

VODNA GLADINA
V NOTRANJSKEM IN PRIMORSKEM KRASU
SLOVENIJE

(S 14 SLIKAMI)

WATER TABLE IN SLOVENE KARST OF NOTRANJSKO
AND PRIMORSKO

(WITH 14 FIGURES)

PETER HABIČ

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

Vsebina

Izvleček — Abstract	39 (3)
UVOD	39 (3)
IZHODIŠČE	40 (4)
VODNA GLADINA V IZVIRIH LJUBLJANICE PRI VRHNIKI	41 (5)
VODNA GLADINA V ZALEDJU PRIMCOVEGA STUDENCA	45 (9)
VODNA GLADINA MED LJUBLJANSKIM BARJEM TER LOGAŠKIM IN PLANINSKIM POLJEM	48 (12)
KRAŠKA VODA MED PLANINSKIM POLJEM IN RAKOVIN ŠKOCJANOM Planinska jama	48 (12) 49 (13)
KRAŠKA VODA MED RAKOVIM ŠKOCJANOM IN CERKNIŠKIM JEZE- ROM	51 (15)
KRAŠKA VODA NA CERKNIŠKEM POLJU IN NJEGOVEM OBROBJU	52 (16)
VODNA GLADINA V POSTOJNSKEM KRASU	54 (18)
VODNA GLADINA NA ZGORNJI PIVKI IN POD JAVORNIKI	56 (20)
PODZEMNE VODE V MATIČNEM KRASU	61 (25)
KRAŠKA VODA V ZALEDJU RIŽANE IN OSAPSKE REKE	63 (27)
VODA V KRASU MED IDRIJCO IN VIPAVO	63 (27)
RAZPRAVA IN SKLEPI	67 (31)
LITERATURA	72 (36)
WATER TABLE IN SLOVENE KARST OF NOTRANJSKO AND PRIMORSKO (Summary)	75 (39)

Naslov — Address

Dr. Peter HABIČ, znanstveni svetnik
Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
Titov trg 2
66230 Postojna
Jugoslavija

Izvleček

UDK 556.32(497.12-13/-14)
551.491.54(497.12-13/-14)

Habič Peter: Vodna gladina v Notranjskem in Primorskem krasu.

Po razpoložljivih speleoloških podatkih sta prikazana razporeditev in nihanje vodne gladine v krasu v porečju Ljubljanice, Idrijce, Vipave, Notranjske Reke in Timava ter Rižane. Nakazani so vzroki različnega nihanja in ocenjen je praktični pomen poznavanja razporeditve voda v krasu. Podčrtana je potreba po boljši registraciji nihanja vode vsaj v speleološko dostopnem podzemlju.

Abstract

UDC 556.32(497.12-13/-14)
551.491.54(497.12-13/-14)

Habič Peter: Water table in Slovene karst of Notranjsko and Primorsko.

According to available speleological data distribution and oscillation of water table in karst of river basin of Ljubljana, Idrija, Vipava, Notranjska Reka, Timava and Rižana are presented. The reasons for different oscillations are shown and practical significance of water distribution in karst is assessed. The need for better registration of water oscillation at least in speleologically accessible underground is emphasised.

UVOD

Medzrnska poroznost v grobozrnatih naplavinah omogoča sklenjeno vodno gladino, ki različno niha glede na dotok, prepustnost in odtok v posameznih vodonosnikih. Razpoklinske pore in kraške votline v karbonatnih kamninah so lahko povezane ali nepovezane. Razporeditev in nihanje vodne gladine v njih je zaradi tega ponekod skladno na večje razdalje, drugod pa ločeno in neodvisno že v bližnjih izviri in podzemeljskih rovih. Zaradi večje heterogenosti kraškega vodonosnika se vodne razmere v krasu od predela do predela razlikujejo, zato ni čudno, da so se v začetnem obdobju preučevanja kraških podzemeljskih voda porajale različne predstave in razlage. Vznikle so različne hipoteze in teorije, ki so slonele na omejenih spoznanjih in ugotovitvah iz različnih kraških predelov (A. Grund, 1903; F. Katzer, 1909; J. Cvijić, 1918; O. Lehmann, 1932). Postopno pa se je znanje izpopolnjevalo in tako so se dopolnile tudi teorije o razporeditvi in povezanostih kraških voda (F. Jenko, 1959; B. Gèze, 1958, 1965; A. Mangin, 1975). Zaradi različne prevotljenosti in prepustnosti so torej vode v krasu zelo različno razporejene, zato krajevno veljajo lahko tudi povsem nasprotna teorije.

V tem prispevku želim predstaviti razporeditev vodne gladine v Notranjskem in Primorskem krasu, kakor smo jo sodelavci Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU lahko spoznali na podlagi občasnih in nepovezanih opazovanj. Škoda je, ker ni bilo mogoče opraviti sistematičnih meritev hkrati v različnih predelih in ob različnih vodnih razmerah. Tako ne poznamo nihanja vodne gladine ob postopnem praznjenju ali naglem polnjenju podzemlja, ne v bližnjih, še manj v bolj oddaljenih delih istega kraškega povodja.

