable geological and climatic conditions brought about a complete development of the karst. The author concludes, that the giant dolines and other periglacial features of the southern, higher part of Velebit reflect local climatic conditions, rather than the neighbourhood of the possible permanent snow boundary.

KOMPARATIVNOST KRAŠKOG, GLACIJALNOG I PERIGLACIJALNOG PROCESA U RELJEFU JUŽNOG VELEBITA

Po svom položaju Velebit se ubraja u planine primorskog niza Dinarida. Pruža se u pravcu severozapad-jugoistok između 44° i 45° severne geografske širine i između 15° i 16° istočne geografske dužine, na dužini od 145 km, a širina mu varira od 8 km do 30 km. Sam južni Velebit predstavlja najmarkantniju celinu čitavog Velebita. Jedino se ovde vrhovi dižu iznad 1700 m. Od srednjeg Velebita je odvojen širokim Oštarijskim poljem i prevojem na 927 m, a od jugoistočnog sedlom Mali Halan na 1045 m. Sa primorske strane južni Velebit se direktno obrušava u more, a sa ličke ga jasno uočljiv pregib odvaja od blago zatalasane visije. Ovako shvaćen južni Velebit je dugačak 54 km, a prosečno je širok 12 km.

Iako na prvi pogled predstavlja jedinstven greben, to je ustvari mnoštvo haotično razbacanih kupastih vrhova sa lavirintom dubokih vrtača i uvala između njih. Južni Velebit čine primorska i lička padina i široki greben. Uzdužni rasedi su na padinama uslovili pojavu pregiba i to na primorskoj padini na 800—900 m, a na ličkoj na 1100—1300 m. Pregibi se manifestuju nizovima kraških depresija, uglavnom uvala i vrtača, a najizrazitiji su kod kraškog polja Rujno, gde im širina dostiže i do 1 km.



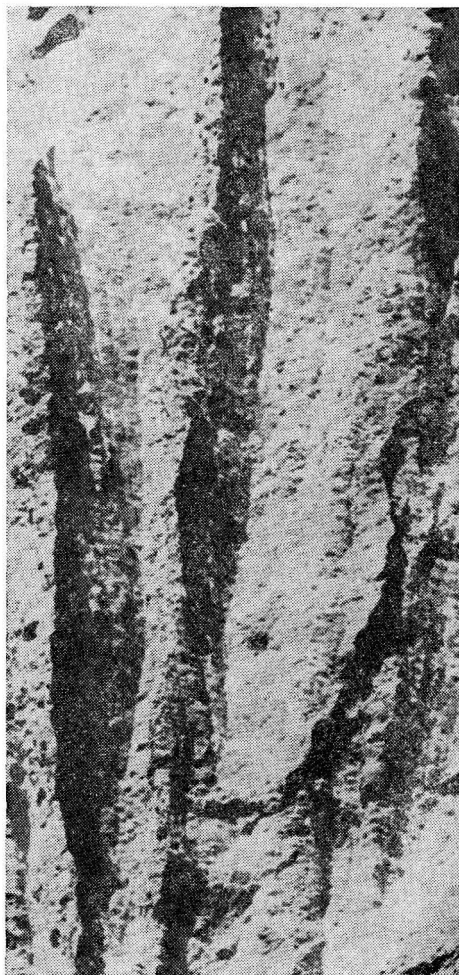
Sl. 1. Zidne škrape ispod Buljme
Fig. 1. Wall-rills below Buljma

Čitav južni Velebit je sastavljen od karbonatnih stena. Prevladavaju krečnjaci mezozojske starosti (na ličkoj padini trijaski, na glavnom grebenu i višim delovima primorske padine jurski, a niže ka moru kredni). U Primorju su paleogene starosti. Taj je superpozicioni niz narušen na pregibima prodorom permo-karbonskih škriljaca i pešćara na ličkoj padini i mlađepermskih dolomita u uzdužnoj dolini Brezimenjače i Velike Paklenice na primorskoj padini (Nikler, Sokač, Ivanović, 1965).

Svim faktorima koji utiču na kraški proces (morfologija terena, geološki sastav, tektonika, klimatsko-hidrološke odlike, biljni svet) upravo su se na prostoru južnog Velebita stekli najpovoljniji uslovi za nesmetani razvoj. Iako je u osnovi jednostavne, antiklinalne građe, deformacije mlađih tektonskih pokreta prouzrokovale su na južnom Velebitu dominaciju rasedne tektonike. Intenzivna izdizanja i ubiranja od oligomiocena do pleistocena dovela su

ne samo do talasanja, već do pravog gužvanja krečnjačkih slojeva. Brojne pukotine svih veličina doprinele su bržoj cirkulaciji vode, a obilje padavina na površini i smer podzemne cirkulacije doveli su do znatnog rastvaračkog rada kako na površini, tako i u unutrašnjosti krečnjačkih masa. I izrazite klimatske razlike između podnožja primorske padine južnog Velebita (srednja godišnja temperatura 14,9 °C i godišnja suma padavina 1188 mm) i njihovog glavnog grebena (srednja godišnja temperatura 2,8 °C i godišnja suma padavina 3400 mm na 1700 m n. v.) jasno govore o modifikacijama razvoja kraškog procesa (Belij, 1984).

U nižim predelima, na ogoljenim površinama najčešće se sreću škrape. Ima ih na velikim odsecima, na usamljenim stenama i kukovima, na krupnijem drobinskom materijalu fosilnih pleistoceničkih sipara — od najmlađih, poput zatalsane vodene površine, do preizdubljenih japaga i škrapskih bunara. Često



Sl. 2. Rebraste škrape sa sekundarnim škrapama na bridinama

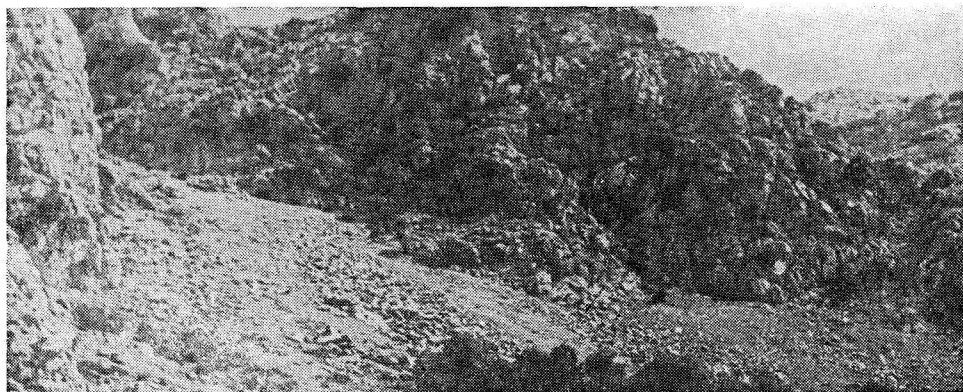
Fig. 2. Solution runnels with secondary rills on their flanks

su čitavi odseci izbrazdani škrapama (Sl. 1). Na istom mestu ima ih toliko malih da se jedva oseće pod prstima, većih, sa oštrim bridinama poput noževa i još većih po čijim se brazdama taloži grohot — drobinski materijal od izmrvljenih bridina, do najvećih, kojima za vreme kiše teku čitave bujice. Najimpozantnije su rebraste škrape (Sl. 2.) visoke preko 10 m i duboke 0,5—0,8 m, usečene u vertikalnim stenama. Na njihovim se bridinama zapažaju sekundarne škrape. Sa povećanjem nadmorske visine škrapa je sve manje, a iznad 1000 m gotovo ih i nema. Iznad 1300—1400 m više ne mogu ni da se nađu, jer prevladava proces mraznog razoravanja.

U istom pojasu sa škrapama javljaju se i kamenice. Ima ih svih oblika i dimenzija, a prevladavaju plitke tanjiraste, često sa otokama. Ponegde se sreću i preizdubljene, u odmakloj fazi evolucije, pretvorene u bunare duboke i više metara (Anića kuk, Buljma). Iako su uglavnom sve kamenice poligenetskog porekla (uz kraški i biohemijski proces) izdvajaju se one u većim delom godine suvim koritima Velike i Male Paklenice kao fluvio-kraške kamenice. Tekuća voda povremenih potoka obeju Paklenica gotovo je ispolirala njihove strane, a ponegde su i levkastog oblika usled vrtložnog kretanja vode. Međutim, kada prestane površinsko oticanje u tim se udubljenjima zadržava voda, a padavine donose nove količine. I dalje hemijski aktivna, voda produbljuje u krečnjaku najraznovrsnije oblike, ali su sve ipak izdužene u pravcu oticanja rečnog toka.

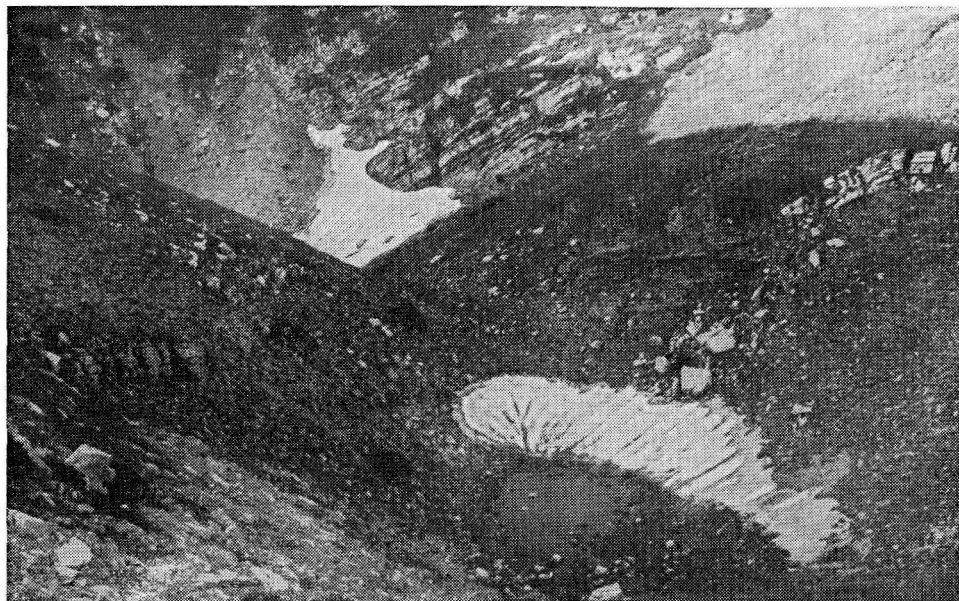
Za same doline Velike i Male Paklenice vezani su i padinski procesi. Čitavi nizovi više-manje paralelnih točila nad strmim liticama kanjonskih i klisurastih dolina i potpuno sraslih konusa sipara protežu se na čitavoj dužini poprečnih tokova. I dok su u srednjem toku Velike Paklenice fosilizovani i umrtvljeni vegetacijom, u donjim tokovima Velike i Male Paklenice su vrlo živi, a raspadanje blokova i osipanje drobine može i golim okom da se prati (sl. 3).

Iako su brojno vrtače najčešće, ipak uvale daju morfološki pečat fizionomiji nižih delova primorske padine, naročito u međurečju Velike i Male Paklenice. Tu se ističu Grabova dolina, Veliko i Malo Močilo itd.



Sl. 3. Sipari srasli u plazeve u podnožju krečnjačkih odseka u klisuri-pribojnici Male Paklenice

Fig. 3. The screes merged to land-creeps at the foot of limestone areas in the Mala Paklenica canyon



Sl. 4. Preizdubljene levkaste vrtače u najvišoj zoni glavnog grebena južnog Velebita

Fig. 4. Funnel-like dolines in the highest part of the main ridge of the southern Velebit

Severozapadno od Velike Paklenice je na 800—900 m izuzetno zaravnjeno kraško polje Rujno. Jugoistočni, veći deo je korozivno zasečen u strmo uslojenim jurskim krečnjacima, a severozapadni, manji deo je zasut fluvioglacialnom plavinom. Veliko i Malo Rujno su međusobno odvojeni džinovskom čeonom morenom, 2 km dugačkom Rujanskom kosom.

Posebnu grupu oblika na primorskoj padini čine kukovi, ostenjci i obelisci. Tipični primeri su Manita kuk, Vidakov kuk, Štapić, Zamršten kuk, a Bojin kuk (1121 m) je samo najviši u čitavom lavirintu kula, tornjeva i ostenjaka nazvanih jednim imenom Bojinac. Vrlo su slikoviti oni primeri duž čijih se masivnih, glatkih strana spuštaju nizovi paralelnih škrapa.

Za visokoplaninski kras južnog Velebita posebno su karakteristične duboke levkaste vrtače smeštene između kupastih vrhova glavnog grebena. Dubinama 300—400 m i sa prečnicima 600—900 m imaju naglašenu predimenzioniranost kao posledicu velikog iznosa vertikalnog tektonskog izdizanja, kao i akumulacije snega i leda tokom pleistocena u njima. Proces njihovog narastanja u dubinu još nije završen jer velike količine snega koje padnu u zimskoj polovini godine nemaju, otapajući se, gde da oteknu, već poniru na dnu. U mnogima od njih proces otapanja snega i poniranje sočnice traje čitavu letnju polovinu godine, a u onim najdubljim, gde sunčevi zraci retko prodiru, stari sneg na dnu dočekuje nov (Sl. 4.).

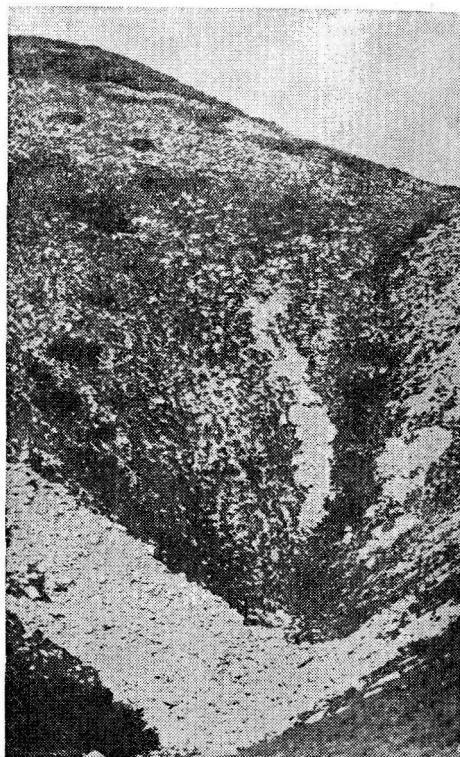
Sneg morfogenetski deluje na podlagu trajanjem pokrivača, pritiskom naslaga i kretanjem. Prema kartama iz Atlasa klime SFRJ (1969) od preko 2500 mm padavina 2/3 padne u hladnijoj polovini godine. Prosečan broj dana u godini sa snegom debljim od 10 cm je na Strugama, Javorniku i Oglavinovcu prosečno 150 dana, a na Rujnu 70—100 dana. Morfoloških tragova laganog klizanja snega na podlozi nema; mogu se zapaziti samo za vreme egzistovanja snežnog pokrivača. Mnogo su izrazitiji tragovi koje ostavljaju lavine. Takvih tragova u obliku lavinskih i šumskih koridora ima na više mesta (ispod Babinog vrha, Vaganskog vrha, Segestina i Malovana na ličkoj padini i ispod Rappavca i Crljenog kuka na primorskoj padini. Udarana moć lavina pojačana je obiljem stenovitih blokova i drobine koju sneg pokupi na siparima.

Apsolutne visine na južnom Velebitu ne dozvoljavaju postojanje snežanika. Izuzetak je firnski snežanik u snežaničkom cirkru severozapadno od Vaganskog vrha, na 1680 m. To što se snežanici ipak pojavljuju posledica je specifičnih mikroklimatskih i morfoloških uslova, a ne blizine snežne granice. Duže zadržavanje snežnih fleka dovodi do formiranja snežaničkih cirkova i snežaničkih niša i uloka. Sa jastučastim soliflukcionim bedemima ispred i polukružnim, potkovičastim udubljenjem u pozadini, snežaničke niše i uloke su široko rasprostranjene. Najviše ih ima duž glavnog grebena, između Babinog vrha i Svetog brda, ali su česte i na Strugama, Javorniku, Visočici. Na lokalitetima sa manjom nadmorskom visinom (Bojinac, Veliko Rujno, Stražbenica, Dušice)



Sl. 5. U prvom planu polukružne snežaničke niše, a u pozadini »zgužvani« travni pokrivač kao posledica soliflukcionog procesa

Fig. 5. Nivation hollows in the first plane; uneven turf due to the solifluction in the background



Sl. 6. Kamene struje — čest oblik mraznog razoravanja i sortiranja na glavnom grebenu

Fig. 6. Blockstreams are frequent on the main ridge

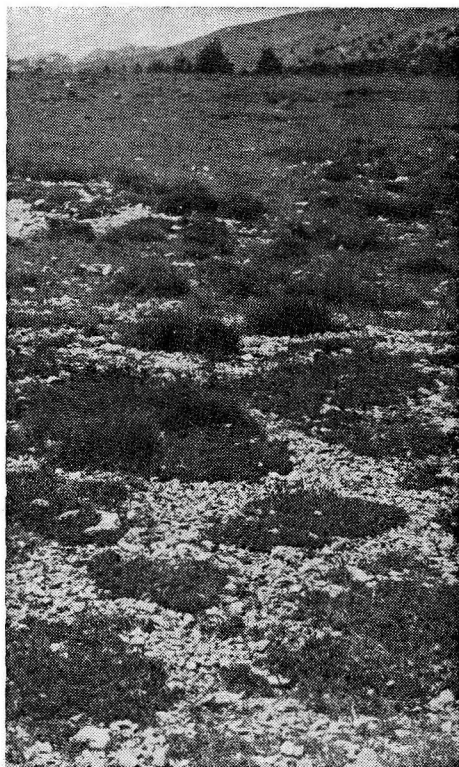
niše i uloke se javljaju kao posledica temperaturne inverzije u zatvorenim kraškim depresijama.

Za soliflukcioni proces vezan je čitav niz oblika. Na padinama sa travnim pokrivačem, usled naizmeničnog zamrzavanja i kravljenja tankog sloja zemljišta dolazi do »gužvanja« travnog tepiha (Sl. 5.). Ponegde se to manifestuje nadimanjem pojedinih busenova (Struge, Veliko Rujno), ponegde klizanjem pojedinih delova travnog pokrivača u vidu jezika (Strige, Javornik), a ponegde travni pokrivač puca na padini, a u te pukotine mraz istiskuje drobinu iz tla (vegetacione terasete na Strugama, Svetom brdu, Dušicama). U krajnjoj fazi travni pokrivač je potpuno uništen, a pojedini busenovi se sami kreću (migrirajući busenovi na V. Rujnu). Ovaj je proces naročito intenzivan u proleće, kada je velika količina vlage u tlu i kada je često kolebanje temperature oko nultog podeoka.

U odsustvu travnog pokrivača mraz razorava podlogu i dolazi do formiranja kamenih struja (na stranama levkastih vrtača duž glavnog grebena) (Sl. 6.) i mora kamenja (ispod Badnja, na Babinom vrhu). Poseban oblik je mrazno sortirana drobinu (Sl. 7.) u kombinaciji sa plivajućim pegama travnog tepiha — mozaik (Struge, Malo i Veliko Rujno, Javornik).

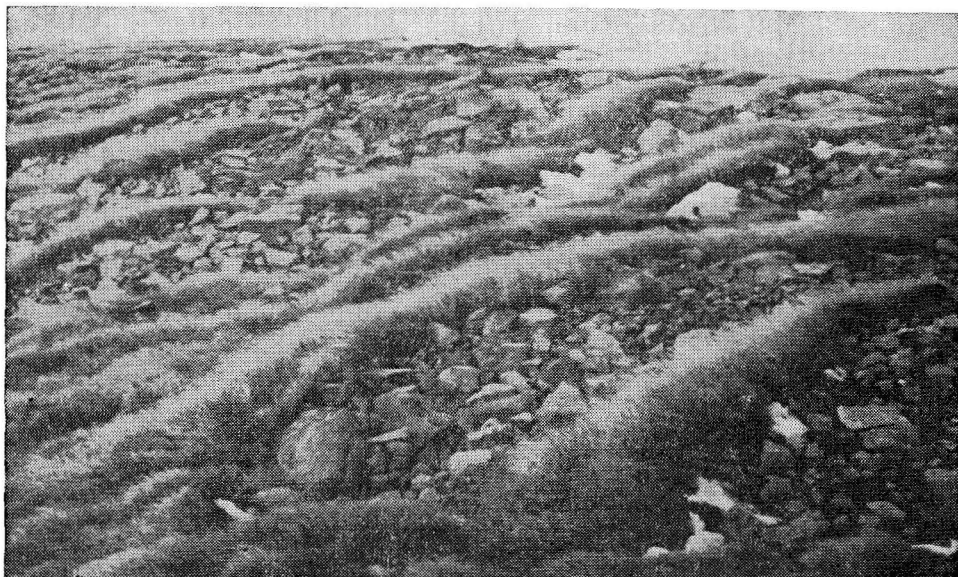
Glacijalni oblici reljefa razvili su se tokom mlađeg pleistocena u specifičnim uslovima prepleistocenog kraškog reljefa. Izdignute u krilu ličke antikli-

nale i izmrvljene brojnim uzdužnim i poprečnim rasedima, krečnjačke mase južnog Velebita bile su pogodna osnova za intenzivan razvoj kraškog procesa. Tada su i formirani glavni makro i mezo oblici kraškog reljefa — pre svega uvale i vrtače duž glavnog grebena. Upravo ti oblici inicirali su akumulaciju snega i firna. Napadnute agresivnom vodom otapajućeg snega koji se sa zahlađenjem znatno duže zadržavao, krečnjačke mase su intenzivno rastvarane u vertikalnom pravcu. Dolazi do njihovog produbljivanja i predimenzioniranja. Jugoistočno zaleđe Struga, Javornik, Oglavinovac i Jančarica poslužile su za akumulaciju snega i leda odigravši ulogu cirkova. Međutim, specifičnost velebitske glacijacije je i u tome što su upravo ti cirkovi poslužili i kao valov u maksimumu rasprostranjenja leda jer se led iz cirkova kao lokalnih žarišta počeo kretati sa Struga kroz Javornik i Oglavinovac, gde je priticao ledeni jezik iz Jančarice, te su sjedinjeni nastavili u dva kraka preko Ivankovačkog sedla (Sl. 9.) i Ribničkog prolaza, da bi se zatim spojili i kao jedinstvena ledena reka spustili niz Ribnička vrata, odbili se od boka Višerujna i skrenuli na jugozapad. Tu, na Rujanskom polju, na 840 m n. v. ledenik se završavao (Sl. 11.) staloživši džinovsku čeonu morenu dugu 2 km i visoku do 120 m. U svom maksimumu Ribnički lednik je bio dugačak 10,5 km, a imao je oko 1 km³ leda. Prilikom regresije prvo se otapao na prečagama između pojedinih kraških depresija i pri tome razbijao na manje cirkne lednike u kojima je egzistovao



Sl. 7. Mozaik mrazno sortirane drobine i plivajućih pega vegetacije na V. Rujnu

Fig. 7. A mosaic of cryogenetically sorted gravel and "floating" vegetational circles in the middle of Veliki Rujan



Sl. 8. Vegetacione terasete jugozapadno od Svetog brda, na 1550 m n. v.
Fig. 8. Vegetational terraces SW from Svetog brdo, 1550 m above the sea level



Sl. 9. Ledničkom erozijom modelovano Ivankovačko sedlo
Fig. 9. The Ivankovačko sedlo pass shaped by glacial erosion

mrtav led do otapanja. Sa svim tim osobinama Ribnički lednik je pripadao kraško-dolinskom tipu. Uglučene strane Zamrštena, Ivankovačkog sedla i zaobljena glavica na izlazu iz Ribničkih vrata tipični su primeri mutoniranih stena. Na Strugama, gde se ledena masa račvala (glavni krak prema Javorniku i bočni ka Buljmi — 1 km i Štirovcu — 1,9 km) zaostao je čitav kompleks haotično razmeštenih morenskih bedema i mutoniranih krečnjačkih glavica (Sl. 10).