IZHODIŠČE

Položaj in nihanje podzemeljskih kraških voda v povodju Ljubljane in Notranjske Reke ter v delu visokega krasa med Idrijco in Vipavo smo občasno opazovali ob kraških izviri in ob ponorih ter v dostopnih vodnih jamah v letih od 1963 do 1984.

Položaj kraških izvirov je odvisen predvsem od geološke zgradbe in geomorfološkega razvoja, ki skupno opredeljujeta hidrogeološke značilnosti njihovega zaledja. Z geološko zgradbo je dana razporeditev propustnih, delno prepustnih in nepropustnih kamnin. Te kamnine pa so bile izpostavljene podnebnim silam, oziroma geomorfološkim procesom, ki so jim vtisnili svoj pečat, v nekraških predelih predvsem na površju, v prepustnih kraških predelih pa tudi v podzemlju. Iz kraškega podzemlja se prelivajo vode na površje v višini absolutnih ali lokalnih kraških erozijskih baz, ki jih predstavlja morje ali najnižja vrzel v nepropustnem obrobju krasa. Voda pa se v krasu pretaka sifonsko tudi precej globlje.

Način iztekanja vode iz kraškega podzemlja je odvisen od položaja izvira in od hidrogeoloških značilnosti njegovega zaledja, to je predvsem od prevotljenosti in prepustnosti kamnin. Od razporeditve in stopnje prepustnosti je namreč odvisen tudi način podzemeljskega pretakanja vode v krasu.

Neposredno spoznavanje kraškega podzemeljskega pretakanja je omejeno, ker večina podzemeljskih vodnih poti ni dostopnih. To pomeni, da lahko kraški vodni sistem le delno spoznamo in to posredno na različne načine. Znanje o pretakanju in razporeditvi vode v krasu se le počasi izpopolnjuje. Kljub bogati tradiciji hidroloških in speleoloških preučevanj našega krasa so le redka območja zadovoljivo preučena, saj so za zahtevnejše raziskovalne postopke potrebna znatna sredstva, ki so na voljo le ob izgradnji večjih energetskih ali drugih vodnogospodarskih objektov. Pretežni del krasa pa je prepuščen bolj slučajnemu raziskovanju, pri katerem imajo pomemben delež tudi člani jamarških organizacij.

Kraška vodna gladina predstavlja jasno mejo med zalitim in nezalitim delom krasa. Ker je voda v razpokani kamnini z omejeno prepustnostjo neenakomerno razporejena, meja med zalitim in nezalitim krasom ni ne sklenjena, ne ravna ploskev. Voda zaliva le votline in pore v kamnini, zato je njena površina razčlenjena v mrežo bolj ali manj povezanih prostih gladin in pritisnjenih vodnih površin v razpokah in špranjah, rovih in drugih votlinah ter v vmesnih kamninah. Tako so vodne ploskve tudi po višini različno razporejene. V splošnem je gladina kraške podzemeljske vode stopnjasta ali rahlo nagnjena k izvirom. Znotraj zakrasele kamnine pa je lahko krajevno stopnjasta in nagnjena od manj prevodnih k bolj prevodnim žilam in tokovom. Izviri in poglavitne vodne žile predstavljajo lokalne hidrografske baze, h katerim so usmerjene razpoklinske in kraške vode.

Proste in pritisnjene vode so v medsebojni tlačni ali piezometrični zvezi, če so žile v kamnini dovolj razvejane in prevodne. Povezanost kraških vodnih gladin se odraža v skladnem nihanju prostih gladin. Te lahko primerjamo le v dostopnih vodnih jamah in breznih, posredno pa jih dosežemo z vrtinami.

Naravni dostopi do podzemeljskih voda v krasu so razmeroma redki, poleg tega pa so odvisni tudi od stopnje speleološke raziskanosti terena ter jamarške

izurienosti in opremljenosti. V Sloveniji imamo dolgo tradicijo v raziskovanju kraškega podzemlja. Doslej je med 5000 znanimi jamami komaj 9 % vodnih jam, od tega nekaj več kot ena tretina izvirnih, ena četrtnina ponornih in le v dobri četrtini, to je v 140 jamah, pridemo do podzemeljskih voda (P. Habič, I. Kenda, 1981).

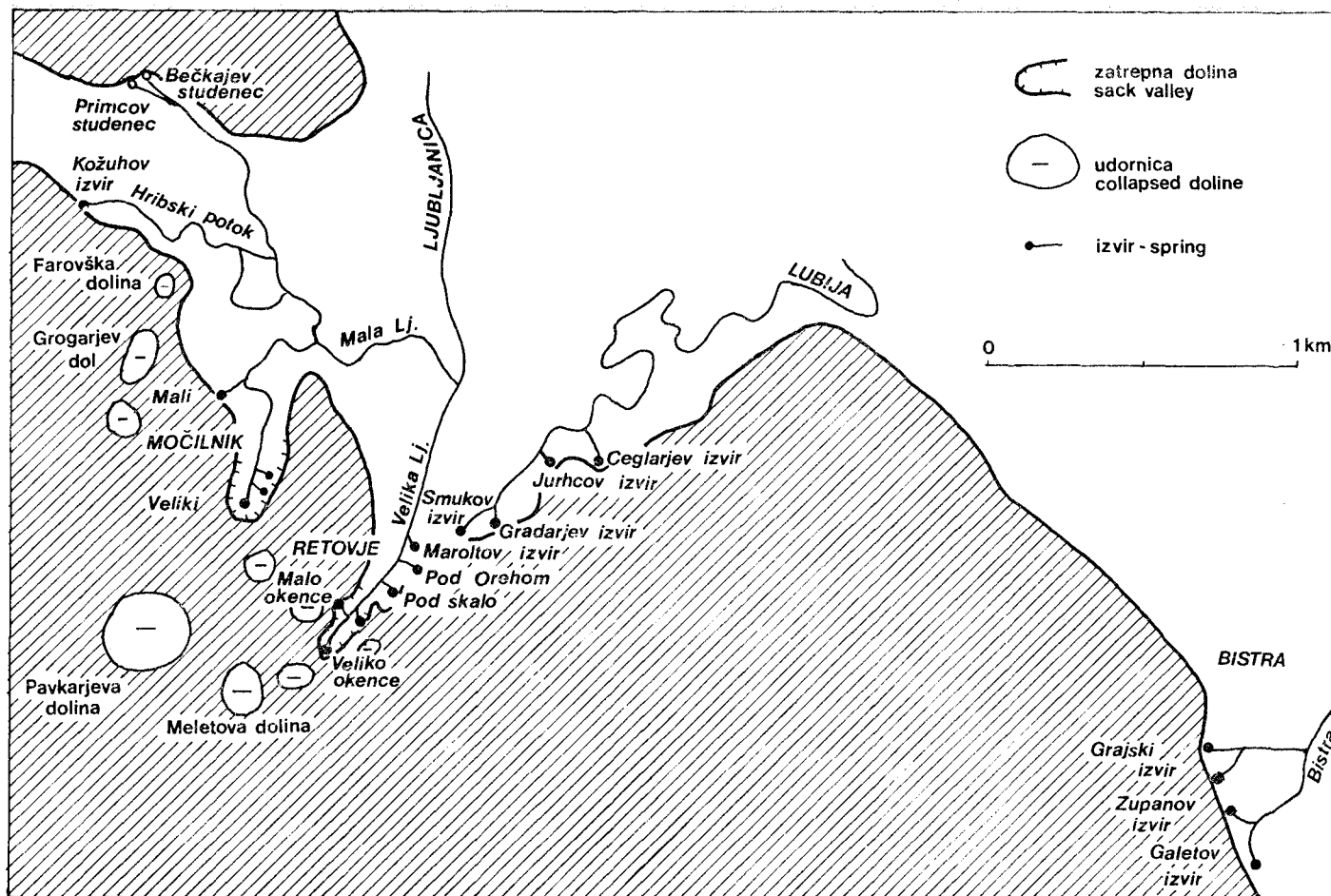
Opazovanja nihanja voda v teh jamah so še posebej dragocena, saj z razmeroma skromnimi sredstvi spoznavamo pomembne vodne razmere v kraškem podzemlju. Seveda moramo pri tem upoštevati omejeno natančnost in zanesljivost. Številna opazovanja niso povezana, podatki veljajo le za določene trenutke ob slučajnih jamarskih obiskih. Le redko so ti sistematično organizirani. Praksa kaže, da je vsaj občasno sodelovanje z jamarskimi organizacijami pri spremljanju vodnih razmer v krasu lahko zelo uspešno. Na ta način so bili zbrani v porečju kraške Ljubljance in Notranjske Reke zanimivi podatki o položaju vodne gladine v različnih hidroloških situacijah, predvsem v najbolj sušnih razmerah, pa tudi ob katastrofalnih poplavah.

Podatki o razporeditvi in nihanju kraške vodne gladine so delno že objavljeni, nekaj pa jih je ostalo v terenskih zapisnikih po opazovanjih in meritvah, opravljenih tudi v okviru Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU v Postojni, bodisi po rednem programu, ki ga financira Raziskovalna skupnost Slovenije, ali pa po posebnih pogodbenih nalogah različnih naročnikov. Vsem, ki so pomagali zbirati podatke, se na tem mestu še posebej zahvaljujem.

Zbrano gradivo nam vkljub pomanjkljivosti omogoča vsaj približno predstavo o vodnih razmerah v raznih delih Notranjskega in Primorskega krasa. S tem prispevkom želim tudi vzpodbuditi natančnejša opazovanja kraških podzemeljskih voda. Vodomerna služba je namreč preveč omejena samo na površje, v kraškem podzemlju pa nimamo nobene stalne opazovalne postaje, čeprav že dalj časa skušajo hidrologi in hidrotehniki razvozlati kraške vodne uganke. Sistematične hidrološke raziskave so bile zastavljene le na obrobju Planinskega polja (M. Breznik, 1962) in na območju matičnega Krasa (P. Krivic, 1982, 1983), ki so dale prav zanimive rezultate. Na podoben način bi s sodobno merilno opremo in opazovalno tehniko lahko zbrali bolj zanesljive in dragocene podatke, ki jih potrebujemo ne le v strogo teoretičnem, temveč še bolj v praktičnem pogledu. Poznavanje vodnih razmer v kraškem podzemlju postaja vse pomembnejše zaradi naraščajoče izrabe kraških voda in njihove onesnaženosti.