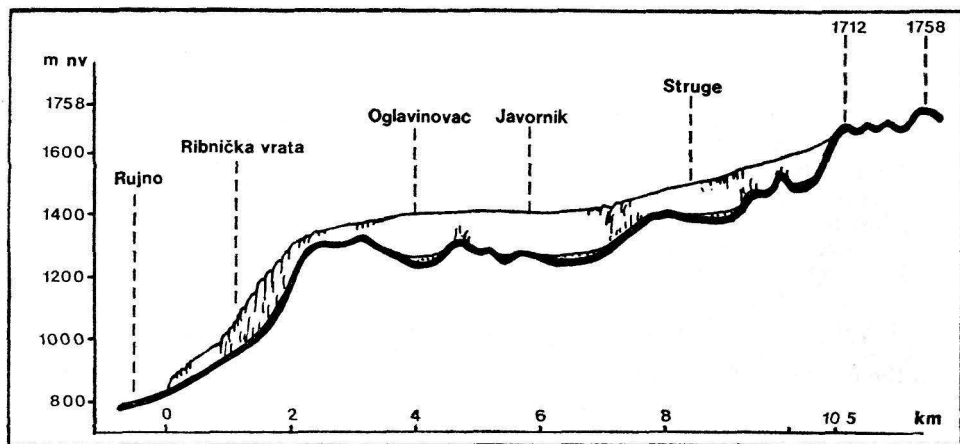
Svi ostali lednici na južnom Velebitu su bili znatno manji (viseći lednici kod Babinog vrha i Bunovački i cirkni u izvorištu Male Paklenice, duž primorske ivice glavnog grebena i na Dušicama), ali su ipak ostavili tragove na krečnjačkoj podlozi (mutonirane stene na prečagama između vrtača, uglučene krečnjačke ploče između Malovana i Segestina).

U produžetku Ribničkog lednika, na Malom Rujnu, obrazovana je fluvioglacialna plavina sa krupnom i slabije zaobljenom drobinom, a u produžetku, u Zavrati, plavinski materijal je sitniji i potpuno zaobljen, pretaložen iz prethodne. Krupne plavine zapažaju se i pod Crljenim i Babinim kukom, na desnoj strani doline Velike Paklenice, a fluvioglacialnog porekla su i fleke okonglomeratisane drobine na izlazu Velike Paklenice iz kanjonskog dela doline, na 2—3 km od ušća u more. Na ličkoj padini vrtače i uvale bivaju tokom pleistocena zasipane fluvioglacialnim materijalom, njihovi se ponori zatrpavaju, bujice popunjavaju depresije i produžuju svoj tok ponegde i do podnožja padine. Takav je slučaj sa nizom vrtača i uvala na liniji Štirovac—Mijalčin kuk (Štirovac, Grubišin dolac, Studena draga).



Sl. 10. Struge — morenski kompleks na 1400—1450 m n. v.

Fig. 10. The morrainic complex Struge, 1400 m to 1450 m above the sea level



Sl. 11. Ribnički ledenik u doba maksimalnog prostiranja

Fig. 11. The Ribnički glacier at the time of its maximum extent

U postpleistocenu oživljava kraški proces i napada krečnjak. Taj je proces najočigledniji kod mutoniranih stena koje su u znatnoj meri razjedene, kao i kod eratičnih blokova na čeonj moreni Ribničkog lednika, gde se javljaju mlade škrape i kamenice.

LITERATURA

- Atlas, klime SFRJ, 1969. Izd. Hidrometeorološke službe SFRJ, VGI Beograd.
- Belij, S., 1979: Velika i Mala Paklenica u južnom Velebitu — geomorfološki prikaz. Diplomski rad na PMF, Beograd.
- Belij, S., 1984: Glacijalni i periglacijalni reljef južnog Velebita. Magistarski rad odbranjen na Odseku za geografiju PMF Beograd.
- Nikler, L., Sokač, B., Ivanović, A., 1975: Strukturna građa jugoistočnog Velebita. Acta carsologica JAZU knj. 5. Zagreb.
- Poljak, J., 1929: Geomorfološki oblici krednih kršnika Velebita Vijesti Geološkog zavoda, knj. III, Zagreb.
- Poljak, J., 1947: O zaleđenju Velebita. Geološki vjestnik knj. 1. Zagreb.
- Rogić, V., 1957: Velebitska primorska padina. Geografski glasnik sv. 19. Zagreb.

COMPARISON OF KARST, GLACIAL AND PERIGLACIAL PROCESS IN THE RELIEF OF SOUTHERN VELEBIT

Summary

Markedly raised above the sea, Velebit is identical with the other mountains of Adriatic Coastal Dinarids (Risnjak, Snežnik, Velika Kapela, Biokovo, Orjen, Lovćen) both in its form and geological composition and morphohydrogenesis. Located in the region of Dinaric holokarst, predetermined by an intensive tectonic piece-breaking, a favourable Mediterranean climate and the absence of vegetation on the coastal slope, the karst process has been completely developed.

Exaggerated emphasizing of karst form in highest zone of the main range of southern Velebit (gigantic funnel-shaped depressions) is a reflection of pleistocene cooling and accumulation of ice in them and an exceptional richness in forms of the periglacial process points out local climate-morphological suitabilities rather than the closeness of snow line.

GEOMORFOLOŠKA KARTA PODRUČJA
VELIKE PAKLENICE, 1:25.000

(SA 2 SLIKE)

THE GEOMORPHOLOGICAL MAP OF VELIKA PAKLENICA
(WITH 2 FIGURES)

ANDRIJA BOGNAR
IŠTVAN BLAZEK

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985
*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
dr. ANDRIJA BOGNAR, dipl. ing.,
IŠTVAN BLAZEK, dipl. ing.
Geografski odjel PMF Zagreb
Marulićev trg 19/II
41000 Zagreb
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.44(234.422.1)

Bognar Andrija, Blazek Ištvan: Geomorfološka karta območja Velike Paklenice (1 : 25 000)

Geomorfološka karta zajema območje doline Velike Paklenice in sosednja pobočja Velebita. Ozemlje gradijo pretežno karbonatne kamnine, prevladujoče tektonske smeri pa so dinarske. Na obravnavanem ozemlju nastopajo zelo različni podtipi površinskega krasa, ki jih avtorja podrobneje obravnavata. Ugotavljata, da je bilo fluvialno preoblikovanje učinkovitejše v pleistocenu.

Abstract

UDC 551.44(234.422.1)

Bognar Andrija, Blazek Ištvan: The geomorphological map of Velika Paklenica region (1 : 25 000)

The map covers the Velika Paklenica valley and the adjacent areas of the Velebit mountain flanks. The terrain is mostly built of carbonate rocks, governed by dinaric tectonic. The area encompasses a number of types of superficial karst, which are considered in details. The authors conclude that the fluvial shaping was the most effective in pleistocene.

OPĆE MORFOLOŠKE OSOBINE

Kartirano je područje doline i kanjona povremenog vodotoka V. Paklenice, dolina povremenog toka Brezimenjače i dijela JZ padine planinskog masiva Velebita.¹

U izvorišnom dijelu toka V. Paklenice i u dolini toka Brezimenjače do izražaja dolazi dinarski pravac pružanja osnovnih reljefnih jedinica, SZ—JI. Od sastavka dviju dolina kod Ramića pa sve do Anića kuka dolina V. Paklenice skreće gotovo pod pravim kutom u smjer SSZ—JJI, da bi nakon toga sve do Marasovića, gdje prestaje njen dolinski karakter, generalno slijedila pravac SI—JZ. Ukupna duljina doline jest 12 km, a uključujući plavinu kod Starigrada 15 km.

Izvorišni dio doline V. Paklenice do Ramića, odnosno njenog sastavka s dolinom Brezimenjače, asimetričnog je poprečnog izreza, s tim da joj na JZ granicu predstavlja veoma strmi greben Klimenta (36—55°), a SZ nešto blaža padina (16—35°) središnjeg grebena Velebitskog masiva oblikovana u siparištima i koluvijalnim zastorima. U svom vršnom dijelu padina prelazi u veoma

¹ Kartiranje je izvršeno na temelju unificirane legende i tumača geomorfološke karte SFRJ mjerila 1 : 100.000. Kartirano područje obuhvaća površinu od 44,56 km².

izraziti denudacijsko-strukturni eskarpmann (preko 55°). U tom dijelu dolina V. Paklenice kao linearna, fluviudenudacijska, reljefna jedinica složene je prirode. Ima sve osobine uske asimetrične uzdužne doline. Odlučujući utjecaj na njeno oblikovanje imali su tektonska struktura prostora i litološki sastav. Impermeabilna litološka osnova trijasko-permskih naslaga (pješčenjaci i škripljevci, te dolomiti) nesumnjivo je pri tome imala veoma veliku važnost, no, ne smije se ispustiti iz vida niti činjenica da je sekundarno formiranje natražne antklinale na tom području, kao izraz, djelomične kompenzacije tendencije prebacivanja osnovne antiklinalne strukture Velebita na JZ pod utjecajem starog trijaskog grebena Klimenta — V. Golić (L. Nikler i ostali, 1965), strukturno također bitno utjecalo na usmjeravanje fluviudenudacijskih procesa i morfolofrfske osobine izvorišnog dijela doline. Oblikovanje okršene doline periodskog toka Brezimenjače može se isto tako dovesti u vezu s dosad rečenim.

Nizvodno od sastavka s okršenom dolinom Brezimenjače dolina V. Paklenice ima složeniju reljefnu strukturu. Od Ramića (pl. dom) do šumarske kuće (cca 1—1,5 km) ima kanjonski karakter, da bi dalje do Anića Luke dobila osobine uske asimetrične do simetrične doline, tipičnog V izreza poprečnog profila. Tok se tu probija kroz jurske vapnence s ulošcima dolomita, koji su, intenzivnom mlađom tektonikom nižeg reda, izvanredno razlomljeni (S. Božičević, 1965). Litološke osobine i mikrotektonska razlomljenost područja bitno su utjecali na osobine modeliranja tog dijela doline V. Paklenice. Pojava kuckova, škrapara, grohota, eskarpmanna, pećina i sukcesija siparišnih konusa i koluvijalnih zastora izraz su djelovanja intenzivnih korozivskih i padinskih (derazijskih) procesa u prošlosti i danas. Padinski procesi imaju danas, bez obzira na prevladajući karbonatni petrografski sastav, odlučujuću ulogu u morfolofskom oblikovanju prostora (spiranje, osipanje i urušavanje). Slobodno se može tvrditi da su takovi morfogenetski odnosi vrijedili i u suho-hladnim fazama pleistocena. Fragmenti cementiranih padinskih breća i do 80-tak m relativne visine iznad današnjeg korita V. Paklenice najbolji su pokazatelj karaktera morfolofskih procesa u tom geolofskom vremenskom intervalu. Znači to istovremeno da je tokom odgovarajućih faza pleistocena dolina bila znatno plića obzirom na intenzivnu akumulaciju padinskih, i vjerojatno, fluvioglacijalnih sedimenta. Uz klimatske prilike (periglaciala!) od utjecaja su imali i neotektonski pokreti, koji su tokom pojedinih potresa također intenzificirali procese urušavanja i osipanja (S. Božičević, 1965).

Od Anića kucka do Marasovića doline V. Paklenice ima najizrazitije kanjonske osobine. Veoma je jasno definirana strmim eskarpmanima, egzogenog tipa. Kanjon je uzak (nekoliko 10-tina m) i dubok (do 400 m). Izuzetak u tome čini strukturno predisponirani stjenoviti odsjek Anića kucka visine od 400 m (S. Božičević, 1965). Pored korozivskih procesa i mehaničke erozijske snage vodotoka, koji tu danas ima sve osobine povremenog bujičastog toka, na recentno oblikovanje kanjona od bitnog utjecaja su imali, i u recentnom razdoblju, osipanje (siparišta, koluvijalni zastori), spiranje (deluvij) i urušavanja. Urušavanja naročito izražaja imaju neposredno ispod Anića kucka. Urušeni stjenoviti blokovi, težine i po nekoliko 10-na tona, djelomično su zagradili kanjon, pa se tok V. Paklenice tu probija nizom brzaka i manjih slapova. Kako su u okviru kanjonskih strana uočene cementirane breće siparišnog i urušnog porijekla

50—80 m iznad dna kanjona, očito da su padinski procesi bili od velikog utjecaja na morfološko oblikovanje doline i tokom pleistocena.

Nizvodno od ulaza u najizrazitiji dio kanjona, pa do Marasovića dolina se sve više širi, pa tu ona ponovo ima sve osobine duboke doline asimetričnog tipa s karakterističnim poprečnim profilom definiranim eskarpmanom (preko 55°) u višem i blažom dolinskom stranom u nižem dijelu (12—32°) oblikovanom u siparištima, deluviju, proluviju, urušnom i fluvijalnom (fluvoglacijalnom?) materijalu. Dolinska ravan široka je mjestimično i do 100 m. Škrapari i pojava pećina izraz su intenzivnih korozivskih procesa u morfološkom oblikovanju karbonatne podloge.

GEOLOŠKE OSOBINE

Zonalno pružanje mezozojskih i transgresivni položaj paleogenskih naslaga, dominantno-karbonatskog razvoja, s tektonskim prodorom onih paleozojske starosti *osnova je osobine geološke grade i sastava* istraživanog područja. Idući od Jadranske obale na SI Jelar naslage naliježu na naslage krede i jure. Kredne naslage pripadaju razvoju vapnenih breča s sporadičnom pojavom uslojenih vapnenca. Jurske naslage karbonatnog razvoja (vapnenci s ulošcima dolomita) sežu od JZ—SI padina masiva Velebita, i tektonski poremećeni, obrubljuju trijasko-permsku antiklinalu V. i M. Paklenice. Trijas je karakteriziran većom varijabilnošću facijesa, no, ipak njegova veća masa pripada karbonatima. Važno je međutim, da se upravo u izvorišnom dijelu V. Paklenice i Brezimenjače javlja i u klastičnom razvoju (pješčenjaci i škriljci) u izmjeni s karbonatima (L. Nikler i ostali, 1965). Sve to jasno ukazuje na superpozicijski slijed naslaga od perma do paleogena.

U tektonskom pogledu područje V. Paklenice dio je JZ krila Velebitske antiklinale. Neotektonski pokreti su je u znatnoj mjeri deformirali i dislocirali. Izraz toga je oblikovanje sekundarne antiklinale na području V. i M. Paklenice. Dominira mlađa rasjedna tektonika koja, međutim, ne mijenja bitno primarnu strukturu (L. Nikler i ostali, 1965). Glavni rasjedi su oni SZ—JI, koji lokalno poprimaju osobine reversnog kretanja. Treba naglasiti da su upravo u području razvoja jurskih naslaga mikrotektonski pokreti s pojavom brojnih većih ili manjih poprečnih i dijagonalnih lomova bitno oštetili stjenovite komplekse, što je nesumnjivo imalo veoma jakog utjecaja i na usmjerenje egzogenog modeliranja te formiranje osnovnih morfostrukturnih osobina područja.

VRSTE I TIPOVI RELJEFA

Planinski karakter područja s prevladajućom karbonatnom podlogom, koja je mikrotektonski veoma razlomljena (jurske naslage), uvjetuje dominaciju *krškog reljefa* predstavljenog škraparima, ponikvama, uvalama, stjenovitim odsjecima, kukovima, pećinama i akumulacijskim krškim oblicima (sige). Plošno promatrajući na dolinskim stranama Velike Paklenice i na JZ padini Velebita izmjenjuju se tipovi ljutog krša, krša kulastog oblika i grohota, naravno, tamo gdje stjenovita podloga nije pokrivena padinskim naslagama, šumskom vegetacijom i makijom.

Tipovi ljutog krša i grohota imaju najveće raspostranjenje. To su najčešće škrapari različite faze razvoja koji prema vršnom dijelu dalje prelaze u kukove, najčešće, eskarpmane. Posebno je to osobina središnjeg i donjeg dijela doline. *Kulasti krš* ili krš kukova dominira na kranjim SZ padinama grebena Klimente. Predpostaviti se može da, zavisno od udjela dolomitne komponente, dolazi do diferenciranog trošenja stijenske mase pri čemu kompaktniji dijelovi vapnenca zaostaju kao istaknuta kulasta uzvišenja.

Škrape su najčešći površinski reljefni oblici krša u okviru kartiranog područja. U njihovom nastanku veliku važnost imala je struktura stijena. Upravo stoga, dobar dio njih ulazi u kategoriju pukotinskih škrapa i grižina. Uz dijastrome, značajnu ulogu u usmjeravanju korozivskih procesa imale su dijaklaze i brahiklaze, pa škrape stoga, pripadaju mrežastom tipu. Posebno su karakteristične za središnji dio i donji dio doline V. Paklenice. Dio škrapara, naročito na istočnoj dolinskoj strani njenog središnjeg dijela intenzivnom rastrožbom ušao je u fazu grohota. Tako nastalo kršje gravitacijski se kreće niz padinu, formirajući svojevrstne koluvijske zastore. Grižine se modeliraju pod plaštom padinskog materijala, da bi novijim razvojem pod utjecajem spiranja ogoljele. Pored škrapa najrašireniji mikrokrški oblici su kamenice.

Po svom razvoju *ponikve i uvale* vežu se za JZ padinu Velebitskog masiva, dakle, za međuprostor između dolina V. i M. Paklenice i područje SZ od V. Paklenice. Ponikve su tanjurastog oblika. Dno im je ravno i pokriveno tlom (Jurline!). Kako su gotovo bez izuzetka oblikovane na dnu uvala, i to generalno gledajući u pravcu, očito im je morfogeneza, kao i samih uvala, vezana za odgovarajuće mikrotektonske pukotinske sisteme. Kako je uz rasjede stijenski kompleks najštećeniji korozivsko djelovanje voda atmosferskog porijekla je tu i najznačajnije. Uvale su izdužene dinarskim pravcem pružanja (2—3 km).

Kukovi se pojavljuju isključivo u području dominacije jurskih vapnenca, za koji se vežu ulošci dolomita. Kako je dolomit podložan mehaničkoj rastrožbi kompaktniji i otporniji vapnenački dijelovi stijenskog kompleksa zaostaju kao kulasta uzvišenja (Anića kuk, Vidakov kuk, područje SZ padine Klimente itd.).

Strmci ili eskarpmani po svom mjestu nastanka vezani su za najviše dijele dolinskih strana. Iako mehaničko trošenje nije izrazita osobina vapnenca, ovdje se redovito ispod eskarpmana javljaju sipari i osuline, što se može tumačiti kombiniranim djelovanjem mikrotektonskih i litoloških osobina područja. Uz paraklaze, najčešće upravne na eskarpmane, vrši se ili se tokom glacijala vršila intenzivna periglacialna rastrožba vapnenca, posebno na mjestima s povećanim udjelom dolomita. Vegetacijom umrtvljene osuline i sipari holocenske starosti ili oni stariji, koji su redovito cementirani, u području stjenovitih strmaca i na nižim dijelovima dolinskih strana najbolji su pokazatelj takvog njihovog morfološkog oblikovanja.

Oblikovanje pećina vezano je za pukotinske sisteme i za korozivsku i mehaničku aktivnost površinske i podzemne vode. Većina njih je istražena (S. B o ž i č e v i ć, 1965), no, naknadno je utvrđeno postojanje i niza drugih. Pećine spadaju u tip suhih pećina, a oblikovane su u dobro uslojenim karbonatnim naslagama krede i jure te u brećama i fluvijalnim cementiranim šljuncima i pijescima pleistocenske starosti. U vapnencima oblikuju se uz dijaklaze (Manita peć) i paraklaze (pećina Devnjača, Škriljica stan, Marasovića stan i pećina

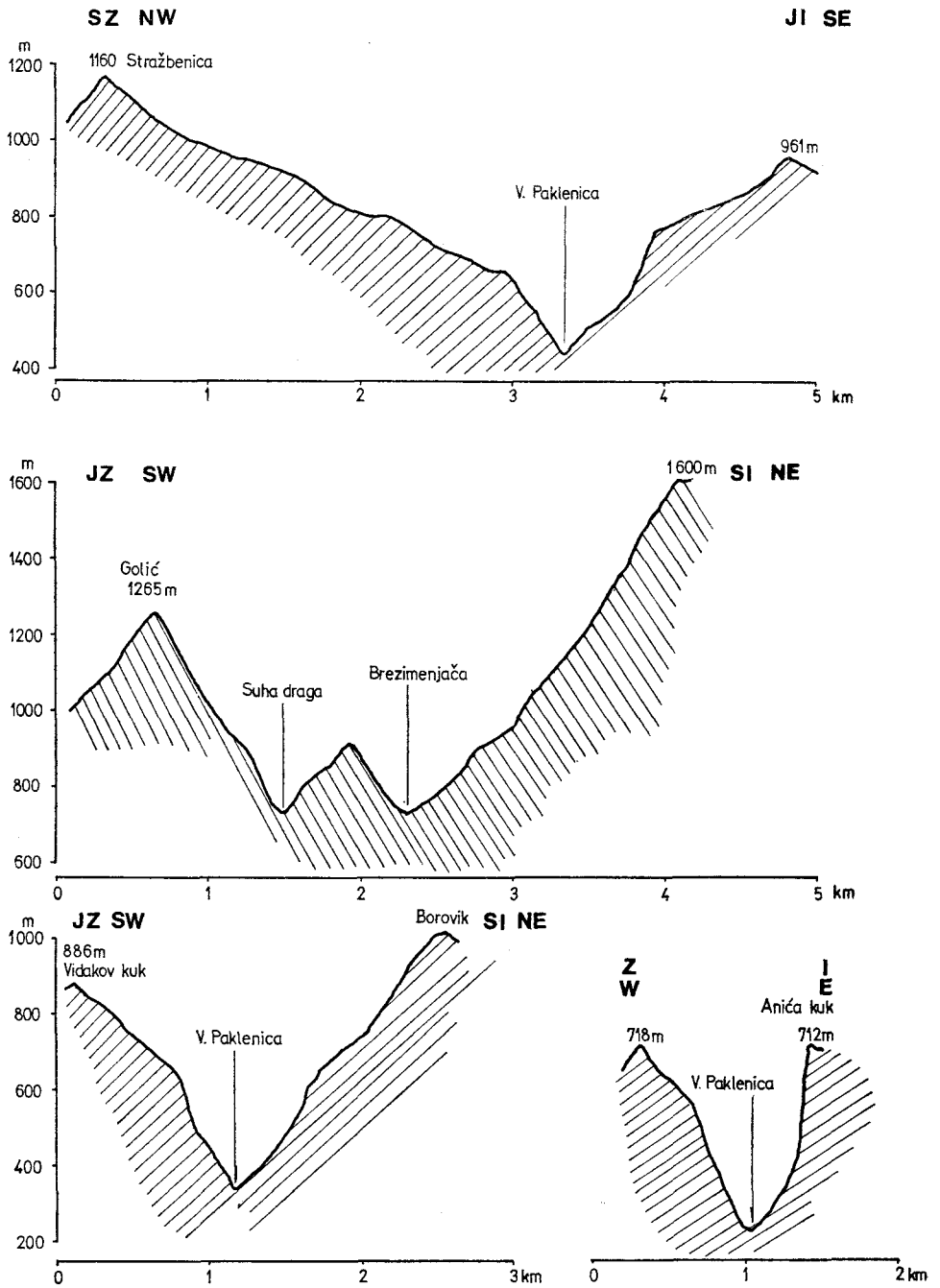
Veliki sklop I, II i III). Česte su pećine potkapnice koje su nastale lateralnim erozijskim i korozijskim radom voda toka V. Paklenice ili pak korozijskim i mehaničkim radom atmosfere vode. Starost nekih pećina, koje su osim toga i najveće (Manita peć 175 m i Jama Vodarica 300 m), veoma je velika i najvjerojatnije da seže u doba donjeg pliocena (S. Božičević, 1965, J. Poljak, 1929). Nesumnjivo to dokazuju debele naslage kalcita i velikih sigastih tvorevina u Manitoj peći, Jami Vodarici i pećinama Veli Sklop. Sigaste tvorevine čine ujedno i jedan vid akumulacijskog krškog reljefa na istraživanom području.

Obzirom da većim dijelom godine tokovi Brezimenjače i Suhe Drage ne egzistiraju, doline im se mogu uvrstiti u krške doline s periodskim tokom. Vrijedi to i za dolinu V. Paklenice nizvodno od Anića kuka.

Padinski procesi imaju danas, a imali su i tokom pleistocena, uz krške procese, odlučujuću ulogu u oblikovanju reljefa. Zavisno od udjela dolomitne komponente padinski procesi imaju bitnog utjecaja na razvoj poprečnog profila doline V. Paklenice a i krških dolina Brezimenjače i Suhe Drage. U pravilu tamo gdje je udio dolomitnih uložaka veći, padinski procesi su intenzivniji. Vrijedi to posebno za dio doline V. Paklenice od Anića kuka pa do kanjonskog dijela između šumarske kuće i Ramića (pl. kuće), kao i za dio JZ padine središnjeg grebena masiva Velebita. Uz krške procese, tu u oblikovanju padina veliku važnost ima urušavanje, osipanje, spiranje i jaruženje, s odgovarajućim akumulacijskim i destruktivnim reljefnim oblicima. To su najčešće točila, koja se vežu za eskarpane, i siparišni konusi, koluvijalni zastori, deluvijalni konusi, jaruge i proluvijalne plavine te kupe i gomile urušnog materijala. Siparišni konusi redovito su sastavljeni od više-manje, granulometrijski gledano, sortirano angularnog kršja, dok u sastavu koluvijalnih zastora redovito sudjeluje nesortirani angularni materijal. U deluvijalnim konusima preteže sitnije, i često, slojevito kršje. Urušne kupe i gomile predstavljene su blokovima različitih dimenzija, i to od nekoliko decim pa do veličine od više metara. Jaruge su brojne, naročito u središnjem dijelu doline V. Paklenice i njenoj JZ dolinskoj strani u izvorišnom dijelu toka (SI padine grebena Klimente). Dijelom su tektonski predisponirane. Oblikovanju brojnih jaruga na SI padinama Klimente očito je pogodovala nepropusna podloga i veliki nagibi. Jaruge redovito završavaju manjim plavinskim konusima izuzev plavine V. Paklenice kod Starigrada, koja međutim ima složeniju morfogenezu. Plavinski konus V. Paklenice kod Starigrada dvojnog je sastava. Izmenjuju se partije sortirano i nesortirano materijala. Slojevi sa većim stupnjem sortirano materijala fluvijalnog su porijekla, i odgovaraju razdobljima u kojima je V. Paklenica predstavljala stalni tok, a slojevi s nesortiranim materijalom angularnog do subangularnog sastava proluvijalnog su, dakle, bujičastog porijekla.

Veliki udio cementiranog padinskog materijala nesumnjivo ukazuje na izuzetno veliko značenje padinskih procesa tokom pleistocena. Vrijedi pravilo da su dijelovi dolinskih strana, gdje su padinski procesi odlučujući faktor u njihovom oblikovanju, redovito blažeg nagiba i tu se dolina širi.

Dio doline i kanjona V. Paklenice do Anića Luke ulazi u *tip fluviodenudacijskog reljefa*. Do Ramića (pl. doma) u izvorišnom dijelu toka dolina ima sve osobine uske asimetrične doline. Kanjonski karakter dolina ima od svog sastavka s krškom dolinom Brezimenjače do Šumarske kuće (cca 1 km), da bi



Sl. 1. Poprečni morfološki profili kroz Veliku Paklenicu
 Fig. 1. Transversal morphological profiles through V. Paklenica valley

zatim sve do Anića Luke ponovo dobila osobine uske asimetrične doline. Na kraćim potezima tog dijela dolina je simetrična, što se može objasniti homogenim petrografskim sastavom karbonatne osnove.

Fluvijalni tip reljefa predstavljen je i odgovarajućim erozijskim i akumulacijskim oblicima. Korito je usko i stjenovito. Širina mu se zavisno od protoka kreće od 2—10 m. Uzdužni profil toka je neusaglašen, čemu u prilog govori pojava brzaka i manjih slapova. Neki od njih su antropogenog porijekla. Naime, mlinovi (mlinice) na toku uvjetovali su izgradnju brana visine do 1—1,5 m. Pojava prirodnih brzaka i slapova uvjetovana je strukturom (otporniji slojevi) ili pak urušnim padinskim materijalom, koji je na velikom broju mjesta zagradio korito. Terasa nisu do sada zapažene. Akumulacijski oblici u većem dijelu doline nedostaju. Tragovi naplavne ravni utvrđeni su u području SI padine grebena Klimente i kod Anića Luke. Najšira je kod Anića Luke (do 100 m). Oblikovanje naplavne ravni uvjetovano je tu uporom voda toka. Naime, urušeni materijal, koji je zagradio ulaz u kanjon ispod Anića kuka, usporuje otjecanje voda V. Paklenice, stoga su one uzvodno prisiljene akumulirati svoj nanos. U sastavu naplavne ravni prevladavaju šljunci, silt i siltovi pijesci. Kako tok ovdje ima osobine mehanizma voda donjeg toka, to on oblikuje sprudove i ade te brojne rukavce.

DISKUSIJA

M. Herak:

Bilo bi dobro kada bi se u kršu Velebita razlikovao krš uslojenih karbonatnih stijena mezozoika od krša Jelara formacije koji se sastoji od kaotičnog karbonatnog materijala, jer postoje razlike u postanku i u oblicima.

LITERATURA

- Božičević, S.: Pećine Paklenice u Južnom Velebitu, Prirodoslovna istraživanja, knjiga 35, Acta geologica V, Zagreb, 1965.
- Nikler, L; Sokač, B.; Ivanović: Strukturna građa Jugoistočnog Velebita. Prirodoslovna istraživanja, knjiga 35, Acta geologica V, Zagreb, 1965.
- Poljak, J.: Nove pećine u području Velike Paklenice. Hrvatski planinar, 7—8, Zagreb, 1929.
- Simić, V.: Gornji perm u Velebitu i tektonika Velike Paklenice. Glas Geografskog društva, 21. Beograd, 1936.

THE GEOMORPHOLOGICAL MAP OF VELIKA PAKLENICA REGION

Summary

The investigated area comprises the canyon and valley of Velika Paklenica, as well as the part of SW slope of SE Velebit mountainous area. It is included into tectonic unit of Velebit, characterized by paleozoic rocks on the surface and zonal distribution of stratigraphical members since Permian to Paleogene. Carbonate rocks dominate in local lithologic composition. The area is, in morphostructural point of view, marked by dinaric orientation. The mountainous area, accompanied by predominant carbonate lithology (partly faulted by microtectonic activity — e.g. Jurassic deposits), is, consequently, predominantly marked by karst relief forms (rock rills, dolines, caves). The process of cave modelation is genetically connected with fissure systems, as well as with activity of surface — and ground-water dynamics. Paklenica valley is a fluviodenudative relief form only along its upstream sector. Downstream of Bezimenjača and Suha Draga valley confluents, Paklenica represents a typical seasonal stream canyon "pierce" valley. Within this valley sector, slope processes play today a decisive morphogenetic role. Consequently, valley sides are characterized by specific joint zone: higher part of valley slopes presents an escarpment, accompanied by series of scarps, and lower one (with gentler inclination) have a succession of talus cones and talus slopes. Corrosive morphogenetic components are maximally developed along the canyon valley sector. At its mouth Paklenica stream had formed a proluvial-fluvial fan. Fluvial deposition prevailed during more humid phases of Holocene, as well as during interglacials and interstadials. Proluvial sedimentation is typical today, but it prevailed during dry and cold periods of Pleistocene, too.

GEOMORFOLOŠKA KARTA OZEMLJA
LOGAŠKIH ROVT

(Z 1 KARTO)

GEOMORPHOLOGICAL MAP OF LOGAŠKE ROVTE

(WITH 1 MAP)

ANDREJ MIHEVC

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
ANDREJ MIHEVC, dipl. geogr.
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
Titov trg 2
66230 Postojna
Jugoslavija

Izvleček

UDK 551.44(497.12-13):551.311.24

Mihevc Andrej: Geomorfološka karta Logaških rovt.

Geomorfološka karta prikazuje posebno fluviokraško hidrološko enoto v porečju Ljubljanice. Zanja je značilna velika litološka pestrost s prevlado dolomita. Drobne reliefne oblike so pogojene z litološkimi elementi, večji sklopi reliefnih oblik pa kažejo očitno navezanost na tektonske linije in procese.

Abstract

UDC 551.44(497.12-13):551.311.24

Mihevc Andrej: Geomorphological map of Logaške rovt.

Geomorphological map shows a fluvio karst relief unit in Ljubljana basin. Great lithological diversity and dolomite prevailing is characteristic. Lithological elements are controlling the development of relief features, while greater relief units show the influence of tectonics.

UVOD

Geomorfološka karta prikazuje ozemlje posebne hidrološke enote v porečju kraške Ljubljanice, ki se jasno loči od reliefa notranjskih planot in polj ter ostro zarezanih grap Idrijce, Sore in Podlipščice ter Bele. Skupna značilnost tega sveta je velika litološka pestrost. Posledice tega so številne ponikalnice, slepe in suhe doline ter druge kontaktno kraške oblike. Med dolomitna slemenena in planote se zajedajo ozke erozijske doline, po katerih tečejo potoki do prvega stika z apnencem. Tu potoki poniknejo, nad njihovimi ponori pa se nadaljujejo suhe doline.

GEOLOŠKA ZGRADBA

Strukturno pripada ozemlje Logaških rovt jugovzhodnemu delu obsežne krovne zgradbe, narinjene na mezozojske apnenice (I. M l a k a r, 1969; L. P l a c e r, 1973). Krovno zgradbo so kasneje prerezali dinarski in prečnodinarski prelomi. V neposredni bližini je prišlo do močnega grezanja Ljubljanskega barja, njegov zahodni del se je samo po würmu pogreznil za več kot 100 m (A. Š e r c e l j, 1971). Do vertikalnih premikov posameznih blokov je prihajalo

verjetno tudi na kartiranem ozemlju. Samo tako lahko razložimo ostanke uravnav v različnih višinah ter asimetrično rečno mrežo nekaterih potokov (P. Habič, 1981).

Zaradi narivne zgradbe je ozemlje tudi litološko zelo pestro. Najstarejše kamnine so paleozojski skrilavci in peščenjaki. Sledimo jim v ozkem pasu južno od Rovt ter vzhodno od Petkovščice, kjer zavzemajo največje sklenjeno območje, veliko okrog 1 km². Litološko so jim podobni triasni skrilavci, ki jih najdemo v majhnih krpah severno od Logaškega polja, pa tudi v njegovem dnu.

Kamenine triasne starosti zavzemajo večji del površine. Med njimi prevladuje norijskoretijski dolomit. Gradi Ravnik, Žibrše, območje Zaplane, ozemlje severno od Hotedršice; na njem pa je tudi Logaško polje. Med dolino Rovtarice in Petkovščice se na kratke razdalje menjavajo dolomiti in konglomerati. Prevladuje konglomerat, ki je podvržen zakrasevanju. Podobne lastnosti ima tudi črni plastnat apnenec z roženci, ki zavzema področje Medvedjega brda in Planine. Med spodnjim tokom Rovtarice in severnim delom Logaškega polja leži pas sivega apnenca, ki je močno podvržen zakrasevanju. V njem so ponori Rovtarice in Petkovščice ter dno Lipja. Jurski in kredni apneneci so povsod na jugozahodnem in vzhodnem obrobju ter v tektonskem oknu med ponori Pikelske in Žejske vode. Kvartarnih sedimentov je največ na Logaškem polju, vršaju Hotenjke in v dolinah potokov, zlasti v bližini ponorov. Predstavljajo jih nesprijeti dolomitni in nekarbonatni prod in drobir.

Kamenine, ki so zastopane na kartiranem območju, sem po njihovih lastnostih razdelil na pet skupin ter jih tako tudi označil na karti. Te kategorije kamenin podobnih litoloških lastnosti so:

a) dolomit, b) apnenec, c) apnenec z nekarbonatnimi primesmi, d) nekarbonatne kamenine, e) kvartarne nespriete naplavine.

POVRŠINSKA REČNA MREŽA

Na ozemlju Logaških rovt je 9 večjih in 16 manjših ponikalnic. Njihove vode izvirajo v zahodnih izviri Ljubljani na Vrhniku. Pri kompleksnem sledilnem poizkusu v kraškem porečju Ljubljani leta 1975 se je pokazala še ena skupna lastnost teh voda. To je 3—4-krat nižja hitrost podzemnega toka v primerjavi s hitrostjo odtokov s Planinskega in Cerkniskega polja. Dokazano pa je bilo tudi raztekanje vode Hotenjke in Žejskega potoka ter Pikelske vode v izvire Ljubljani in Idrijce (R. Gospodarič, P. Habič, 1976).

Logaščica odmaka dolomitno površje Ravnika in Žibrš. Sestavlja jo dvoje pritokov, ki se stekata v Gornjem Logatcu. Dalje teče Logaščica po lastni naplavini v dnu polja do ponorov Jačke. Pretok Logaščice med letom močno niha. Normalna nihanja so med 0,02 m³/s in 9,2 m³/s. Ob hudih deževjih naraste pretok tudi do 30 m³/s. Toliko vode pa požiralniki Jačke ne zmorejo, zato pride do kratkotrajnih poplav.

Hudourniški značaj ima tudi Hotenjka, ki zbira vode s podobnega dolomitnega sveta kot Logaščica. Ob normalnih vodostajih ponikne takoj, ko zapusti svoj prodni vršaj. Ob deževjih pa naraste ter teče preko ponorov po

sicer suhi dolini in poplavi velik del polja pod Hotedršico. Pikeljski potok odmaka skrilavce pa tudi dolomite in apnence v zgornjem toku prvotne Hotenjke. V spodnjem delu doline je naplavil manjšo ravnico, v katero si je vrezal slepo dolino in ponore. Žejski potok zbira vodo z dolomita in skrilavcev. V njih je izoblikoval široko dolino, ki pa se pri ponorih zoži. Ob poplavah se potok preliva preko komaj 5 m visoke stopnje, ki predstavlja rob slepe doline. V dolini pod ponori Žejskega potoka se zbirajo vodice z dolomitnih bregov v Hlevišarko. Ob stiku z apnencem ta voda ponikne še predno doseže vršaj Hotenjke. Ob poplavah pa tečeta Žejski potok skupaj z Hlevišarko v Hotenjko.

V povodju nekdanje Rovtarice je najvišji potoček Ovčica. Odmaka nekarbonatna slemena pri Rovtah ter ponika na koncu v lastno naplavino vrezane doline. Njena suha dolina, ki se nadaljuje nad ponori, pa obvisi nad dolino Rovtarice. Voda Ovčice izvira v dolini Rovtarice ter se po kratkem toku vanjo izliva. Rovtarica zbira vodo z razvodnega slemena, na katerem stoje vasi Rovte ter Planina in Medvedje Brdo. Njene ponikve so pod strmim apnenčevim robom v boku doline. Nad njimi je nekaj metrov višja akumulacijska terasa, ob njenem robu pa več požiralnikov poplavne vode.

V porečju Petkovščice prevladujejo dolomiti, vendar dajejo večino normalne vode nekarbonatne kamnine. Dolomit je že precej zakrasel, kar najlepše ilustrira potoček, ki priteka v dolomite Zaplane in ponira v dnu Majerjeve grape. Ob normalni vodi ponira tu vsa voda, višje vode pa tečejo naprej po dolini do Petkovščice. Petkovščica ponikne v Logu. Tam je obsežna depresija nastala ob kontaktu med apnencem in skrilavci ter peščenjaki. Voda ponira v dve jami ter v več grezov v naplavini. Višja jama in grezi so aktivni le še ob visokih vodah.

Poleg teh potokov je še več manjših vodnic in studencev, ki se pogosto pojavljajo v rojih ob kontaktih kamenin. Takšni so studenci v Ivanjih dolinah. Pritekajo z dolomita in ponikajo ob stiku s krednimi apnenci. Le največji med njimi si je poglobil majhno slepo dolino, nad katero se nadaljuje suha dolina skozi apnenčasto Sleme. Suha dolina se nadaljuje po dolomitu v dnu Hotenjskega podolja proti ponoram pri Šebalku. Studenci v Logu in Prezidu zbirajo vode s skrilavcev in peščenjakov. Dva ponirata v Logu v 10 m globokih slepih dolinah, poglobljenih v pleistocenske naplavine Petkovščice. Drugi studenci pa poniknejo na stiku z apnencem.