VODNA GLADINA V IZVIRIH LJUBLJANICE PRI VRHNIKI

Kraški izviri Ljubljance so razporejeni na razdalji 4 km ob zahodnem robu Ljubljanskega barja v predelu med Vrhniko in Bistrom. Podzemeljske kraške vode se prelivajo na površje v treh poglavitnih skupinah, ki napajajo izvire Velike in Male Ljubljance, Lubije in Bistre. Na zahodni strani so še izviri Hribskega potoka ter Primcov in Bečkajev studenec, ki se skupaj s površinsko Belo izlivajo v Malo Ljubljano. Izviri Male Ljubljance so razporejeni v izraziti zatrepni dolini Malega in Velika Močilnika pri Vrhniki, izviri Velike Ljubljance pa v zatrepni dolini Retovje pri Verdu. Izviri Lubije so razvrščeni v Verdu na razdalji 500 m, in sicer od Smukovega in Gradarjevega brezna do Ceglarjevega potoka. V Bistri so ob vznožju strme rebri Pokojiške planote tri



Sl. 1. Razpored izvirov Ljubljanice, Lubije in Bistre

Fig. 1. Ljubljana, Ljubija and Bistra springs distribution

skupine izvirov: Grajski, Zupanovi in Galetovi izviri ali izviri Trebije. Vzhodno od Trebije sta še dva manjša studenca, Pasji in Ribčev, z lokalnim zaledjem, kakršne imajo tudi majhni studenci na obrobju Barja med Verdom in Bistro (slika 1).

Vodna gladina v izvirih Ljubljanice je ob visokih vodah med 292 in 298 m, ob nizkih pa med 289 in 296,5 m absolutne višine, niha torej od 0,5 do 4 m, medtem ko znaša absolutna razlika med najnižjo in najvišjo gladino okrog 9 m (slika 2).

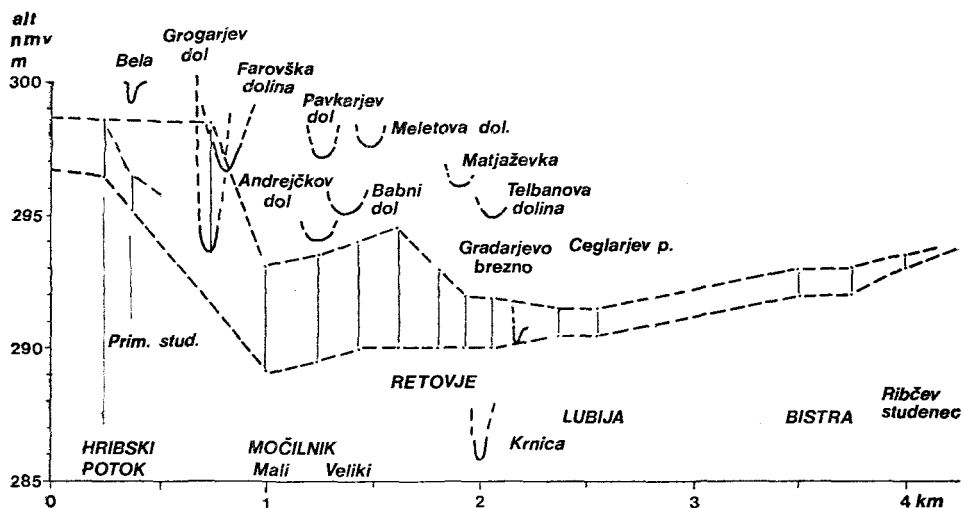
Kraška voda je ob robu Barja zajezena s kvartarnimi barskimi naplavinami ter v zatrepnih dolinah z gruščem in podornim skalovjem. Struge ob izvirih so v naplavine različno poglobljene, kar je odvisno od drobnih hidrogeoloških in geomorfoloških značilnosti izvirov ter prepustnosti vodnih žil globlje v njihovem zaledju. Vodna gladina v izvirih Ljubljanice je tudi umetno uravnavana z jezovi, pregradami in zapornicami ob nekdanjih mlinih in žagah ter kasnejših industrijskih obratih. Znana je medsebojna odvisnost vodne gladine Hribskega potoka in Primcovega studenca, čeprav je vmes površinska dolina Bele s širokim in več metrov debelim prodnim zasipom. Zvezo smo preverili z zapiranjem in odpiranjem zapornice ob izviru Hribskega potoka leta 1969 (P. Habič, 1976). Vpliv umetne podzemeljske akumulacije je znan tudi v izvirih Lubije in Bistre, kjer so z zapornicami uravnavali gladino kraške vode na razdalji 2 km.