POLIGENETSKE RELIEFNE OBLIKE

Uravnave in ostanki uravnave. Največja uravnava na kartiranem ozemlju je Ravnik. Leži med Kalcami in Hotedršico v višinah 550 do 650 m. Pobočja, ki se z Ravnika v ostrem pregibu spuščajo proti Hotenjskem podolju so le malo razčlenjena ter so brez površinske vode. Proti jugovzhodu se površje Ravnika brez ostrega prehoda spusti v suho dolino pri Kalcah. Vzhodni in severni rob Ravnika je omejen z ostrimi erozijskimi grapami pritokov Črnega potoka in Hotenjke. V razvodnem delu med njima je ostalo erozijsko neprizadetega še nekaj površja, ki veže Ravnik z dolomitnimi Zibršami. Površje Ravnika je v drobnem razčlenjeno s položnimi plitvimi dolki, ki na robu pogosto obvisijo nad

strmejšim in globljim dolkom ali pa nad erozijsko grapo. V osrednjem delu Ravnika je tudi več velikih vrtač. Vrtače se pojavljajo tudi v dnu nekaterih dolkov severno od Kalc.

Izraziti so ostanki uravnave na severovzhodni strani slemena Žibrš. Uravnano površje v višinah od 600 do 700 m je močno razčlenjeno z dolki in plitvimi grapmi, ki se odtekajo v Reko. Proti Reki pa visi tudi celotna uravnava. Nadaljevanje planote Ravnika in Žibrš prekinja proti severu široka dolina zgornjega toka Žejskega potoka.

V drobnem z dolki in vrtačami preoblikovano površje imajo tudi Blekovske gmajne. Leže severo od Logaškega polja v višinah od 500 do 550 m. Od Žibrš jih loči dolina Reke. Večji del površja je na dolomitu, le severni del je na apnencu. Ta del se imenuje Kotlice, ker prevladujejo vrtače v reliefu. Dokaj uravnano površje se je ohranilo tudi med globoko vrezanima dolinama Rovtarice in Petkovščice ter med Miznim dolom in Zaplano. V zahodnem delu prevladuje apneni konglomerat in dolomit, v vzhodnem pa dolomit. Na apnenih konglomeratih so plitve depresije. V največji ponika Ovčica, ki priteka z nekarbonatnih kamenin. Dolomitna Zaplana in Mizni dol pa sta močno razčlenjena. Vanju so se poglobile grape pritokov Petkovščice in Podlipščice ter številni dolki.

Največja uravnava, ki je nastala na apnencih s prevladujočim kraškim odtokom, je Hotenjsko podolje. Večji del podolja je na apnencu, le pri Godoviču in Hotedršici je tudi na dolomitu. Najbolj uravnano del podolja je Novi svet med Hotedršico in Kalcami. Njegovo površje je povsem pokrito z vrtačami ter nekaj redkimi kopastimi vrhovi. Hotenjsko podolje je vglobljeno med tektonsko pogojene rebri Hrušice in Rovtarskih planot (P. H a b i č, 1981). Njihove nerazčlenjene rebri prekinja le probojna dolina Hotenjske. Podobna uravnava na apnencu je višja terasa ob jugovzhodni strani Logaškega polja. Vanjo je za 10 m poglobljeno sedanje dno polja, terasa pa se nadaljuje v Logaškem ravniku.

Manj izrazito uravnano površje je med ponikvami Rovtarice, Logom in Logaškim poljem. Vanj je globoko vrezana suha dolina Petkovščice ter številne globoke vrtače.

Slemena: Široka zaobljena slemena, ki prehajajo ponekod že v nekakšne uravnave, so značilna za vršne osrednje dele dolomitnih planot. Sem erozijsko vrezovanje mladih grap še ni seglo. Podobna široka slemena so nastala tudi na tankoskladovitih apnencih Planine ter Medvedjega brda ter na apnencih z nekarbonatnimi primesmi v porečju Rovtarice in Petkovščice.

Ozka slemena so značilna za povirne dele grap na dolomitu. Nekaj ozkih slemen je tudi na področjih, kjer ni erozijskih dolin. Pogojena so strukturno, ali pa pripadajo starejši generaciji reliefnih oblik, ki jih je močno preoblikoval denudacijsko kraški proces. Takšna slemena so na Ravniku, Žibršah in Blekovskih gmajnah.

Dolki. Predstavljajo najbolj razširjeno reliefno obliko na dolomitu. So plitve, do nekaj metrov globoke odprte suhe dolinice v smeri največje strmine pobočja (I. G a m s, 1968). Ponekod so dolki usmerjeni tudi prečno na pobočja. Vzrok temu je navezanost dolkov na tektonske linije ali pa ostanek starejšega

drenažnega omrežja. V številnih, zlasti večjih dolkih se po dežju pojavlja tudi tekoča voda, ki pa ruše ne pretrga. Mnogi dolki imajo v spodnjem delu tudi občasne ali stalne izvire.

V prečnem prerezu imajo dolki strme bregove in oblo dno, ki ga pokriva debelejša plast dolomitnega drobirja. Skoraj vse njive in boljši travniki so v dnu dolkov, ki na dolomitnem svetu pomenijo isto kot vrtače za kras na apnencih. Oblika dolka je odvisna tudi od naklona pobočja, na katerem je dolek nastal. Na blago nagnjenih pobočij so dolki plitvejši kot na strminah. Značilni so za vršne dele planot. Na robu planot pa obvise ali pa se ostro prelomijo v strm in globok dolek ali celo erozijsko grapo. Kjer je strmec dolkov manjši, se lahko v njih pojavljajo tudi vrtače. Vzrok temu je lahko sprememba lastnosti kamenine ali bližina kontakta z zakraselimi apnenci.

FLUVIALNE RELIEFNE OBLIKE

Erozijske grape. Pojavljajo se v vseh zgornjih tokovih potokov ter ob robovih dolomitnih planot Ravnika ter Žibrš. Najbolj izrazite grape so na dolomitu, ki je zelo krhek in hitro razpada, če ni zaščiten s prstjo in rušo. Značilno za grape v dolomitu je tudi nenadno zmanjšanje strmca nad najbolj strmim delom grape, ki od tod prehaja v oblo dno položnejšega dolka. Tako ostrega prehoda pri grapah na apnencih z nekarbonatnimi primesmi ali na nekarbonatnih kameninah ni.

Rečne doline. Sedanjo mrežo dolin so izdelale površinske vode, preden so razpadle na številne ločene ponikalnice, oziroma so izgubile površinske pritoke z bolj zakraselih delov porečja. Od litološke zgradbe je odvisna tudi gostota pritokov v posameznih delih doline.

Doline kažejo navezanost na tektonske linije v dinarski smeri in smeri sever—jug. Ob njih je prišlo tudi do vertikalnih premikov, ki se neposredno odražajo v reliefu kot različno visoka in nesimetrična pobočja dolin zgornjega toka Logaščice in Žejske doline.

Fluvialne akumulacijske oblike. Morfološko pomembne akumulacije so le na Logaškem polju, v vršaju Hotenjke ter v dnesih slepih dolin. Debelina in obseg akumulacij v slepih dolinah sta odvisna predvsem od njihovih dimenzij in od tega, koliko sedimenta je voda že sprala v ponore. Večina slepih dolin je bila zapolnjena s pleistocenskimi prodi do prelivnega roba, izjema so le Rovtarica in nekateri manjši potočki na dolomitu.

Na Logaškem polju ločimo dva zasipa. Nekarbonatni prodi zavzemajo severni del polja. Izvirajo iz porečja Petkovščice in Rovtarice. Ostali, večji del polja pokriva nezaobljeni in slabo zaobljeni dolomitni drobir. Nasuli so ga Logaščica in manjši potočki z dolomita. Debelina nanosa na polju je zaradi neravne, močno zakrasele podlage zelo neenakomerna ter dosega ponekod 10 m. Večji del polja je pokrit le s pol metra debelo plastjo naplavin.

Vršaj Hotenjke je iz dolomitnega proda. Pokriva neravno dolomitno in apnenčasto površje ter omogoča površinski tok Hotenjki.

KRAŠKE RELIEFNE OBLIKE

Večji del kartiranega ozemlja zavzemajo dolomiti. Nekaj je tudi apnencev z nekarbonatnimi primesmi. Na teh kameninah prevladujejo fluviokraški pojavi, zaradi številnih kontaktov ter vpliva teh kamenin pa so nastali fluviokraški pojavi tudi na čistih apnencih.

Slepe doline. Slepe doline so za kartirano območje značilna reliefna oblika. Nastale so, ko je razpadlo porečje Hotenjke in Rovtarnice na večje število ponikalnic, od katerih si je vsaka izdelala večjo ali manjšo slepo dolino, vglobljeno v svojo prejšnjo rečno dolino.

V razvoju slepih dolin je prišlo do prekinitev. V pleistocenu so jih zatr-pali sedimenti, ki so bili produkt intenzivnejšega razpadanja kamenin v hladni klimi (A. Melik, 1955). V sedanjih klimatskih pogojih je spiranje sedimentov v podzemlje intenzivnejše kot njihovo nastajanje, zato se suhe doline ponovno poglobljajo.

Slepi dolini Ovčice in Petkovščice v Logu nista pravi slepi dolini. V obeh primerih gre za kraški depresiji, ki sta nastali na stiku apnenca z nekarbonatnimi skrilavci in peščenjaki. Depresiji je kasneje zapolnil sediment do prelivnega roba, kakih 10 m nad sedanjimi ponori.

Najbolj izrazito slepo dolino ima Rovtarica. Prelivni rob te doline je okrog 15 m nad sedanjimi ponikvami, do polovice te višine pa sega tudi akumulacija, v katero so poglobljeni sedanji ponori.

Slepa dolina Žejskega potoka ima le pet metrov visok prelivni rob, ob ponoru potoka v Majerjevi grapi pa se slepa dolina še ni razvila. Potok ponikne v svoji strugi v neprehodne požiralnike, dno doline pa se v isti višini nadaljuje do Loga. Brez slepe doline je tudi Hotenjka, ki ponika ob robu svojega vršaja v dnu Hotenjskega ravnika.

Logaščica si je v dno polja vrezala kratek, a do 30 m globok kanjon, ki se konča z ponornimi jamami Jačke.

Suhe doline. Po nastanku in funkciji suhih dolin v porečju nekdanjih površinskih tokov so na kartiranem ozemlju trije tipi suhih dolin. Suhe doline v povirnem delu reliefa severno od Hotedršice so nastale na dolomitu, ki je močno zakrasel. Globlje vrezane doline so že dosegle apnenca, ki so pod dolomitom.

Drugo vrsto suhih dolin predstavljajo suhe doline, ki imajo nad seboj še aktivne površinske tokove. Nekatero od njih še odvajajo poplavne vode. Te doline imajo razen nekaj vrtač v dnu še sklenjen strmec. Takšna je dolina potoka v Ivanovih koritih, suha Bretetova dolina pod Pikeljskim potokom, suha dolina Žejskega potoka, suha dolina v spodnjem delu Majerjeve grape, suha dolina Ovčice in Petkovščice.

Tretjo vrsto suhih dolin pa predstavljajo tiste suhe doline, za katere ni znan vodni tok, ki jih je izdelal. Takšna je dolina med Kalcami in Logatcem, med Strmico in Raskovcem, med Raskovcem in Ljubljanskim vrhom.

Logaško polje. Ljudje označujejo dele Logaškega polja z ledinskimi imeni. To so Lipje in Pusto polje severno od Logatca, Brojsko polje južno od Dole-njega Logatca ter Logaško polje pri Gornjem Logatcu.

Logaško polje pri sotočju Reke in Črnega potoka je razširjena fluvialna dolina, ki se proti jugu nadaljuje v fosilno slepo dolino. Tu so v dolomitnem zasipu še vidni meandri nekdanje ponikalnice. Po nepreverjenem ustnem izročilu je tu ponikal Črni potok, potem pa so ga za potrebe mlinarstva preusmerili proti Dolenjemu Logatcu (A. Melik, 1955).

Del dna polja med Blekovskimi gmajnami in Sekirico je široka rečna dolina, ki se v blagem pregibu spusti v Brojsko polje. Dno polja je v tem delu na dolomitu, v njem pa se ob kontaktu z apnencem že pojavljajo vrtače ter ponori Logaščiće.

Pusto polje je podobno Brojskemu, le da ima več aluvijalnih vrtač in tanjšo plast naplavine. Severni del Pustega polja in Lipje imata v osnovi apnenca, preko katerih je bila nasuta debela plast nekarbonatnega proda. V tem delu polja je največ aluvialnih vrtač in grezov.

Ob vzhodni strani Brojskega in Pustega polja se vleče široka, do 10 m višja živoskalna terasa. Leži na krednih apnencih in je v celoti pokrita z vrtačami. Terasa se brez opaznega prehoda nadaljuje proti jugu v Logaški ravniki.

Aluvialne vrtače in grezi. Na naplavljenih ravninah v slepih dolinah ter na Logaškem polju so goste aluvialne vrtače ter recentni grezi. V boku številnih vrtač prihaja na dan živa skala. Očitno gre v takih primerih za praznenje zasutih vrtač. Njihova globina zato ne pomeni debeline zasipa polja. Recentni grezi se pojavljajo v rojih zlasti tam, kjer je debelina sedimenta večja. Vrtače in greze na polju kmetje sproti zasipavajo, zato se ne da spremljati njihovega razvoja.

Vrtače. Največ vrtač je v Novem svetu, na Logaškem ravniku ter na živoskalni terasi ob robu Logaškega polja. Vrtače prekrivajo vse površje, zato ni vmesnih ravnih delov. Prevladujejo plitve skledaste vrtače z kamenitim površjem in ilovico v dnu. Izrazito vrtačasto površje je tudi med Logom, ponori Rovtarice in Lipjem. Na apnencih z nekarbonatnimi primesmi je vrtač manj. So pa večje, bolj oble in plitvejšje. Podobne vrtače nastajajo tudi na dolomitu.

Udornice. Ob vzhodnem obrobju Logaškega polja je preko 20 večjih udornic. Njihov nastanek in razporeditev je zaradi nedostopnega podzemlja težko pojasniti. Očitno pa je, da so navezane na močne podzemne tokove v zaledju izvirov Ljubljance ter strukturno pogojene cone.

Kraški izviri. Ker večji del potokov dobiva vodo z neprepustnih kamenin in dolomita, je izvirov le malo. Največji je izvir Ovčice v dolini Rovtarice. Nad njim je nastala majhna zatrepna dolina. Podobna razširitev je tudi v dolini Petkovščiće zahodno od Travnega vrha.

Brezna in jame. Največ jam je na obrobju kartiranega ozemlja na Hotenjskem ravniku. Prevladujejo plitva brezna s povprečno globino pod 20 m. Le nekaj brezen je globljih, med njimi je tudi vodokazno Grudnovno brezno (I. Gams, P. Habič, 1961). Ob visokih vodah iz njega ter še nekaterih drugih brezen bruha voda. Ob poplavi, 21. 1. 1979, sem lahko opazoval ta pojav pri Grudnovem breznu ter v špranjah pri kmetiji Cajnar v Novem svetu. Tu je izviralo okrog 1 m³/s vode, ki se je razlivala po površju, potem pa tekla po plitvi, komaj opazni strugi ter se ponovno razlila pod Suhim gričem južno od Kalc, kjer je izginjala v številne špranje.

Jame vzhodno in južno od Logaškega polja so po globinah podobne jamam v Hotenjskem podolju. Globlja je le Gradišnica, v kateri lahko opazujemo nihanje gladine med višinami 379 m in 432 m. Na dolomitu Ravnika, Žibrš in Zaplane so jame zelo redke. Več jih je le blizu stikov dolomita in apenca ter v dnu dolin, kjer vanje ponikajo Pikeljski potok, Ovčica, Petkovščica, Hotenjska in Logaščica.

MORFOSTRUKTURNE RELIEFNE ENOTE

Morfostrukturne enote so nastale pod vplivom dveh tektonskih faz. V starejši je nastala komplicirana luskasta narivna zgradba, narinjena na mezozojske apnenice (L. P l a c e r, 1981). V mlajši tektonski fazi s prevladujočimi dinarsko usmerjenimi prelomi je prišlo do horizontalnih in vertikalnih premikov, ki se neposredno odražajo v reliefu. Ugreznila se je kotlina Ljubljanskega barja ter vzdolžni pas med prelomi idrijske prelomne cone.

V idrijskem prelomu vzporedni strukturni liniji se je vrezala globoka dolina Črnega potoka, zgornji tok Hotenjske ter dolina Pikeljskega potoka in njegova suha dolina. Ta strukturna erozijska brazda loči Slemena od Medvedjega brda ter Ravnik od Žibrš. Južno od Gornjega Logatca pa jo na apnencih sledimo v korozijskem razorju. Ob naslednji, močno poviti strukturni liniji je nastala dolina Reke. Ob njej je prišlo do neotektonskega dviga Žibrš in Ravnika. Tej liniji se priključi severno od Dednika strukturnica, ki loči Dednik od Blekovskih gmajn. Sledimo pa ji lahko preko Logaškega polja v pregib med Logaškim ravnikom in Ivanjsko rebrijo.

V severnem delu kartiranega ozemlja določa strukturne enote predvsem litološka zgradba. Dinarsko smer ima le še spodnja dolina Rovtarice in suha dolina Petkovščice. Zgornji tok Rovtarice kaže na prelome v smeri sever—jug in vzhod—zahod. Ob njih ni prišlo do opaznih premikov. Predvsem litološko so tako določene morfostrukturne enote Slemena, planota Petkovca, dolomitni svet Zaplane, ki je jasno tektonsko omejen le na severni strani, in nižji apneni uravnani svet med ponori Rovtarice in Logaškim poljem. Na Logaškem polju, ki je nastal na kontaktu, se prepletajo strukturni, litološki in morfotektonski elementi. Polje je omejeno z dvignjeno Bodiško stopnjo in Raskovcem na vzhodu in severu ter Gradiško stopnjo na jugu. Tektonsko je pogojen tudi premočrten zahodni rob Pustega polja.

SKLEP

Ozemlje Logaških rovt predstavlja svojevrstno obliko fluviokrasi. Geomorfološka karta kaže veliko navezanost drobnih reliefnih oblik na litološko zgradbo, razporeditev večjih enot reliefa pa je določena z tektonskimi linijami. Dominanten pojav v pokrajini so planotaste uravnave na apnencih in dolomitu. Med njimi so globoke doline, ki se iztekajo v Hotenjski ravnik in Logaško polje. Erozijsko denudacijski procesi so omejeni le na ožje območje ob dolinah, večje dele planot pa oblikujejo kraško denudacijski procesi.

Rečne doline so izdelale tri vode, ki pa so zaradi zakrasevanja razpadle na ločene ponikalnice. V pleistocenu se je zaradi mašenja ponorov obnovila

površinska mreža potokov. Potoki so nasuli obsežne vršaje proda in grušča na Hotenjski ravniki in Logaško polje. V sedanjih klimatskih razmerah se naplavine spirajo v podzemlje, potoki pa so ponovno očistili stare ponore. Kljub temu potoki še pogosto poplavlajo. Vzrok temu so tudi močne tektonsko še aktivne cone, ki prečkajo smeri odtoka podzemeljskih voda.

LITERATURA

- Gams, I., P. Habič, 1961: Brezno pod Grudnom. *Proteus* 24/2, 58—60, Ljubljana.
- Gams, I., 1973: Slovenska kraška terminologija. Ljubljana.
- Geološki zavod Ljubljana, 1967: Osnovna geološka karta SFRJ, list Postojna, 1:100.000.
- Gospodarič, R., P. Habič, 1976: Underground water tracing. Ljubljana.
- Habič, P., 1973: Speleološka karta Vrhnika 2a, 2b, Postojna.
- Habič, P., 1968: Kraški svet med Idrijco in Vipavo. SAZU, Inštitut za geografijo 11, Ljubljana.
- Habič, P., 1981: Kraški relief in tektonika. *Acta carsologica* X/2, Ljubljana.
- Melik, A., 1955: Kraška polja Slovenije v pleistocenu, Ljubljana.
- Mlakar, I., 1969: Krovna zgradba idrijsko-žirovskega ozemlja. *Geologija*, 12, Ljubljana.
- Mihevc, A., 1979: Geomorfološka karta ozemlja Logaških rovt. Diplomsko delo, FF, Ljubljana.
- Placer, L., 1973: Rekonstrukcija krovne zgradbe idrijsko-žirovskega ozemlja. *Geologija*, 16, Ljubljana.
- Sercelj, A., 1966: Pelodne analize pleistocenskih in holocenskih sedimentov. *Razprave SAZU*, 14, Ljubljana.

GEOMORPHOLOGICAL MAP OF LOGAŠKE ROVTE

Summary

Region of Logaške rovte occupies southern boundary of the Idrija nappe structure, which has been later dissected by younger tectonics. This has great influence on the underground water discharge towards Ljubljana springs and controls the development and organization of relief forms.

Basic lithological units are dolomite, limestone, limestone with noncarbonate rocks and noncarbonate sandstones and shales. Dominant relief features are plateaus developed on the limestones or dolomites. Among them deep valleys, which are opened towards Hotenjski ravnik and Logaško polje are incised. Erosional and denudation processes are limited to narrow belt along the valleys only, while greater part of the plateaus is carved by karst denudation processes with dells on dolomite and dolines on limestone.

River valleys were made by creeks which have been cut to several smaller sinking streams due to karstification. In Pleistocene the ponors of these sinking streams were filled and superficial river net restored. Streams deposited fluvial and fluvio-denudation deposits on the Hotenjski ravnik and Logaško polje filling karst depressions on the surface. In recent climatic conditions sediments are being washed off by precipitations and streams, which have opened old ponors.

PROJEKT »SPLOŠNA GEOMORFOLOŠKA KARTA
JUGOSLAVIJE V MERILU 1:100.000«
IN KARTIRANJE KRAŠKEGA POVRŠJA

GENERAL GEOMORPHOLOGICAL MAP OF YUGOSLAVIA ON THE
SCALE 1 : 100 000
AND THE MAPPING OF KARST AREAS

KAREL NATEK

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov -- Address

mag. KAREL NATEK, raziskovalni sodelavec
Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU
Novi trg 4
61000 Ljubljana
Jugoslavija

Izvleček

UDK 528.94:551.44(497.1)

Natek Karel: Splošna geomorfološka karta Jugoslavije v merilu 1:100 000 in kartiranje kraškega površja

Po veljavnih izhodiščih za geomorfološko karto Jugoslavije v merilu 1:100 000 je kraški relief predstavljen preveč morfografsko in posplošeno. Avtor meni, da bi bilo potrebno kras kartirati v merilih 1:5000 do 1:25 000. Tako bi lahko razčistili mnoge dosedanje nejasnosti v interpretaciji. Za splošno geomorfološko karto bi zadostovalo merilo 1:200 000, medtem ko bi posamezna vzorčna ozemlja prikazali v merilu 1:25 000. Tako bi celotni projekt postal tudi cenejši.

Abstract

UDC 528.94:551.44(497.1)

Natek Karel: General geomorphological map of Yugoslavia on the scale 1:100 000 and the mapping of karst areas

According to the actual conception of the geomorphological map of Yugoslavia on the scale 1:100 000 the karst relief is interpreted too morphographically and generally. The author believes that the karst should be field mapped on the scales 1:5000 to 25 000. So, several up-to-date unclear details in the interpretation could be solved. The scale 1:200 000 would be satisfactory for the general geomorphological map, while some carefully chosen sample areas should be presented on the scale 1:25 000. The entire project might become cheaper in this way too.

Od leta 1979 dalje se v Jugoslaviji izvaja raziskovalni projekt »Geomorfološka karta Jugoslavije v merilu 1:100.000«, ki ga za Slovenijo izvaja Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. Izhodišče projekta je skupna jugoslovanska koncepcija in legenda za detajlne geomorfološke karte, ki je našim razmeram prirojena mednarodna koncepcija in legenda, tako da bolj ali manj ustreza različnim geomorfološkim šolam v Jugoslaviji. Po njej razlikujemo 13 genetskih tipov reliefa, med njimi tudi kraški in fluviokraški tip.

Kot vsak drug tip reliefa je tudi kraško površje svojstven sistem oblik, materialov in procesov ter njihovih medsebojnih odnosov, ki ga je zelo težko prikazati na eni karti v vsej njegovi raznolikosti in zapletenosti. V jugoslovanski koncepciji in legendi za detajlne geomorfološke karte, ki je v zadnji verziji še ne poznam, je bilo mednarodni dodanih precej znakov, vendar pa je ostal pristop izrazito morfografski in ga je težko zagovarjati. Prikaz razporeditve nekaterih značilnih oblik, povezan s posplošeno genetsko klasifikacijo, je naloga preglednih in ne detajlnih kart. Slednje morajo objektivno prikazovati vse geomorfološke pojave (oblike, procese in material) določenega velikostnega reda, ki je seveda odvisen od merila, ter njihove dejanske medsebojne odnose, kar pa je zares težavna naloga.

Metoda detajlnega in celovitega geomorfološkega kartiranja pomeni napredek v geomorfološkem proučevanju predvsem iz naslednjih razlogov:

- a) Detajlna geomorfološka karta je izredno zgoščen in pregleden prikaz reliefa v vsej njegovi raznolikosti in prepletenosti. Toda stroški za tiskanje takšne karte so skoraj tolikšni kot njena izdelava in to je tehten pomislek zoper takšen tip banke geomorfoloških podatkov, ki ga bodo prej ali slej zamenjali cenejši računalniški modeli.
- b) Hkratno proučevanje ter celovit prikaz raznih vidikov reliefa in različnih geomorfoloških problemov je velika prednost detajlnega geomorfološkega kartiranja, vendar pa le-to presega zmožnosti posameznika. Nujni pogoj za ustrezno predstavitev nekega območja na geomorfološki karti je torej skupinsko delo, ki pa ni možno ob takšni organiziranosti projekta in tako skromnih sredstvih.
- c) Celovito kartiranje reliefa pospeši proučevanje dotlej zapostavljenih geomorfoloških problemov, usmeri delo na območja, ki so veljala za manj zanimiva in na podlagi korektno opravljene inventarizacije geomorfoloških pojavov ter interpretacije medsebojnih zvez olajša pot do novih znanstvenih spoznanj.

Tudi detajlno geomorfološko kartiranje kraškega površja mora zajeti vse geomorfološke pojave do ustreznega velikostnega reda na proučevanem območju ter njihove medsebojne odnose, in sicer:

- reliefne oblike;
- oblikotvorne geomorfološke procese;
- geomorfološko relevantne značilnosti materialov, ki pri tem nastopajo;
- relevantne vplive okolja, ki modificirajo oblikotvorne geomorfološke procese;
- tipologijo kraškega površja.

Ključni problem pri kartiranju reliefnih oblik po mojem mnenju in izkušnjah ni njihova klasifikacija, ki jo lahko korektno opravimo po različnih kriterijih, pač pa trojna realna prepletenost reliefnih oblik: hkratno delovanje različnih procesov pri nastajanju večine reliefnih oblik, vgrajenost manjših oblik v večje ter reliefne generacije. Na detajlni geomorfološki karti večjega merila (od 1:5 000 do 1:25 000) lahko vso to pestrost uspešno prikazemo s kombiniranjem različnih izraznih sredstev, ki jih omogoča sodobni barvni tisk, medtem ko se je pri izdelavi geomorfoloških kart manjšega merila (1:50 000 do 1:200 000) treba odreči detajlom na račun preglednosti.

Pri snovanju koncepcije geomorfološkega kartiranja kraškega površja bi nam morda koristila naslednja izhodišča:

1. Karta bi bila v osnovi morfografsko-morfogenetska, tj. največji poudarek bi bil na prikazovanju genetskih tipov kraškega površja, identifikaciji reliefnih oblik in njihove razporeditve. Primarni kriteriji identifikacije reliefnih oblik bi bili morfografsko-morfometrični in ne shematični morfogenetski, kar pomeni, da bi večje reliefne oblike razčlenili na reliefne elemente (ploskve, linije, točke), manjše oblike, npr. vrtače, bi prikazovali z enotnimi znaki, drobne reliefne oblike pa z znaki za polja razširjenosti. Morfogenetska klasifikacija bi bila pri oblikah v drugem planu, tako da bi se izognili pretiranemu posploše-

vanju, ki ga le-ta zahteva. Znake za reliefne oblike lahko prikažemo v enotni barvi, nagnjenost pobočij, reliefno amplitudo in druge morfometrične pokazatelje pa z neokrnjeno topografsko osnovo.

2. Morfogenetske kriterije, ki nam lahko bistveno povečajo preglednost karte, bi uporabili za prikazovanje obsega krasa in njegovo tipologijo. Kraški in fluviokraški tip reliefa bi prikazali z rdečo in vijoličasto ploskovno barvo, ki jo za ta tip določajo tudi navodila za splošno geomorfološko karto Jugoslavije, z odenki pa bi prikazali genetske tipe homogenih delov površja. Kot kriterije za njihovo določanje bi uporabili reliefne oblike, ki se na njem pojavljajo, dotedanji razvoj, recentne geomorfološke procese, litološko zgradbo in preperelinski material.

3. Morfostrukturalne poteze kraškega površja so zaradi specifičnih procesov veliko bolj vidne in manj preoblikovane kot v fluvialnem reliefu. Zato jih moramo na detajlnih geomorfoloških kartah kraškega površja prikazati ustrezno njihovem deležu v kraškem reliefu, in sicer:

- reliefne oblike, nastale s tektonskimi in neotektonskimi procesi, pa tudi stopnjo njihove kraške preoblikovanosti;
- litološko podlago, kolikor neposredno ali posredno vpliva na izoblikovanost kraškega površja (čistost apnencev, prepokanost, skladovitost, ipd.). Prikažemo jo lahko z enobarvnimi znaki ali šrafurami v podlagi.

4. Poseben sklop problemov je prikazovanje medsebojnih prostorskih, genetskih in časovnih odnosov med reliefnimi oblikami. Na splošni geomorfološki karti Jugoslavije je zelo težko prikazati realne odnose med reliefnimi oblikami, deloma zaradi premajhnega merila, deloma pa zaradi prevelike morfogenetske shematizacije, ki ne dopušča skoraj nobene svobode pri prikazovanju poligenetskih potez večine reliefnih oblik.

Tem pomanjkljivostim se lahko v veliki meri izognemo:

- a) z izdelavo detajlnih geomorfoloških kart v večjem merilu, kar nam omogoči prikazovanje manjših reliefnih oblik hkrati z njihovo raznolikostjo (npr. razširjenost vrtač ali kopastih vzpetin na krasu lahko v merilu 1:100 000 prikažemo samo z omejitvijo območja razširjenosti in naključno izbranimi primerki, ki jih prikažemo s posebnimi znaki, kar je presplošno za detajlno geomorfološko karto).
- b) Z realističnim prikazovanjem dejanske reliefne izoblikovanosti. To pomeni zlasti to, da namenimo osrednje mesto pri proučevanju in na karti pobočjem, ki so daleč najbolj razširjen element našega reliefa. Na splošni geomorfološki karti Jugoslavije so prikazana samo s poenostavljeno izohipsno mrežo in naklonom, na ostalo pa je treba sklepati iz barve genetskega tipa reliefa ter razširjenosti prikazanih reliefnih oblik. Oboje je hkrati tako shematizirano, da vodi do napačnih zaključkov, npr. večja nagnjenost pobočij implicira večjo jakost oblikotvornih procesov, kar pa ni res na območjih kraške korozije, glacialnih, eolskih in nekaterih drugih procesov. Menim, da lahko pobočja natančneje prikažemo s popolno izohipsno mrežo, ploskovno barvo za genetske tipe homogenih delov površja, na karti večjega merila pa lahko prikažemo

še reliefne elemente nižjega reda ter drobne reliefne oblike, s prikazom reliefnih generacij pa še dodatno morfogenetsko-morfokronološko opredelimo pobočja.

- c) Prikaz reliefnih generacij na splošni geomorfološki karti je sicer nekoliko vprašljiv zaradi določene mere subjektivnosti pri uvrščanju reliefnih oblik po relativni starosti, vendar pa veliko prispeva k preglednosti geomorfološke karte. Poljska, francoska, vzhodnonemška in nekatere druge koncepcije prikazujejo različno stare oblike z različnimi barvami, ali pa njihovimi odtenki. S tem so zlasti Poljaki zelo povečali plastičnost predstavitve reliefnih oblik. Nekatere druge koncepcije, npr. zahodnonemška pa s posebno barvo predstavijo vsaj poglobitve, pretežno drobne do majhne, danes aktivne reliefne oblike (npr. erozijski jarki, grape, soliflukcijske oblike).

Tudi za praktične dejavnosti je zelo koristna razčlenitev na aktivne in fosilne oblike, kar lahko prikažemo na naslednji način:

- z izstopajočo barvo prikažemo drobne in manjše reliefne oblike, ki se pospešeno razvijajo pod vplivom človekovih posegov (erozijski jarki, usadi, akumulacije), ali pa so rezultat naglih sprememb v procesu reliefnega preoblikovanja (podori, udori, grezi, deli rečnih korit, ipd.);
- s temnejšim odtenkom iste barve prikažemo oblike, ki so nastale in še nastajajo z delovanjem oblikotvornih procesov v kvartarju (vrtače, strukturne stopnje, doline, ipd.). Možna je nadaljnja razčlenitev na pleistocenske in holocenske oblike;
- s svetlejšim odtenkom iste barve prikažemo fosilne oblike, ki so danes v fazi degradacije in so ostanki iz obdobj z bistveno drugačnimi relieftvornimi procesi.

In na koncu še nekaj besed o možnostih sistematičnega kartiranja kraškega površja. Neizvedljivo in nesmiselno je hkratno izvajanje splošnega geomorfološkega kartiranja Jugoslavije in posebnega kartiranja kraškega površja. Možno pa je demokratizirati jugoslovanski projekt geomorfološkega kartiranja in ga odpreti tudi novim pobudam, ki prihajajo od specialistov za posamezne panoge geomorfologije. Večkrat sem že govoril o alternativnem programu geomorfološkega kartiranja v Sloveniji, v katerega bi lahko brez težav vključili tudi detajlno geomorfološko kartiranje kraškega površja. Po tem programu bi lahko v nekaj letih izdelali naslednje geomorfološke karte, obenem pa dosegli tudi prvotno zastavljeni cilj jugoslovanskega projekta geomorfološkega kartiranja: vpeljati detajlno geomorfološko kartiranje kot temeljno metodo geomorfološkega proučevanja in doseči večjo aplikativnost geomorfologije:

- pregledna geomorfološka karta Jugoslavije v merilu 1:500 000 (v delu, predvidoma bo izšla v letu 1986);
- do leta 1990 bi izdelali 15—20 vzorčnih listov detajlne geomorfološke karte Jugoslavije v merilu 1:100 000, na katerih bi predstavili vse poglobitve reliefne tipe v Jugoslaviji, tudi kraške. Doseženi rezultati bi omogočili nadaljnje dograjevanje metodologije geomorfološkega kartiranja in izdelave kart, obenem pa zadovoljili potrebe po teh kartah v izobraževanju in splošni kulturi;

- namesto kart v merilu 1:100 000 bi lahko z nekoliko drugačno koncepcijo skoraj enako natančno prikazali celotno jugoslovansko ozemlje na geomorfoloških kartah v merilu 1:200 000. S tem bi zmanjšali število listov, stroške izdelave in tiskanja za najmanj štirikrat, doseženi rezultati pa bi bili enako uporabni.
- detajlno geomorfološko kartiranje v ožjem pomenu besede bi izvajali v merilu 1:25 000, ki velja drugod po svetu in tudi po mojih izkušnjah za optimalno merilo detajlnih geomorfoloških kart. V okviru tega bi v Sloveniji na 5—7 listih prikazali reliefne značilnosti vseh tipov reliefa, prav tako pa tudi v ostalih republikah. Skupna bi bila samo osnovna izhodišča, skupine avtorjev pa bi na kartah prikazale vsa najnovjša spoznanja brez nepotrebne poenotenja in posploševanja. Pri izbiri listov bi se osredotočili na strokovno najzanimivejša in hkrati z vidika prakse konfliktna območja (potresna območja, območja vodnih zbiralnikov, narodnih parkov, obrobja mest, itd.), s čimer bi praktikom nazorno prikazali pomen detajlnih geomorfoloških kart za razumevanje dogajanja v naravi.

Zavedam se, da je v naši družbi marsikaj težko spreminjati, vendar se lahko upravičeno vprašamo, kdo more pri geomorfološkem kartiranju v Jugoslaviji ultimativno izključiti iz tega doslej najpomembnejšega geomorfološkega projekta vse tiste, ki na osnovi lastnih preučevanj vidijo geomorfološko dogajanje drugače kot to predpisuje jugoslovanska koncepcija in legenda. Prav slovenski in jugoslovanski kras je bil tisto območje, na katerem so se učile generacije domačih in tujih geomorfologov-krasoslovcev in upajmo, da bo tako ostalo tudi naprej.

DISKUSIJA

M. Zeremski:

Novi pogledi, do kojih je došao kolega Natek, razrađujući neka pitanja koja se odnose na izradu Detaljne geomorfološke karte Jugoslavije, su korisni. Oni se mogu uzeti u obzir u drugoj fazi izrade ove karte. To neka bude zadatak mlade generacije geomorfologa. U sadašnjoj fazi, s obzirom da nemamo nikakvu geomorfološku kartu Jugoslavije, bilo bi necelishodno vršiti reviziju oformljenog i konačno usvojenog Uputstva za izradu Detaljne geomorfološke karte Jugoslavije. Sve napomene i dopune u tom smislu, trebalo je dostaviti ranije, u roku koji je za to bio predviđen.

Što se tiče pitanja kadra koji radi na geomorfološkom kartiranju u Sloveniji, kao što vidimo tu je angažovan, uglavnom, kolega K. Natek. Mišljenja smo da bi u geomorfološkem kartiranju kraških oblika trebalo da učestvuje i Inštitut za raziskivanje krasa, kao i ostale kolege geomorfolozi iz drugih ustanova. Uostalom, takva zamisao je verifikovana na ovom projektu još 1979. godine kada je potpisan Samoupravni sporazum — da u izradi Geomorfološke karte Jugoslavije učestvuju svi geomorfolozi iz republika i pokrajina koji to žele. Pošlo se od toga da se racionalno iskoristi postojeći geomorfološki kadar s tim da svaki dobije izvesnu nadoknadu u vidu honorara. Koliko nam je poznato takav dogovor je sproveden u svim ostalim republikama i pokrajinama.

**GENERAL GEOMORPHOLOGICAL MAP OF YUGOSLAVIA
ON THE SCALE 1:100,000 AND THE MAPPING OF KARST AREAS**

S u m m a r y

In the conception and legend for detailed geomorphological maps of Yugoslavia in scale 1:100 000 the presentation of karst relief and its landforms is very generalized and distinctively morphographic. The author suggest a different approach to the geomorphological mapping of particular relief types which make possible the incorporation of the latest geomorphological investigations in the geomorphological maps. Detailed geomorphological map of karst relief in the scale 1:5 000 to 1:25 000 should present first of all the genetical types of karst surface, unbiased identification of all landforms, its distribution and mutual relationship. Landforms could be shown in only one colour and its shades used for the presentation of three or more generations of landforms (e. g. recent, Quaternary and Pre-Quaternary).

Systematical geomorphological mapping of karst areas could be realized in the frames of differently organized project of detailed geomorphological mapping in Yugoslavia. During next few years we could elaborate the general geomorphological map of Yugoslavia in scale 1:500 000 (in 1986), 15—20 sheets of geomorphological map of Yugoslavia in scale 1:100 000 (presentation of main relief types in Yugoslavia) and general geomorphological map of the whole Yugoslav territory in scale 1:200 000 instead of 1:100 000.

Detailed geomorphological mapping *sensu stricto* should be executed in the scale 1:25 000, at first 5—7 sheets of detailed geomorphological maps of main relief types in Slovenia, including karst and fluviokarst relief types. Only the fundamental standards would be obligatory, so the elaboration of detailed geomorphological maps could be a chance and challenge for all geomorphologists to present their latest results of geomorphological investigation.

POLJA U KRŠU — UTJECAJ RADA ČOVJEKA
NA PROMJENU HIDROLOŠKOG REŽIMA

(SA 2 SLIKE)

POLJES IN KARST — THE INFLUENCE OF MAN'S WORK
ON THE CHANGES IN THE HYDROLOGICAL REGIME

(WITH 2 FIGURES)

OGNJEN BONACCI

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985
*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address

dr. OGNJEN BONACCI, univ. prof.
Građevinski institut, Fakultet građevinskih znanosti
Sveučilište u Splitu
58000 Split
Jugoslavija

Sažetak

UDK 551.448:626.8
626.8:551.448

Bonacci Ognjen: Polja u kršu —

Utjecaj rada čovjeka na promjenu hidrološkog režima.

Polja u kršu predstavljaju najveću površinsku, topografsku formu. Rasprostranjena su gotovo u cijelom svijetu na područjima gdje ima karbonatnih i karstificiranih stijena. Ona predstavljaju jedinu oazu u kršu na kojoj su uvjeti za život čovjeka povoljni. Na vapnenačkim jako karstificiranim slojevima stijena nalazi se sloj vrlo plodnog tla. Koncentracija stanovništva relativno je gusta pa se stoga na poljima vrlo često izvode zahvati kojima se želi utjecati na poboljšanje vodnog režima. Osim pozitivnih efekata nastupaju nerijetko i neželjene, štetne posljedice. U radu se diskutira o slijedećih pet zahvata na poljima u kršu: 1. Akumuliranju vode, 2. Povećavanju kapaciteta evakuacionih organa, 3. Površinskim hidrotehničkim zahvatima, 4. Prevođenju voda iz sliva u sliv, 5. Pumpanju podzemnih voda. Iznoseni su brojni primjeri iz naše zemlje i svijeta, kao i pozitivne i negativne posljedice koje su nastupile uslijed izgradnje hidrotehničkih objekata u kršu.

Abstract

UDC 551.448:626.8
626.8:551.448

Bonacci Ognjen: Poljes in karst —

**The influence of man's work on the changes
in the hydrological regime.**

Poljes represent the largest surface topological forms in karst. They can be found in the whole world wherever there are carbonate and karstified rocks. They are the only oasis in the karst with favourable living conditions for men. A layer of very fertile soil rests upon the strongly karstified layers of limestone. The concentration of population is fairly high; consequently efforts are frequently made to improve the water regime in the poljes. Apart from the favourable effects there are often undesirable, harmful consequences. The paper discusses five different types of work in the karst: 1. Water storage, 2. Increase in the capacity of the outlet structures, 3. Surface hydrotechnical works, 4. Transfer of water from one catchment to another, 5. Pumping of groundwater. The paper presents numerous examples from Yugoslavia and other countries as well as the positive and negative consequences caused by the construction of hydrotechnical structures in karst.