Ceprav dobivajo izviri vodo iz skupnega kraškega zaledja, so gladine različne in različno nihajo. To je možno le v primeru, da se vode pretakajo po bolj ali manj ločenih kanalih z različnimi hidravličnimi lastnostmi, kar potrjujejo tudi različne temperature in trdote voda (F. Habič, 1937; I Gams, 1966). Fizikalno kemične lastnosti so sicer sorodne, vendar že manjše razlike med posameznimi izviri odražajo različne poti. To so potrdili tudi sledilni poskusi, še zlasti kombinirano sledenje leta 1975, na podlagi katerega je bilo mogoče izračunati delež vode v posamezni skupini izvirov Ljubljanice iz pripadajočih ponikalnic na Cerkniskem, Planinskem in Logaškem polju ter Hottenjskih in Rovtarskih ponikalnic (P. Habič, 1976).

Ker pritočni kanali niso dostopni, ne poznamo višinske razporeditve in razlik med nizkimi in visokimi vodami globlje v zaledju kraških izvirov. Vemo le, da se v večini bližnjih udornic z dnom med 295 in 302 m ne pojavi več poplavna kraška voda, čeprav so v dnu teh koliševk odložene debele plasti naplavljenih ilovic. Izjema sta le Grogarjev dol in Farovška dolina v neposredini bližni Malega Močilnika, ki sta ob visokih vodah poplavljeni.

Grogarjev dol je okrog 50 m globoka in 200 m široka tipična udorna vrtača s 70 do 100 m širokim, ovalnim in naplavljenim dnom v višini 293 m. Rahlo upognjeno dno je travnato, strm obod je gozdnat. Najnižji preval v obodu je na 315 m, najvišji rob pa nekaj nad 350 m. Od izvira v Malem Močilniku je dol oddaljen 1500 m. Po izdatnem deževju privre voda iz gruščnatih in travnatih tal na zahodnem obrobju dna in v sredini, kjer nato tudi odteka. Voda naraste nekako do 298,5 m in se zadrži nekaj dni, nato pa se skoraj nevidno umakne nazaj v podzemlje. Zanimivo je, da gladina v Grogarjevem dolu še narašča, ko voda v Malem Močilniku že upada. To pomeni, da polni udornico nek stranski podzemeljski dotok in ne glavna žila, ki napa-

ja izvir Malega Močilnika. Po legi in drugih hidroloških značilnostih sklepamo, da se v Grogarjevem dolu pojavljajo vode iz zaledja Hribskega potoka. Tam je vodna gladina tudi ob nizkih vodah višja kot v neposrednem zaledju Močilnika (slika 2).



Sl. 2. Vodna gladina v izvirih Ljubljanice, Lubijske in Bistre ter višinski položaj udornic v njihovem zaledju

Fig. 2. Water table in Ljubljana, Ljubija and Bistra springs and altitude situation of collapse dolines in their background

Voda se pojavlja občasno tudi v manjši Farovski dolini v bližini farne cerkve na Vrhniki. Dno te domnevne udornice je v višini 296,6 m in je okrog 3 m višje od dna Grogarjevega dola. Voda v Farovski dolini naraste le za dober meter, kar je skladno z strmcem podzemne vode med Grogarjevim dolom in najbližjim izvirom pod Gradiščem ob Hribskem potoku.

Čeprav je ob visokih vodah v izvirih Velike in Male Ljubljanice, v Močilniku in v Retovju, še posebno v izvirih Pod orehom, Pod skalo in v Velikem okencu, občutiti pritisk voda iz zaledja, saj v izvirih kar kipi in vre, se v bližnjih udornih vrtačah od Matjaževke, Telbanove doline, Andrejčkove in Jernejevcove doline do Babnega, Meletovega in Pavkarjevega dola, katerih dna so med 295 in 303 m, ne dvigne kraška voda do površja.

Nihanje vodne gladine v izvirih Ljubljanice je precej pridušeno, veliko bolj kot globlje v zaledju in na ponornem obrobju Planinskega polja, kjer niha gladina v vodnih jamah za 50 do 60 m (P. Habič, 1976). Vzrok za takšno pridušitev izvirov ne more biti le v zaježenosti krasa s kvartarnimi naplavinami Ljubljanskega barja, ampak tudi v hidrogeoloških razmerah globlje v kraškem podzemlju. Omejitve v prepustnosti pritočnih kanalov so vsaj nekaj kilometrov pred izviri. Kje in kakšne so te ovire v podzemeljskem pretakanju

voda med Planinskim poljem in Ljubljanskim barjem pa doslej z jamarskimi raziskavami še ni bilo mogoče ugotoviti. Po razmerah v Postojnskem jamskem sistemu (P. Habič, 1985 v tisku) sklepamo, da so pomembna ovira v podzemlju številni podori, ki so zasuli prvotne vodne rove. Udorni sta zatrepni dolini Retovje in Močilnik. Po obliki ju lahko primerjamo z zatrepnima dolinama ob izviri Unice v Malnih in pri vhodu v Planinsko jamo. Glavni podzemeljski kanali, nad katerimi se je porušil jamski strop, so verjetno 20 do 30 m pod gladino vode v sedanjih izviri, kot kažejo potapljaške raziskave (P. Krivic, A. Praprotnik, 1973; 1975). Takšen položaj vodnih žil bi ustrezal tudi živoskalnemu dnu v predelu med Vrhniko in Verdom, ki so ga ugotovili z geofiziko in z vrtanjem pri gradnji avtoceste Ljubljana—Postojna (D. Ravnik, 1975). S poružitvijo stropov nad prvotnimi rovi so nastale že omenjene koliševke v bližnjem zaledju izvirov Ljubljanice. Podorno skalovje je poleg barskih naplavin prisililo kraške vode, da so si utrle pota po stranskih razpokah in špranjah na površje. Tako si razlagamo tudi nastanek deltastega kraškega ustja Ljubljanice s številnimi izviri, ki so razporejeni predvsem v bokih zatrepnih dolin, saj je le eden od izvirov Velike Ljubljanice prav v čelu zatropa.

VODNA GLADINA V ZALEDJU PRIMCOVEGA STUDENCA

Manjši kraški Primcov studenec, ki je bil do nedavnega pomemben vodni vir za oskrbo Vrhnike, ima sestavljeno kraško hidrografsko zaledje. Del vode dobiva iz skupnega zaledja s Hribskim potokom, delno ga napaja podtalnica površinske Bele, del voda pa dobiva iz ožjega kraškega zaledja ob vznožju Planine (733 m) med Vrhniko in Staro Vrhniko. Zveza s ponikalnico v Koritih pod Planino je bila dokazana z barvanjem (P. Habič, 1976 a).

Vodna gladina v samem izviru niha za 0,5 m, pretok pa od 60 do 1000 l/s. Iztekanje kraške vode je zajezeno s kvartarnimi naplavinami, starejše vodne žile pa so zaradi tektonskega grezanja obrobja Ljubljanskega barja znižane pod naplavljeno dno površinske Bele. To potrjujejo tudi v naplavine potopljene vrtače v neposrednem zaledju izvira. Z ročnim vrtanjem smo v teh vrtačah našli tudi do 10 m debele ilovnate plasti, ne da bi dosegli grušč in skalno dno vrtač. Ob potoku Bela pa je vsaj 10 m debel dolomitni vršaj, ki se na Klisu sredi Vrhnike zajeda v post würmsko polžarico Barja.

Po močnejšem deževju zalije kraška voda dno vrtač in se v njih dvigne tudi do 11 m nad gladino v izviru. Stopnjasta razporeditev poplavne vode v vrtačah, ki se dviga z oddaljenostjo od izvira, dokazuje, da so bolj prevodne cone pod dnom vrtač in ne v vmesnih skalnih pragovih (slika 3). Prav zaradi omejene prepustnosti zajezenega krasa v neposrednem zaledju Primcovega studenca se dvigne gladina kraške vode na razdalji 600 m od izvira od 297 do 308 m nadmorske višine, kar je precej več kot v sosednjih izviri Ljubljanice.

Omenili smo že, da smo z zapornico pri Kožuhu ob izviru Hribskega potoka uravnavali pretok v Primcovem studencu in s tem potrdili njuno podzemeljsko povezanost. Nihanje vodne gladine v kraških izviri na obeh straneh površinske doline Bele je skladno in ga naplavine ne ovirajo, ker je povezava vzpostavljena po kraških kanalih pod gruščnatim nasipom.



Sl. 3 Poplavljenja Koševa dolina v zaledju Primcovega studenca

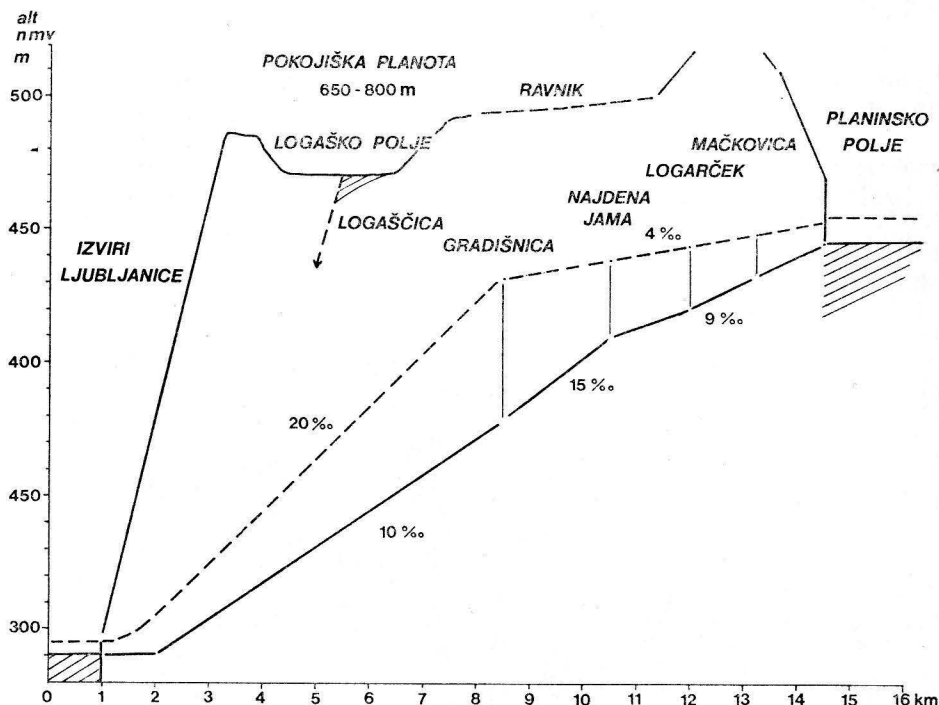
Fig. 3. Flooded Koševa dolina in the hinterland of Primcov studenec