UVOD

Polja u kršu predstavljaju depresije u vapnenačkom kršu generalno eliptične u situaciji i s relativno blagim padom dna od zona izvora do zona ponora. Najčešće su pokrivena tlom koje pripada neogenim i kvartarnim sedimentima (vrlo često je to terra rossa). Površine polja variraju od vrlo malih veličina od oko 0,5 km² do onih najvećih reda veličine 500 km². Le Grand (1983) definira polje ovako: To je ravna aluvialna dolina obrubljena relativno visokim i golim vapnenačkim planinama. Doline se po dužoj osi protežu od kilometra do nekoliko kilometara, a poneke su i dulje. U poljima se redovno pojavljuje stalni ili povremeni otvoreni vodotok, koji najčešće teče duž dulje osi, ali rjeđe ima i takvih slučajeva kada se otvoreno tečenje obavlja kraćim putem. Polja se javljaju u raznim djelovima zemaljske kugle, a najčešća su u području Mediterana (Grčka, Italija, Francuska, Španjolska, Maroko, Tunis i Jugoslavija). Zapažen je manji broj polja u Aziji, veći broj na Kubi i Jamaici, te u Kanadi u području Nahanni krša, dok u USA postoji samo jedno polje, Grassy Cove, u državi Tennessee (Bögli, 1980). Po čestini pojavljivanja i njihovoj specifičnosti daleko najviše polja pojavljuje se u dinarskom kršu Jugoslavije. To je ujedno i razlog da je riječ »polje« iz hrvatskosrpskog jezika preuzeta kao tehnički termin za korištenje u cijelom svijetu, a odnosi se isključivo na pojam polja u kršu. Smatramo da bi u našim jezicima trebalo usvojiti termin »polje u kršu« i da bi trebalo izbaciti pojam kraškog polja kao tehnički neadekvatan.

Polja u kršu (u Jugoslaviji, ali generalno uzevši, i u cijelom svijetu) predstavljaju jedine oaze u za život vrlo negostoljubivom kršu unutar kojih su uvjeti za čovjekov opstanak relativno povoljni. Plodna zemlja i postojanje vode na površini omogućuju uspješne ljudske djelatnosti u siromašnoj, neplodnoj i vrlo često nepristupačnoj kraškoj okolini. Prema Barbaliću (1976) ukupna površina zatvorenih kraških polja iznosi oko 1350 km² ili oko 2,5 % od ukupne površine krša. Iako se radi o vrlo maloj površini značaj s privrednog i socijalnog aspekta ne samo da nije zanemariv, već je i velik.

S hidrološkog aspekta, koji nas u okviru ovog rada primarno zanima, polje je samo dio šireg sistema. On se i ne može, ali i ne smije tretirati kao cjeloviti sistem, već samo kao podsistem u procesu kretanja nadzemnih i podzemnih voda kroz ogromni kraški masiv. Stoga za njegovo kvalitetno izučavanje nije dovoljno postaviti mjerne uređaje u samom polju, već i u kraškom masivu okolo njega ili u poljima viših i nižih horizonata s kojima analizirani podsistem ima kontakte. Polja u kršu gotovo su redovno plavljena u hladnijem i vlažnijem periodu godine, od X. do IV. mjeseca, a ljeti pate od nedostatka žive vode. Moguće ih je klasificirati u četiri osnovna tipa s obzirom na ulaze i izlaze voda iz njih: 1. Zatvorena polja; 2. Uzvodno otvorena polja; 3. Nizvodno otvorena polja, i 4. Uzvodno i nizvodno otvorena polja. Razlozi plavljenja leže u ograničenim dimenzijama evakuacionih organa kojima voda izlazi iz polja. Prema Barbaliću 35 % površine zatvorenih polja plavljeno je u toku godine.

U ovom radu naglasak je stavljen na analizu utjecaja rada čovjeka na promjenu režima u poljima. Da bi se ove aktivnosti mogle ispravno procijeniti i predvidjeti neophodno je napomenuti dva principijelno različita tipa kretanja vode u kršu. Jedan tip je tzv. conduit flow, tečenje kroz sistem cijevi ili privilegiiranim putevima. Iako je kapacitet (volumenski gledano) uvjetno govoreći

cijevnog sistema (velikih pukotina u nizu na potezu površina — izvori) malen, njegov značaj za transport voda je primaran. Procjenjeno je u raznim krajevima svijeta (Atkinson, 1977) da je 50—90 % svih voda koje dođu do nekog izvora transportirano priveligiranim putovima. Kretanje kroz njih je brzo i turbulentno. Kroz sistem sitnih pukotina kreće se od 10 do 50 % volumena vode nekog izvora. Kretanje je u principu sporo i laminarno. Prethodno spomenuti principi značajni su i moraju biti poštivani kod predviđanja utjecaja izgradnje objekta u polju na hidrološki režim.

OPĆE O RADOVIMA ČOVJEKA U POLJU

Razumljivo je da je koncentracija stanovništva u poljima izazvala i brojne ljudske aktivnosti na promjeni režima voda. Sve aktivnosti poduzimane su, poduzimaju se i poduzimat će se samo s jednim ciljem, a to je poboljšanje vodnog režima. Međutim, mnogi zahvati donijeli su koristi, ali su izazvali i štete koje su često premašile dobit. To se najčešće dešavalo tamo gdje sistem nije bio dovoljno studiran, pa su štete nastajale na nizvodnim horizontima, ali su nerijetke negativne promjene i na višim horizontima. Kod bilo kojeg zahvata u polju treba imati na umu da se ona (posebno u dinarskom kršu) nalaze u lancu i da su vezana s obližnjim niže i više položenim poljima.

Čovjekove aktivnosti na promjeni vodnog režima u poljima mogu se iscripti na sljedećih šest aktivnosti:

1. Akumuliranje voda,
2. Povećavanje kapaciteta evakuacionih organa,
3. Površinski hidrotehnički radovi,
4. Prevođenje voda iz sliva u sliv,
5. Pumpanja podzemne vode,
6. Ostali zahvati (najčešće vezani s povećanjem kapaciteta izvora).

Kod bilo kojeg hidrotehničkog zahvata na poljima u kršu moraju se izvršiti egzaktna predviđanja promjena u vodnom režimu, koje će biti izazvane datim zahvatom. Za obavljanje tog izrazito složenog i ni malo laganog zadatka, na raspolaganju moraju stajati brojna mjerenja i analize nultog stanja, dakle situacije kada zahvata nema. Sistem treba biti identificiran na nivou da omogućiti predviđanje. Za prognoze na nizu lokaliteta od velike pomoći mogu biti dobro identificirani sistemi u nultom i u izgrađenom stanju na nekim drugim lokacijama, npr. na već izgrađenim i djelomično ili dobro izučanim sistemima, kao što su Buško Blato, akumulacija Grančarevo, itd. Međutim, kod toga se uvijek treba imati na umu da nivoi podzemnih voda dominantno uvjetuju sve procese otjecanja u kršu. Ovo se napominje stoga jer se vrlo često identifikacija vrši bez pravog poznavanja promjena nivoa podzemnih voda, kako u prirodnom stanju, tako i u stanju izgrađenog sistema. To naročito važi za starije objekte, građene prije 1960. godine. Za detekciju sistema mogu i moraju poslužiti praktično sve metode i pristupi bez ikakve diskriminacije. Sve što može dati informaciju vrijedno je, ali pri tome se ne smije zaboraviti i na ekonomski aspekt problema. Interdisciplinarnost u istraživanju, kao i suradnja među stručnjacima raznih struka mora biti imperativ, jer se samo na taj način mogu postići barem relativni uspjesi u detekciji složenih sistema kreta-

nja vode u kršu. Kada se pak želi ustanoviti utjecaj izgrađenog objekta na procese otjecanja, a na bazi vršenih opažanja, tada uglavnom mogu poslužiti dva tipa metoda: parametarsko-genetske i statističke ili najčešće njihova kombinacija. Pri tome statističke metode definiranja nivoa odvajanja mogu biti nezavisne od parametarsko-genetskih dok ove druge teško da mogu figurirati samostalno. Mišljenja smo da je metodologija rada na ovim problemima kod nas i u svijetu daleko od toga da bude razvijena, te da se posebno treba preporučiti primjena diskriminacione analize i faktorske analize, ali i nekih drugih metoda koje spadaju u metode klasifikacije i nisu do sada bile korištene u hidrologiji. Ukazuje se ovdje na rad Miličevića (1976) koji je diskutirao utjecaj akumulacije Grančarevo na poplave u Fatničkom polju. Pristup je baziran na parametarskom modelu, koji nažalost nije suviše osjetljiv. Upravo na ovom primjeru vidi se od kolikog bi značaja bilo detaljno poznavati piezometarske odnose. Samo njihovim uključivanjem u analizu mogli bi se definirati kvalitetni i osjetljivi modeli. Na to vrlo zorno ukazuje Avdagić (1983) kada ukazuje na primjere izvanredno jakih utjecaja akumulacija u kršu na piezometarske odnose i to kako na one u uzvodnim, tako i na one u nizvodnim horizontima (poljima u kršu).

AKUMULACIJE VODE

Razumljivo je da akumulacije u kršu nisu izvedene isključivo zadržavanjem vode u poljima. Veći dio je izrađen pregrađivanjem riječnih kanjona, ali i u tim slučajevima vrlo često se dešavalo da djelovi polja budu ili trajno plavljeni ili pod utjecajem akumulacije. Akumulacije Buško Blato, Krupac, Slano, kao i brojne druge (npr. pokušaji stvaranja stalnog Cerkničkog jezera) uglavnom potvrđuju želju čovjeka da plodni dio polja sačuva kao oazu života i da stalno poplavi samo manje vrijedne djelove tog prostora. Izgradnja akumulacionih prostora u kršu bitno upliva na hidrotehničke odnose u poljima i to najčešće dvojako. Na nizvodnim područjima povećavaju se kapaciteti izvora, što je uglavnom pozitivno, ali nažalost može imati i negativne posljedice koje je potrebno sanirati skupim zahvatima. Poznato je da je izgradnjom brana Peruča i Prančevići na Cetini a dijelom i izgradnjom Buškog Blata došlo do povećanja izdašnosti kako izvora Jadra, tako i izvora Žrnovnice. Oba su u blizini Splita i značajna su za privredu ovog grada i regije. Žrnovnica više ne presušuje, te se pretpostavlja da su ove akumulacije u slivu Cetine povećale izdašnost malih voda za 200 do 300 l/s, što nije zanemarivo. Brojni zahvati na Cetini zaslužuju pažnju, pa će o njima biti posebnog govora. U gornjim horizontima, akumulacije u kršu stvaraju uvjete za reaktiviranje starih sistema evakuacije, koji su razvojem karstifikacije prema dolje izšli iz funkcije (Avdagić, 1983).

POVEĆANJE KAPACITETA EVAKUACIONIH ORGANA

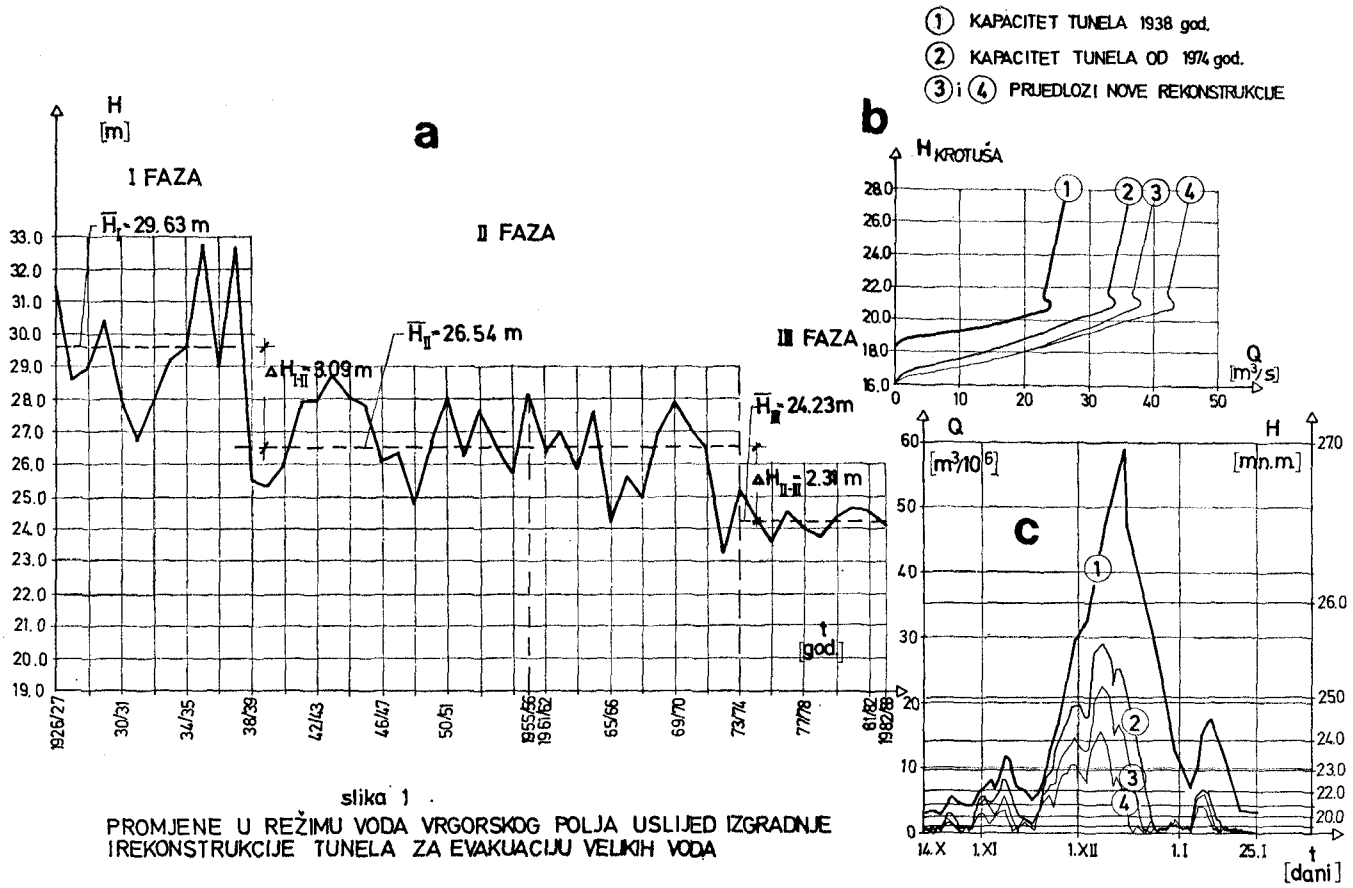
Upravo zbog činjenice velike vrijednosti i plodnosti terena na poljima u kršu mnogo češće se pristupa stvaranju uvjeta za brže evakuiranje velikih voda, te spriječavanje ili barem skraćivanjem poplava. Izgradnja tunela i pro-

kopa, radovi na proširenju kapaciteta ponora česti su u svijetu, a posebno kod nas. Interesantan je primjer vrlo plodnog Vrgorskog polja na nadmorskoj visini od 25 m n. v. Prvi tunel za brzu evakuaciju voda iz polja u Bačinska jezera probušen je 1938. godine. 1974. godine dimenzije su mu povećane, pošto nisu bile u cijelosti spriječene poplave polja. One su vremenski bile skraćene, ali to nije zadovoljilo sve intenzivniju poljoprivrednu proizvodnju. Na slici 1a ucertani su nivoi maksimalnih nivoa voda u polju u tri analizirana perioda. I — do izgradnje tunela 1938., II — od 1938. do 1974., dakle rekonstrukcije i III — od 1974. do danas. Nivoi poplava u polju sniženi su u srednjem za 3.09 m (zbog izgradnje tunela) i za 2.31 m zbog rekonstrukcije. Tunel je bitno skratio trajanje poplava, ali ih nije eliminirao. Njegov maksimalni kapacitet iznosi oko $36 \text{ m}^3/\text{s}$, a srednje maksimalne protoke iznose $95 \text{ m}^3/\text{s}$, dok trenutačni opaženi maksimum iznosi $154 \text{ m}^3/\text{s}$ (22. II 1969). Procijenjeno je da se radi o poplavi 100 godišnjeg povratnog perioda. Samo po sebi je razumljivo da ekonomski nema smisla graditi tunel kapaciteta reda veličine $150 \text{ m}^3/\text{s}$ u cilju eliminiranja 100 godišnjih poplava, tim više što su kapaciteti reguliranog korita glavnog vodotoka Matice tek reda veličine $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Na slici 1b date su krivulje protoke tunela u raznim fazama, a na slici 1c izvršena je transformacija hidrograma poplave (20. IX 1966 — 5. I 1967) u Vrgorskom polju u funkciji raznih kapaciteta tunela. Sa slike se uočava da bi rekonstruirani kapacitet tunela od 1974. godine bitno smanjio volumen poplave za $30 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ali ne i visinu, pa čak niti trajanje poplave. Dokazano je da ekonomski nema opravdanja povećati kapacitet tunela iznad $45 \text{ m}^3/\text{s}$ (slučajevi 3 i 4 na slici 1b i 1c), jer bi tada trebalo izvršiti velike regulacione zahvate otvorenog vodotoka, a poplave niti tada ne bi bile eliminirane. Najniži dio polja još uvijek je ekonomski opravdanije povremeno plaviti. Situacija se i dodatno komplicirala, jer je već izrađen tunel iz susjednog višeg polja Rastok, kojim se u maksimumu u Vrgorsko polje unosi $18.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Čini se da ovaj zahvat nije bio najbolje proučavan, jer je očitno da on neće pridonijeti poboljšanju situacije, već će ju naprotiv, dodatno iskomplikirati.

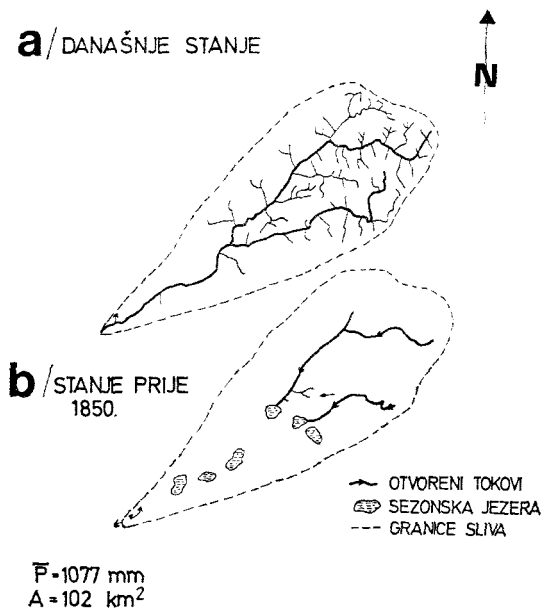
Općenito se može reći da se problemi poplava u poljima ne mogu niti jeftino niti brzo riješiti izgradnjom samo evakuacionih organa. Situacija je mnogo kompleksnija i zahtijeva prvo detaljnu analizu, a odmah potom i stvaranje aktivnih i kompleksnih sistema obrane od poplava, koji moraju biti stalno nadgledani i rukovođeni preko sistema monitoringa. Prepuštanje kompleksnih sistema samih sebi, što je uglavnom kod nas slučaj, imalo je a imati će sve više i više vrlo teške posljedice. To je s visokom dozom vjerojatnosti moguće očekivati kod zahvata u kaskadnom sistemu polja u kršu, što je tipično za dinarski krš.

POVRŠINSKI HIDROTEHNIČKI RADOVI U POLJIMA

Pod površinskim radovima u poljima misli se na regulacione radove u otvorenim vodotocima, kao i na izradu sistema kanala površinske odvodnje. Na prvi pogled se može pretpostaviti da površinska odvodnja ne može bitno utjecati na promjenu stanja vodnosti u podzemlju, koje u suštini dirigira procese otjecanja u kršu. To ipak ne znači da je to uvijek tako i da su ovi radovi



potpuno bezopasni i bez ikakvih posljedica. Poznat je slučaj sliva rijeke Clarin-bridge u Irskoj opisan D rew-om (1984). Dugogodišnjim radom čovjeka mreža površinske odvodnje je bitno razvijena (slika 2). To je izazvalo niz posljedica koje nije bilo moguće predvidjeti, ali koje se manje ili više, što ovisi o geologiji, u principu mogu očekivati i u drugim kraškim regionima. Radi se o slijedećim efektima:



slika 2

POVRŠINSKA DRENAŽA KRAŠKOG SLIVA
 RIJEKE CLARINBRIDGE

- Visoka gustoća površinske odvodne mreže povećala je direktno otjecanje, pa je prihranjivanje podzemnih voda smanjeno.
- Podzemne vode su se prije pojavljivale duž cijelog sliva, a danas su zbog brzog transporta lokalizirane uz linije prihranjivanja (ovo zavisi o sezoni u godini).
- Površinski kanali izbušeni u vapnencu omogućili su brži i direktniji prodor vode, ali i zagađenja u podzemlje. Prirodni zaštitni sloj je na linijama kanala razoren, što je imalo za posljedice velike ekološke probleme.
- U suštini su smanjene, a dijelom i zagađene rezerve podzemnih voda, što je imalo kako ekonomske, tako i druge posljedice.

Primjer možda nije tipičan za naš krš, jer se radi o malom slivu i pokrivenom kršu, kod kojeg ovakvi zahvati mnogo direktnije utječu na procese prihranjivanja podzemnih voda. On je ipak vrlo poučan stoga jer ukazuje na moguće posljedice i stručnjacima određuje putokaze o kojima pri planiranju sistema moraju svakako voditi računa.

PREVOĐENJE VODA IZ SLIVA U SLIV

Ovdje se radi o vrlo ambicioznoj i skupoj djelatnosti čovjeka, koja kao i sve druge ima namjenu poboljšati stanje stvari. Međutim, ta intencija rijetko se ostvari u cijelosti. Primarni razlog leži u činjenici što je količina voda ograničena i što prevođenjem voda ne dolazi do njenog povećanja nego najčešće postoje i određeni gubici. S jednog mjesta voda se odvodi na drugo, gdje je u tom trenutku, po našoj procjeni, potrebija. Treba imati na umu da svaka procjena važi samo u određenom vremenu i u određenim uvjetima, te da se kasnije mogu pokazati i njene manje ili veće slabosti. Čini nam se da s odlukama o prevođenju voda treba biti posebno oprezan. One zaista moraju biti donesene na bazi ogromnih i kvalitetnih podloga i studija, na bazi uključivanja širokog kruga stručnjaka i zainteresiranih u donošenje odluka.

Pri razmatranju prevođenja voda iz sliva u sliv ne treba doslovno gledati na problem. Mnogi zahvati u poljima u kršu koji na prvi pogled nemaju zadatak prevođenja u suštini mijenjaju stanje stvari do te mjere da indirektno ili čak direktno, a najčešće bez namjere projektanta sistema, izvrše ogromne preraspodjele voda. Tipični slučajevi su nastupili izgradnjom akumulacija Buško Blato i Prančevići. Znatne promjene desile su se i uslijed betoniranja korita Trebišnjice kroz Popovo Polje, a brojne dileme su otvorene i s izgradnjom akumulacija — kompenzacionih bazena u slivovima Ričice i Otuče za potrebe izgradnje reverzibilne HE Obrovac.

PUMPANJE PODZEMNIH VODA

Pumpanja podzemnih voda iz kraškog masiva naročito za potrebe navodnjavanja i sve češće vodoopskrbe nisu rijetka pojava. Što više, danas postaju jedan od dominantnih načina u snabdijevanju vodom u kraškim uvjetima. Međutim, upravo kod ovih radova treba biti posebno oprezan. Zbog karakteristika raspucalosti kraškog masiva prilikom neadekvatno snažnih pumpanja dolazi do naglih sniženja nivoa podzemnih voda, koje pak u nestabilnim sredinama mogu izazvati velika prolamanja gornjih slojeva, pojavu ili aktiviranje recentnih ponora. Nerijetko pumpanja podzemnih voda u kršu izazivaju snažna lokalna spuštavanja nivoa i to na dominantnim pravcima kretanja podzemne vode. Hall (1984) je iznio primjer kolapsa 22 ponora i time izazvanih velikih šteta uslijed pumpanja podzemne vode kraj Dovera na Floridi (USA) u siječnju 1977. godine.

Prema tome, kod zahvata ovog tipa u kršu, a naročito u kraškim poljima koje su relativno gusto naseljena, potrebno je budno pratiti sve efekte pumpanja podzemnih voda. Količine pumpanja nisu limitirane isključivo kapacitetom podzemnih voda, već prije svega stabilitetom geoloških struktura za čije točno definiranje je potrebno izvršiti vrlo detaljne istražne radove.

O ostalim radovima na kršu, koji su vrlo brojni neće biti govora u ovom radu.

ZAKLJUČCI

Najbitnije promjene u odnosima voda u kršu izazivaju primarno veliki, generalni zahvati koji mogu svojom dimenzijom i kapacitetom bitno utjecati na generalno stanje nivoa podzemnih voda u kraškom masivu. Nedovoljno poznavanje sistema dovodi do toga da čovjek nije svjestan posljedica svojih zahvata. Neosporna je činjenica da je želja čovjeka da mu svaka aktivnost donese odgovarajuću korist, ali je iskustvo pokazalo da vrlo često to ne ispadne tako. U uvjetima krša stvari su posebno komplicirane i zahtijevaju detaljne obrade i analize, skupe istražne radove i dugotrajna razmišljanja, ali i praćenja efekata prije i poslije izgradnje objekata. U radu su izneseni samo neki problemi, ali je činjenica da su oni i brojniji, češći i s dugotrajnijim posljedicama nego što čovjek može i pretpostaviti. Pri tome se posebno treba naglasiti ekološki aspekt čije posljedice mogu biti ogromne.

LITERATURA

- Atkinson, T. C., 1977: Diffuse flow and conduit flow in limestone terrain in the Mendip Hills, Somerset (G. B.). *J. Hydrol.*, 35: 93—110.
- Avdagić, I., 1983: Upliv akumulacija voda na piezometarske odnose u kršu. *Jug. simp. o inženjerskoj hidrologiji*, Knjiga II, 139—148.
- Barbalić, Z., 1976: Karakteristike vodoprivrednih sistema zatvorenih kraških polja. *Zbornik Jug.-Am. simp.; Hidrologija i vodno bogatstvo krša*, Dubrovnik, 651—660.
- Bögli, A., 1980: *Karst hydrology and physical speleology*. Springer - Varlag.
- Drew, D., 1984: The effect of human activity on a lowland karst aquifer. In: A. Burger and L. Dubertret: *Hydrogeology of karstic terrains*, Vol. 1: 195—199.
- Hall, L. E., 1984: Sinkhole collapse due to groundwater pumpage for freeze protection irrigation near Dover, Florida, January 1977. In: A. Burger and L. Dubertret: *Hydrogeology of karstic terrains*, Vol. 1: 248—251.
- Le Grand, H., 1983: Perspective on karst hydrology. *J. Hydrol.*, 61: 343—355.
- Miličević, M., 1976: Uticaj vještačkih akumulacija na promjene prirodnog plavljenja uzvodnih kraških polja. *Zbornik Jug.-Am. simp.: Hidrologija i vodno bogatstvo krša*, Dubrovnik, 319—336.



UTJECAJ GRAĐEVINSKIH OBJEKATA
IZVAN URBANIZIRANIH PODRUČJA
NA VODNE RESURSE U KRŠU

THE INFLUENCE OF CIVIL ENGINEERING STRUCTURES LOCATED
OUTSIDE THE URBAN AREAS ON THE WATER RESOURCES
IN KARST

SLOBODAN ŠESTANOVIĆ

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985
*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
dr. SLOBODAN ŠESTANOVIĆ, univ. izv. prof.
Građevinski institut
Fakultet građevinskih znanosti Sveučilišta u Splitu
58000 Split
Jugoslavija

Sažetak

UDK 624:628.19:551.44
628.19:551.44:624

Sestanović Slobodan: Utjecaj građevinskih objekata izvan urbaniziranih područja na vodne resurse u kršu.

Danas se u području krša nalaze u eksploataciji ili su u fazi izvođenja brojni i različiti građevinski objekti koji mogu predstavljati značajan izvor zagađenja vodnih resursa. Razvijeni pukotinski sustavi kojima podzemna voda cirkulira, omogućavaju relativno veoma brzo prenošenje zagađivača iz udaljenih nenaseljenih područja i s time ugrožavanje velikog broja ljudi koji se opskrbljuju vodom iz krškog podzemlja. Uz kratki prikaz relevantnosti spomenutih činjenica, u ovom radu se, s obzirom na mjestimično već utvrđena zagađenja krškog podzemlja, ukazuje na nužnost cjelovitih hidrogeoloških, hidroloških i drugih istraživanja prije bilo kakvog građevinskog zahvata. Takvim pristupom je moguće predvidjeti promjene koje će se dogoditi izvedbom nekog objekta, što u mnogome olakšava odgovarajuće projektiranje zaštite od zagađenja ili na drugi način ugroženih vodnih resursa u kršu.

Abstract

UDC 624:628.1:551.44
628.19:551.44:624

Sestanović Slobodan: The influence of civil engineering structures located outside the urban areas on the water resources in karst.

Numerous significant civil engineering structures are currently being constructed and exploited in the karst areas. These structures represent a significant sources of pollution of the water resources. The well developed systems of fissures with underground water circulation make possible a relatively fast transfer of pollutants from the distant uninhabited areas and thus endanger the lives of a great number of people using the water supply from the karst underground. This paper gives a short review of the importance of the above mentioned facts and emphasizes the necessity of extensive hydrogeologic, hydrologic and other investigation to be carried out before the construction of any structure, with regard to the already established pollution of the karst underground. Such an approach predicts the possible changes caused by the construction of a structure and thus makes it easier to determine the most suitable protective measures against pollution or any other threats to the water resources in the karst.

UVOD

Hidrogeološki i hidrološki istraživački radovi koji se u području krša provode za potrebe izgradnje različitih objekata imaju cilj determiniranja stijenske mase kao realne sredine. Pri tom su nužna saznanja o svim kvalitativnim i kvantitativnim značajkama krškog medija.

Intenzivna graditeljska aktivnost na površini i u podzemlju krša je angažirala mnoge stručnjake u nastojanju rješavanja problema obrane od vode, pridobivanja vode, akumuliranja, zaštite od zagađenja, izgradnje različitih inženjerskih i hidrotehničkih objekata i sl.

Mnoštvo izvedenih istraživačkih radova za različite potrebe je omogućilo da, koristeći se terminom »krš« danas više ne moramo upotrebljavati npr. izraz »nepoznanica« i tome slično. Ipak, prisutna je činjenica postojanja veoma zamršenih podzemnih veza, različitih od lokaliteta do lokaliteta, što onemogućava bilo kakvu shematizaciju ili tumačenje odnosa u jednom području, prema utvrđenim odnosima u nekom drugom, često znatno udaljenom. O tome da shematizirana rješenja krške problematike nemaju praktične vrijednosti, upozorio je M. H e r a k (1957) i izvjesno je da ni jedan istraživač neće podleći iskušenju da u kršu shematizira. To znači da danas istraživanjima u kršu prilazimo s punom pažnjom svakom lokalitetu (najprije se korektno determiniraju geološki odnosi, a tek onda u utvrđeni geološki okvir »smještaju« hidrogeološke značajke, pri čemu trebaju biti poznate i sve hidrološke manifestacije).

Ovisno o vrsti graditeljskog objekta i njegovoj namjeni, u istraživačkom radu je neophodna suradnja, odnosno timski rad stručnjaka različitih profila. Svojim rješenjima, prethodna istraživanja u kršu trebaju usmjeriti daljnja istraživanja prema vrsti i obimu. Upravo ta prethodna istraživanja često predstavljaju ključ uspjeha cjelokupnog projekta, što znači da ih treba provesti cjelovito uz maksimalnu pažnju i punu angažiranost svih sudionika.

Da bi prethodni istraživački radovi u kršu mogli dati optimalne rezultate, neophodna je zastupljenost interdisciplinarnog pristupa, kojim se definiraju: geomorfološki, litostratigrafski, strukturni, hidrogeološki, inženjerskogeološki i hidrološki odnosi, te meteorološke i ostale relevantne značajke. Ovisno o vrsti i namjeni objekta, daljnja istraživanja provode geomorfolozi, geolozi (specijalisti za speleologiju, geofiziku, fotogeologiju, seizmotektoniku, daljinsku detekciju, neotektoniku i dr), građevinari (hidrauličari, cestari, konstrukteri, stručnjaci za konsolidaciju i dr), meteorolozi, matematičari, biolozi, liječnici, sociolozi, kemičari, energetičari, ekonomisti i drugi. Za cjelovitost rješenja se prvenstveno moraju pravilno postaviti zahtjevi, da bi se na temelju njih moglo pristupiti izboru tima stručnjaka i programiranju istražnih radova. Takvim pristupom je moguće odgovoriti postavljenim zahtjevima, odnosno provesti optimalni način istraživanja koje će, uz racionalni utrošak sredstava i vremena, dati kvalitetno rješenje problema vezanih uz funkcionalnost objekta i zaštitu podzemnih voda od zagađenja. Budući da su različitim traserima utvrđene veze ponora i izvora koji su često međusobno veoma udaljeni (A. M a g d a l e n i ć, 1971), nužno je kod razmišljanja o potrebi zaštite voda graditi objekte i izvan urbaniziranih područja tako, da se onemogućí prenošenje eventualnih zagađivača podzemnim tokovima.

GRAĐEVINSKI OBJEKTI I NJIHOV UTJECAJ NA ZAGAĐIVANJE PODZEMNIH VODA

U području krša su izvedene brojne prometnice, različiti industrijski objekti, gospodarski objekti, akumulaciona jezera za potrebe elektroprivrede i vodoprivrede itd.

Izvedbom prometnica, zagađenje je u osnovi moguće ispiranjem zagađivača s kolnika i izljevanjem prevoženih zagađivača.

Ispiranje zagađivača s prometnica i njihov put u podzemlje omogućavaju oborine. Prema J. Margeti i dr. (1985), zagađenje na kolnicima nastaje kao rezultat neposrednog odvijanja prometa (habanja guma, izgaranja i ispuštanja pogonskog goriva i maziva i habanja potrošnih dijelova vozila), rasipanja slabo osiguranog tereta u toku vožnje, posipanja prometnica solju u zimskim mjesecima, taloženjem zagađivača prenijetih zračnim masama i prenošenjem različitih materijala s okolnih viših kota gravitacijom i povremenim bujičnim tokovima.

Do izlivanja prevoženih zagađivača (naftni derivati i drugi kemijski spojevi) zbog saobraćajnih nezgoda koje rezultiraju padom i razbivanjem prijevoznih sredstava (kamioni — cisterne) izvan prometnice.

Očitno je, dakle, da se za osiguranje krškog podzemlja od zagađivača s prometnica moraju primijeniti mjere u kreiranju kojih će sudjelovati hidrogeolozi, hidrolozi, stručnjaci iz oblasti prometne tehnike, meterolozi, kemičari i drugi. Odnosno, već na primjeru prometnica izvan naseljenih područja u kršu, vidljiva je potreba interdisciplinarnog pristupa zaštiti podzemnih voda i očiti dokaz suboptimalnog rješenja u slučajevima kad se s problematikom zaštite voda bave stručnjaci samo jedne od navedenih profesija. U ovoj domeni je stanje na području krša u Dalmaciji izuzetno teško i složeno, jer je na žalost činjenica da su do danas mnoge prometnice izvedene bez razmišljanja o potrebi zaštite podzemnih voda. Međutim, prometnice projektirane u posljednjih nekoliko godina sadrže i rješenja za zaštitu podzemnih voda, najčešće primjenom betonske zaštitne ograde tipa »New Jersey« i zatvorenog sustava odvodnje i kontroliranim pročišćavanjem.

Industrijski objekti se danas lociraju izvan urbaniziranih područja s namjerom zaštite stanovništva od zagađivanja iz zraka. Pri tom se često zaboravlja opasnost od ispuštanja štetnih i po život opasnih tvari u podzemlje, jer se ne sagledavaju posljedice do kojih može doći. Osnovna pogreška se učini već u fazi projektiranja zbog nepostojanja koordiniranog rada svih subjekata koji mogu pridonijeti zaštiti podzemnih voda. Slična je situacija i s gospodarskim objektima koji se lociraju daleko od urbaniziranih područja »da bi zrak bio čist«, a pri tom se počesto zaboravlja na veoma opasne organske zagađivače koji kilometrima mogu biti prenošeni podzemnim vodama i izazvati trovanja većeg broja stanovnika.

Sve veća (i nekontrolirana) upotreba pesticida, insekticida i drugih veoma jakih i rezistentnih sredstava za zaštitu i rast biljaka, upućuju i na potrebu određenih istraživanja i u oblasti poljoprivrede u cilju utvrđivanja pravilnog doziranja i donošenja mjere koje bi u određenim područjima zabranile korištenje kemijskih sredstava opasnih sa stanovišta zagađenja podzemnih voda.

Akumulacije u kršu, ostvarene za potrebe elektroprivrede i vodoprivrede, su objekti kod kojih je primjena različitih mjera zaštite podzemlja od zagađivanja dala najizrazitije efekte. Razlog tome je veoma jednostavan: to su izrazito skupi objekti za koje se već u fazi projektiranja formira stručni tim sastavljen od subjekata koji mogu ponuditi, za date uvjete, optimalno rješenje. Budući da se za potrebe izvedbe akumulacija u kršu posebno veoma detaljno istraže hidrogeološki i hidrološki odnosi, ti objekti su sa stanovišta vodnih resursa upoznati do mjere koja je optimalna i garantira veliku sigurnost pri donošenju odluka i zaključaka u vezi sa zaštitom od zagađenja. I premda je na projektiranju i izvedbi akumulacija u kršu dat svojevrsan model postupnosti, sistematičnosti i cjelovitosti u istraživanju i zaštiti podzemnih voda, takav princip se (uglavnom) ne primijenjuje kod drugih objekata u kršu izvan urbaniziranih područja, pravdajući izostanak istraživanja nedostatkom finansijskih sredstava.

UMJESTO ZAKLJUČKA

Postojeće stanje je očito dokaz da se još uvijek nalazimo u fazi deklarativne određenosti za zaštitu podzemnih voda u kršu, a dok bude tako, bit će i brojnih rezolucija o potrebi zaštite čovjekove okoline s rezultatima bez ozbiljnog efekta.

LITERATURA

- Herak, M., 1957: Geološka osnova nekih hidroloških pojava u dinarskom kršu. II kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
- Magdalenić, A., 1971: Hidrogeologija sliva Cetine. Krš Jugoslavije 7/4, JAZU-Zagreb.
- Margeta, J., Dorić, V. i Šestanović, S., 1985: Izvedba odvodnje magistralne ceste u vodozaštitnom području izvorišta u kršu. Tehnika. Naše građevinarstvo 2, Beograd.

TURISTIČNO REKREACIJSKA VALORIZACIJA
OHRANJENIH NARAVNIH FENOMENOV
NA OBMOČJU OBČINE CERKNICA

TOURISTIC-RECREATIONAL VALORIZATION OF PRESERVED
NATURAL PHENOMENA IN THE REGION OF CERKNICA COMMUNE

MARJAN DEBELAK

Referat na Simpoziju o kraškem površju
Postojna, 12.—14. junija 1985

*Paper presented on the Symposium of karst surface
Postojna, June 12—14, 1985*

Naslov — Address
MARJAN DEBELAK, dipl. ing.,
Urbanistični inštitut SRS
Jamova 18
61000 Ljubljana

Izvilleček

UDK 556.538(497.12—13):796.5:502.5
796.5:556.538(497.12—13):502.5
796.5(497.12—13):502.5

Debelak Marjan: Turistično rekreacijska valorizacija ohranjenih naravnih fenomenov na območju občine Cerknica

Prikazani so nekateri poskusi dosedanje turistične izrabe naravnih fenomenov presihajočega Cerkniskega jezera. Ovrednotene so turistično rekreacijske možnosti na območju občine Cerknica in podčrtana zahteva po trajnem varovanju naravnih kraških fenomenov pred kakršnimikoli posegi, ki bi v temeljih spremenili naravne danosti.

Abstract

UDC 556.538(492.12—13):796.5:502.5
796.5:556.538(497.12—13):502.5
796.5(497.12—13):502.5

Debelak Marjan: Touristic-recreational valorization of preserved natural phenomena in the region of Cerknica commune.

Some attempts of touristic exploitation of natural phenomena of the periodical Cerknica lake are presented. Touristic-recreational possibilities in the region of Cerknica commune are valorised and a demand for permanent protection of natural karst phenomena against whatever intervention, changing the natural state, is emphasised.

Najkvalitetnejše in najboljše možnosti razvoja turizma in rekreacije na območju občine Cerknica predstavlja Cerknisko jezero s svojimi naravnimi fenomeni in rekreacijskimi vrednostmi, ki se ob primerni izrabi lahko uvrstijo v sam vrh kvalitetne turistične ponudbe. Ta naravna danost je že doslej sprožila različne poskuse turistično-rekreacijske izrabe, ki pa so ostali na nepričakovano in neupravičeno nizki stopnji.

Težišče (do)sedanjega razvoja turizma na tem območju je na izletništvu, z ogledom naravnih pojavov in predvsem zaradi posebnih športno-rekreativnih možnosti, ki jih občasno ponuja ta prostor. Pri tem mislimo na ribolov in lov, pa tudi deskanje, jadranje, čolnarjenje, kopanje in pozimi drsanje. Vendar se tudi ta oblika turistične izrabe naravnih možnosti ob izredno dobri dostopnosti in relativni bližini Ljubljane kot velikega potenciala izletnikov ni razvila v organizirani obliki, temveč povsem stihijsko.

Vzrok za tako slabo stopnjo sedanje razvitosti turistične ponudbe v najkvalitetnejšem jedru turističnih danosti občine Cerknica, je brez dvoma iskati v veliki negotovosti, kaj se bo zgodilo s Cerkniskim jezerom. Najprej načrti za njegovo izsušitev in nato za trajno ojezeritev v vodno-energetske namene

so onemogočili pripravo razvojnih turističnih programov in planov, ki bi temeljili na koriščenju turističnih danosti z ohranjenimi naravnimi fenomeni presihajočega jezera.

Izdelane so bile sicer študije o možnostih razvoja turizma v povezavi z načrti različnih variant trajne ojezeritve, vendar so bile obsojene na neuporaben list papirja, hkrati s predlogi o trajnih ojezeritvah. Ena največjih takih študij je bila izdelana v sklopu projekta Gornji Jadran leta 1972. Zadnji (upajmo) tak »preizkus« pa bo po vsej verjetnosti narejen v sklopu »preveritve izvedljivosti« predloga nove variante večnamenske vodne akumulacije na Cerknškem jezeru.

Objektivno sodi fenomen presihajočega Cerknškega jezera med tiste narodne in mednarodne naravne in kulturne dragocenosti, ki jih je za vsako ceno treba obvarovati pred uničenjem ali tako rabo, ki bi razvrednotila te lastnosti. Prepričani smo tudi, da je kulturna zavest današnje družbe tako visoka, da bo preprečila tudi te zadnje poskuse uničenja teh naravnih fenomenov v korist določenim energetskim in vodnogospodarskim potrebam.

Bodoči razvoj turizma in rekreacije na območju občine Cerknica in še posebej na ožjem območju Cerknškega jezera, torej obravnavamo v luči takega gledanja, ob predpogoju, da se ohranijo vse temeljne naravne in kulturne vrednote tega območja. Bodoči razvoj turizma in rekreacije v Cerknici naj bi bil po teh predpostavkah v prvi vrsti *popolnoma usklajen z naravovarstvenimi zahtevami*. Glede na tako usmeritev pa bo zasnovo dolgoročnega razvoja teh dejavnosti potrebno tudi uskladiti z gospodarskimi, socialnimi in demografskimi pogoji avtohtonega prebivalstva, kar pomeni, da bo iskati in razvijati predvsem take oblike turizma, ki se bodo po obsegu in kvaliteti zaposlitvenih možnosti prilagajale potencialno razpoložljivim kadrom območja občine in regije.