Talna voda v naplavinah se ne izravnava povsem s kraško vodo, ker je prepustnost pač manjša od one v zakraseli podlagi in v kraškem obrobju. Razporeditev kraških izvirov ob zahodnem obrobju Ljubljanskega barja in nihanje vode v njih je prav gotovo pogojena z geomorfološkimi in tektonskimi spremembami v najmlajšem razvoju barske kotline. Tektonika je očitno sprožila pomembne spremembe tudi v bližnjem kraškem obrobju in vplivala na vodne razmere v ožjem zaledju izvirov Ljubljanice.

VODNA GLADINA V KRASU MED LJUBLJANSKIM BARJEM TER LOGAŠKIM IN PLANINSKIM POLJEM

V tem predelu je kraška podzemeljska voda dosegljiva v Najdeni jami, Logarčku, Mačkovici in Gradišnici. Vse štiri jame so na ponorni strani Planinskega polja. Nihanje vodne gladine v njih smo opazovali ob pripravah na sledilni poskus v porečju Ljubljanice v letih 1972—1975. Ob suši se vodna gladina na ponorni strani Planinskega polja stopnjema znižuje nekako od 446 m pri Lazah, do 434 m v Mačkovici, 420 m v Logarčku, 410 m v Najdeni jami in 379 m v Gradišnici (sl. 4). Višine so izmerjene v posameznih jezerih in sifonih, ki predstavljajo ob suši verjetno le ujeto vodo, medtem ko se prava kraška voda lahko spusti še niže (F. Šušteršič, 1982)

V vmesnem predelu med Gradišnico in izviri Ljubljance ni nobene jame, ki bi omogočila dostop v cono nihanja kraške vode. Najgloblje je 108 m globoko Šemonovo brezno na severnem obodu Logaškega polja, toda na dnu v višini 372 m, kar je 60 m pod najvišjo in 7 m pod najnižjo gladino v Gradišnici, ni sledov o kraški vodi. Poplavna kraška cona se verjetno severno od



Sl. 4. Strmci nizkih in visokih voda med Planinskim poljem in izviri Ljubljance
Fig. 4. Gradients of low and high waters between Planina polje and Ljubljana springs

Gradišnice hitro zniža pod 400 m, ker tudi v Lenarščici, v najgloblji koliševki med Logatcem in Vrhniko, z dnom v višini okrog 400 m, ni nobenih vodnih sledov.

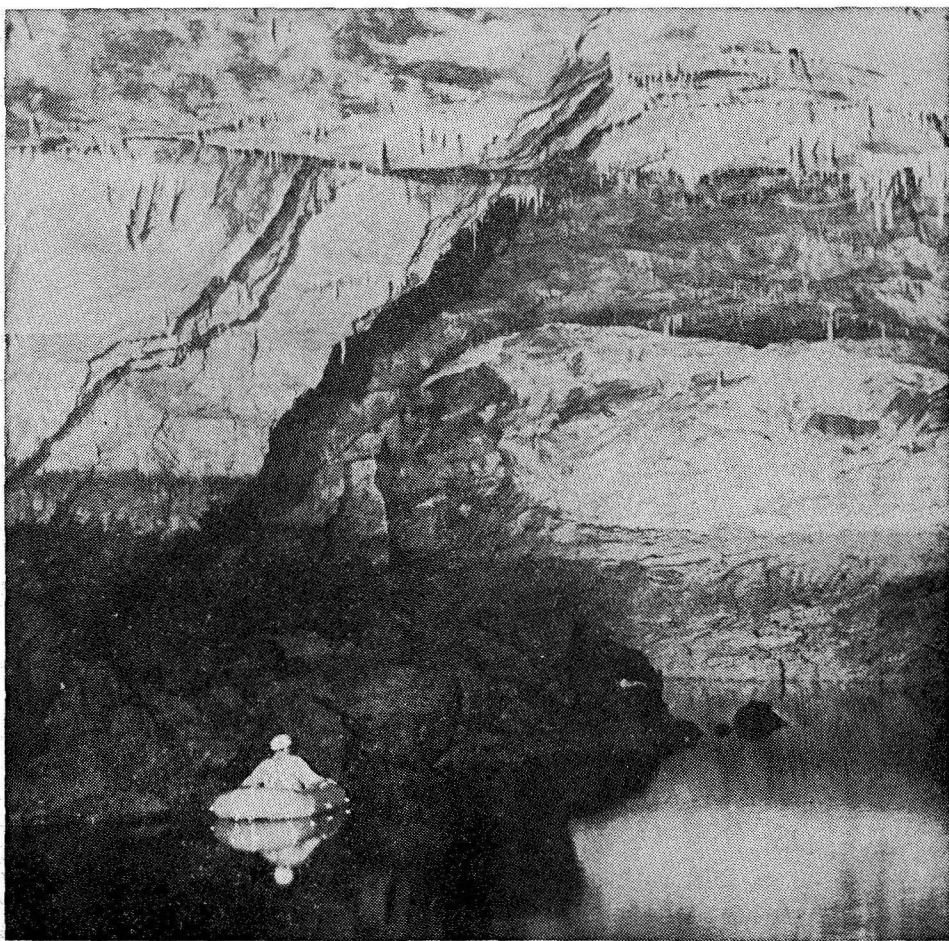
Neznane so nizke vode v območju Jačke ob požiralnikih Logaščice, kjer visoka voda naraste za 30 m in poplavi del Logatca do višine 474 m. Ob normalnih vodah Logaščica ponika v višini okrog 445 m, kjer je več krajših rogov, ki se končajo z neprehodnimi ožinami. S čiščenjem požiralnikov ni mogoče povsem odpraviti poplav, koristno pa bi bilo primerjati gladino ob poplavah na površju in v bližnjem podzemlju.