Temelje zasnove bodočega razvoja turizma v Cerknici je potrebno videti tudi v ozki povezavi s sosednjimi turističnimi območji, ki oblikujejo t. im. *kraško-notranjsko turistično regijo*. Ta regija povezuje tri večja turistična območja: a) Postojnsko, b) Cerknško in c) Snežniško. Temeljna značilnost te regije je kvaliteta in obilje turistično atraktivnih kraških fenomenov, posebne kvalitetne oblike rekreacijskih potencialov, lega na magistralni mednarodni cestni prometnici in neposredna bližina osrednje slovenske urbane aglomeracije.

V tej regiji je cerknški turistični prostor osrednje rekreativno-stacionarno turistično območje predvsem zaradi možnosti, ki jih omogoča fenomen presihajočega Cerknškega jezera. Z največjo mero upravičenosti bi turistično središče, ki bi se razvilo na primernem mestu ob Cerknškem jezeru, lahko prevzelo tudi turistično vodilno vlogo v kraško-notranjski turistični regiji.

Postojna dominira v tej regiji s svojo izjemno turistično ponudbo ogleda kraškega podzemlja, Snežnik pa z visokovredno turistično-rekreativno ponudbo svojega planinskega, gozdnega, lovnega in zimsko-športnega sveta. Dobre prometne povezave med posameznimi območji opisane širše turistične regije in toliko bolj tudi med ožjimi turističnimi območji ter svojimi osrednjimi turističnimi središči, so predpogoj višje turistične kvalitete v taki povezavi in organiziranosti. Take povezave v tem prostoru že obstoje in jih je treba samo kvalitetno dograditi.

Obseg turistične izgradnje za turizem v Cerknškem območju, merjen z zmogljivostjo oz. številom turističnih ležišč po eni strani, po drugi pa s številom možnih udeležencev različne športne, rekreacijske ali turistične ogledne ponudbe bo potrebno še podrobneje preučiti in seveda uskladiti z naravovarstvenimi zahtevami. Cerknško jezero je ključni element pri ugotavljanju teh zmogljivosti v oceni, koliko turističnega obiska prenese pod navedenimi pogoji v raznih fazah svojega pojava preko leta in za razne turistično rekreativne, športne in ogledne namene.

V dolgoročni zasnovi razvoja se mora oblikovati jasna programska in prostorska opredelitev glavnega sprejemnega turistično-rekreacijskega središča z lokacijo na naravovarstveno sprejemljivem, za namene svojega delovanja pa najbolj ugodnem mestu. Za to mesto je po predhodni oceni najbolj ugodna lega na »Klinu« oz. na pomolu »Gorička«. Do tega sprejemnega in osrednjega turističnega središča mora biti urejena celoletno dostopna turistična cesta.

Obstoječa vaška naselja v neposredni bližini Cerknškega jezera, posebno tista s turistično najugodnejšo lego, naj na osnovi podrobnejše preučitve postopno razvijejo svojo specifično turistično-rekreacijsko ponudbo v največji meri naslonjeno na organizirano in stimulirano obliko vključevanja avtohtonega prebivalstva v polno ali dopolnilno turistično dejavnost. Isto velja tudi za preostala naselja v občini, ki imajo pogoje za tak razvoj. To je predvsem območje okoli naselja *Žilce* na severu, naselja na *Bloški planoti* in pri *Starem trgu*, vsako s svojimi turistično-rekreacijskimi jedri ali središči, v tesni povezavi z osrednjim turističnim središčem ob Cerknškem jezeru.

Hrib Slivnica, ki se dviga okoli 560 m nad Cerknškim poljem ali jezerom z najvišjo točko 1114 m, nudi zelo zanimive turistično-rekreacijske možnosti tudi glede na dosedanje tradicije in opremljenost. Predvsem bi bilo potrebno še povečati privlačnost obiska v nezimskem obdobju na osnovi planinske rekreacije in izletništva. V zimskem času pa so na voljo naravne možnosti za smučanje na goličavah, ki se spuščajo z vrha proti severozahodu in severovzhodu. Po prvih grobih izračunih, vendar na osnovi velikih izkušenj pri načrtovanju številnih zimskih turističnih središč, je na teh terenih možno predvideti manjši in cenen sistem smučišč in smučarskih žičnic za hkrati okoli 1000 smučarjev, brez čakanja za prevoz z žičnico.

Cerknški turizem pa se lahko v zimski sezoni poveže z ustrezno urejeno in vzdrževano cestno prometnico tudi s postojnskim smučarskim središčem na *Kaliču*. Posebne čeravno nekoliko manjše možnosti za alpsko smučanje, so na območju občine tudi v *Leskovi dolini* na severnih pobočjih pod vrhom *Snežnika*. Nekaj manjših možnosti za lokalne potrebe najdemo tudi drugod po severnih pobočjih, predvsem na *Bloški planoti*. Za *smučarske rekreacijske in manifestativno-tekmovalne teke in smučarsko turno hojo* izstopajo po svojih naravnih možnosti in bogati tradiciji predvsem *Bloke*, kar sodi brez dvoma v prioriteten program zimske ponudbe tega predela cerknške občine.

Dopolnilo k drugim zimskim programom pa je to obliko zimske rekreacije, ki se najbolj prilega turističnim in naravoslovnim ciljem h katerim težimo, mogoče razvijati predvsem na območju Cerknškega jezera in na območju *Leskove doline* pod *Snežnikom* v povezavi s širšimi možnostmi in zasnovami tega pogorja.

Med turistična območja s posebnim programom v občini Cerknica se uvršča:

- *Rakov Škocjan* kot turistično izjemno zanimiv naravni park;
- *Križna jama z okolico*, ki svoje izjemne podzemne lepote mora šele približati večjemu številu obiskovalcev;
- *Grad Snežnik z okolico*, kjer je treba to izjemno turistično dobrino vključiti v splošno turistično ponudbo (konjski športi in rekreacija, lovsko shajališče, ...).

Če povzamemo dosedanje analitične ugotovitve, moramo ponovno poudariti izjemno vlogo osrednjega turistično-rekreacijskega »magneta« in »generatorja« celotnega turističnega utripa v občini Cerknica, ki je v fenomenu Cerkniskega jezera.

Za razvoj vrhunsko kvalitetne in edinstvene turistične ponudbe, ki se lahko vključi v mednarodni turistični marketing, je predpogoj, da se cerkniški krajanji s svojo občino in republika v celoti, odločijo za spoštovanje obveznosti pri ohranjanju biserov naše in mednarodno priznane naravne dediščine. To pomeni, da se trajno zavarujejo ti fenomeni pred kakršnimikoli posegi, ki bi v temeljih spremenili naravne danosti. Samo na taki osnovi je mogoče v občini postopno razviti turistični program s ponudbo, ki bi prispevala pomemben gospodarski delež ne samo avtohtonemu, lokalnemu prebivalstvu, temveč z možnostjo najkvalitetnejše in izjemne ponudbe tudi dala svoj devizni prispevek pri reševanju nakopičenih gospodarskih težav.

Čimprejšnja realizacija predlagane ustanovitve *Notranjskega regijskega parka*, kot vzorčnega primera kraškega parka, bi najprimerneje uokvirila in uzakonila obveznosti naše družbe do trajnega ohranjanja teh izjemnih naravnih pojavov. V tem sestavu vidim turistični pomen Cerknice kot najpomembnejše rekreacijsko-turistično središče te regije in vse potrebne medsebojne zveze, ki dopolnjujejo in bogatijo turistično ponudbo in pomen posameznega turističnega središča v njej.

Cerkniški turizem in rekreacija imata priložnost in tudi vse naravne danosti, da se s spodbudo po novem razvoju, razvijata v smer t. im. »blagega turizma«, ki temelji na popolni usklajenosti in harmoniji z naravo in prebivalstvom. S takim programom in izvedbo bi privabili tiste domače in tuje goste, ki v vse večjem številu iščejo mirnejša, skladnejša, z naravo in človekom tesno povezana počitniška in izletniška bivališča in obiskovališča.

DISKUSIJA

A. Kranjc:

Zanima me, če ima avtor tudi podatke o prehodnem, dnevnem oziroma strokovnem turizmu na Cerknškem polju, to je o turizmu, ki ga ni mogoče zajeti s številom nočitev. Za primer naj navedem naš Inštitut: k nam prihajajo gostje — strokovnjaki za kras v najširšem smislu, od teoretikov do praktikov, z vsega sveta, od Nove Zelandije, Kitajske, Indije pa do Južne Amerike — in vsi si ogledajo tudi Cerknško polje. Mislim, da je še veliko organizacij, ki tudi usmerjajo svoje goste tja. Glede na to, da ti strokovnjaki svoje izkušnje in vtise v taki ali drugačni obliki posredujejo širokemu krogu v svoji domovini, vendar pa taki obiski praktično niso zabeleženi in jih ni mogoče upoštevati, menim, da je tudi »turistični potencial« Cerknškega polja v resnici večji, kot pa ga lahko pokažejo le podatki o turističnem obisku.

* * *

Po daljši razpravi o turistično-rekreativni vrednosti presihajočega Cerknškega jezera in okolice je bil soglasno sprejet predlog M. Debelaka:

Udeleženci simpozija terjajo dokončno opustitev misli na tako izrabo vodnega bogastva na območju Cerknškega jezera in Planinskega polja, zaradi katere bi bili trajno uničeni naravni kraški pojavi, krajinske lepote in rekreacijske možnosti neprecenljivih vrednosti za Slovenijo in najširšo človeško skupnost.

ACTA CARSOLOGICA
KRASOSLOVNI ZBORNIK

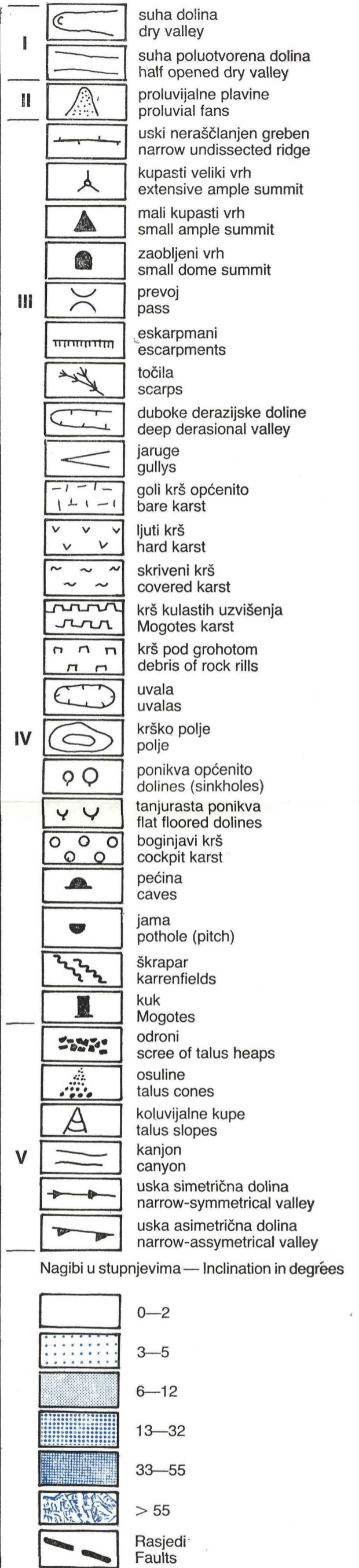
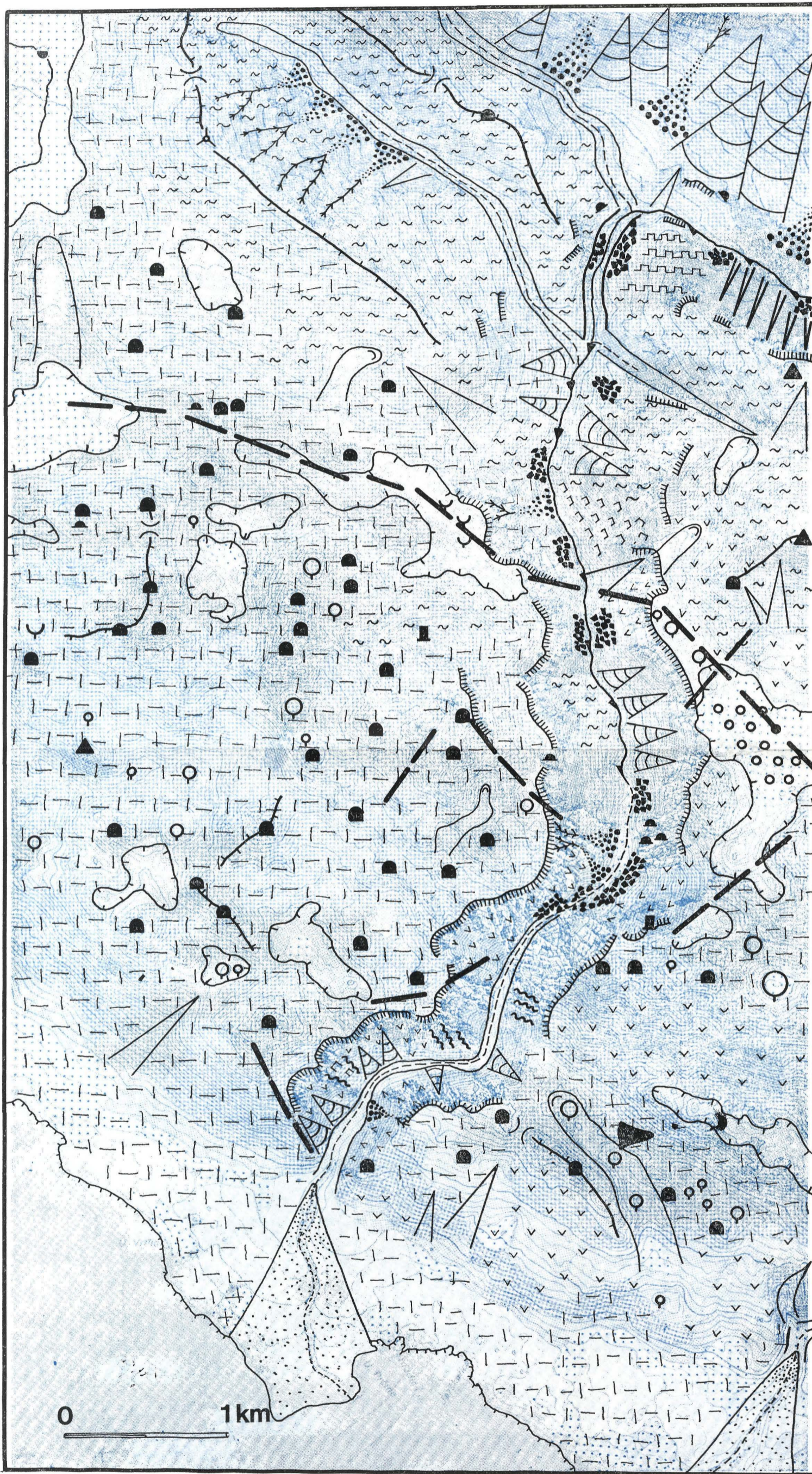
XIV—XV
1985—1986

Izdala
Slovenska akademija znanosti in umetnosti
v Ljubljani

Natisnila
Tiskarna Ljubljana
v Ljubljani
1986

Naklada 1200 izvodov

GEOMORFOLOŠKA KARTA VELIKE PAKLENICE



Sl. 2. Geomorfološka karta Velike Paklenice, M 1:25.000

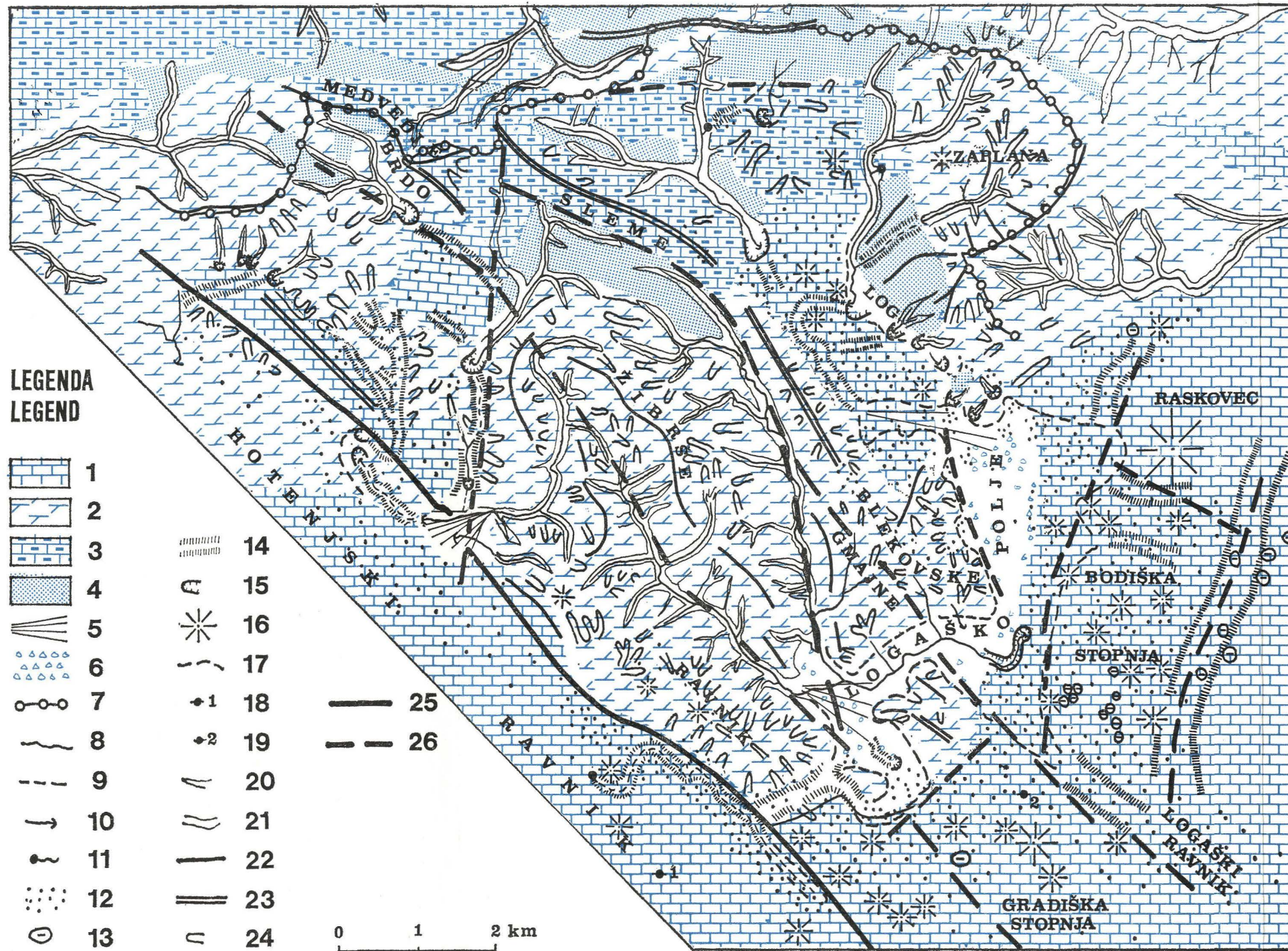
- I. Fluviokrški oblici
- II. Akumulacijski fluvijalni oblici
- III. Denudacijski oblici
- IV. Krški oblici
- V. Akumulacijski oblici uslovljeni denudacijom

Fig. 2. Geomorphological map of Velika Paklenica, scale 1:25.000

- I. Fluviokarst forms
- II. Fluvioaccumulated form
- III. Forms due to denudation
- IV. Karst forms
- V. Construction forms due to denudation

A. Mihevc

GEOMORFOLOŠKA KARTA LOGAŠKIH ROVT
GEOMORPHOLOGICAL MAP OF LOGAŠKE ROVTE



LEGENDA
LEGEND

- | | | | | | |
|--|----|--|----|--|----|
| | 1 | | 14 | | 25 |
| | 2 | | 15 | | 26 |
| | 3 | | 16 | | |
| | 4 | | 17 | | |
| | 5 | | 18 | | |
| | 6 | | 19 | | |
| | 7 | | 20 | | |
| | 8 | | 21 | | |
| | 9 | | 22 | | |
| | 10 | | 23 | | |
| | 11 | | 24 | | |
| | 12 | | | | |
| | 13 | | | | |
- 0 1 2 km

- 1 — apnec
limestone
- 2 — dolomit
dolomite
- 3 — apnec z nekarbonatnimi primesmi
limestone with noncarbonate inliers
- 4 — nekarbonatne kamnine
noncarbonate rocks
- 5 — vršaj
alluvial fan
- 6 — dolomitni prod in grušč
dolomite gravel and rubble
- 7 — razvodnica
watershed
- 8 — stalni tok
permanent stream
- 9 — občasni tok
periodical stream
- 10 — ponor
ponor
- 11 — izvir
spring
- 12 — vrtača
doline
- 13 — udornica
collapse doline
- 14 — suha dolina
dry valley
- 15 — slepa dolina
blind valley
- 16 — kopasti vrh
ample summit
- 17 — rob kraške depresije
karst depression border
- 18 — Grudnovo brezno
»Grudnovo brezno« pothole
- 19 — Gradišnica
»Gradišnica« pothole
- 20 — grapa
gully
- 21 — rečna dolina
fluvial valley
- 22 — ozko sleme
sharp crest
- 23 — široko sleme
flat crest
- 24 — dolek
dell
- 25 — idrijski prelom
Idria fault
- 26 — strukturne linije
structural lines