Ob poplavah na Planinskem polju vode v podzemlju različno naraščajo. Najbolj v Gradišnici, kar za 53 m, in visoka voda se dvigne do 432 m, v Najdeni jami do 438 m, v Logarčku in Mačkovici do 445 m in na polju do 450 m,

izjemno do 455 m. Razlike med nizkimi in visokimi gladinami se torej večajo z oddaljenostjo od roba polja, kar je nedvomno posledica večjih ovir v podzemlju onkraj Gradišnice. Tako je tudi bolj razumljivo, zakaj regulacije požiralnikov na Planinskem polju niso bistveno zmanjšale poplav.

KRAŠKA VODA MED PLANINSKIM POLJEM IN RAKOVIM ŠKOCJANOM

V predelu med Planinskim poljem in Rakovim Škocjanom lahko spremljamo vodno gladino ob izviri Škratovke, v Malnih in v Planinski jami ter v Tkalci jami in ob ponorih v Rakovem Škocjanu. Izviri Škratovke so v višini



Sl. 5. Črni manganski rob visoke vode v Rakovem rokavu Planinske jame. Foto: P. Habič

Fig. 5. Black manganese belt desingning high water in Rak branch of Planinska jama. Photo by P. Habič

med 450 m in 455 m, v Malnih je najnižji izvir na 448 m, najvišji pa na 470 m, ob vhodu v Planinsko jamo je vodna gladina nekako med 454 in 458 m.

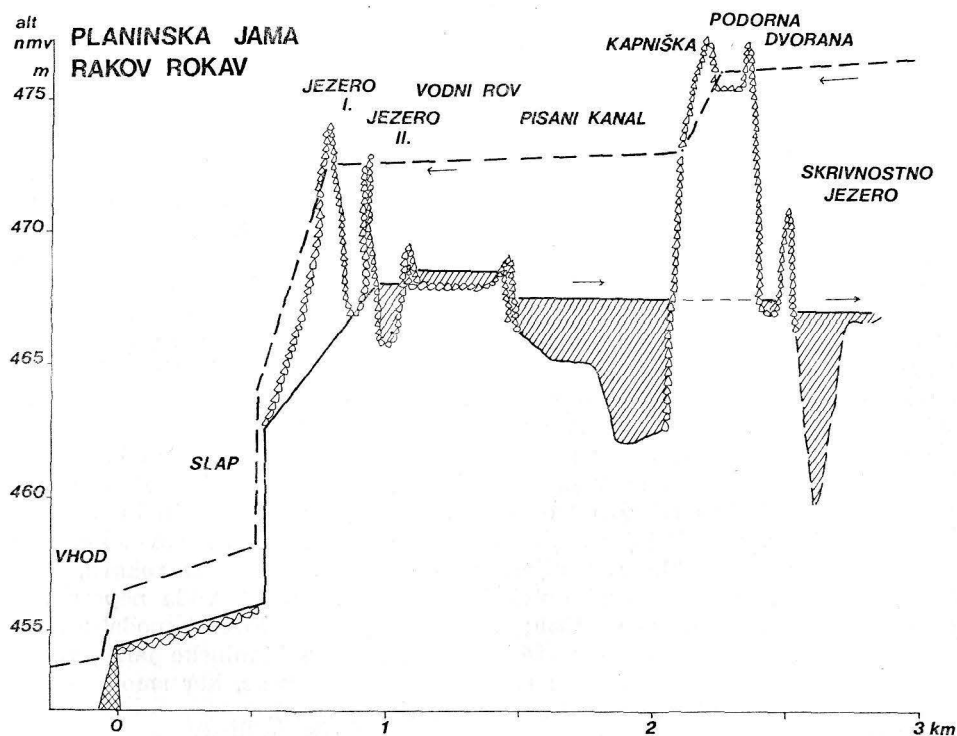
Planinska jama

Gladine nizkih in visokih voda na pritočni strani Planinskega polja so razmeroma natančno izmerjene v Planinski jami. Najvišjo vodno gladino lahko sledimo po temnih sledovih na stenah jamskih rovov v obeh pritočnih rokavih, Pivškem in Rakovem. Še posebno izrazita je temna manganska obloga, ki prekriva stene, kapnike in prodni zasip v vodnem delu Rakovega rokava (slika 5). Izvor te manganske obloge še ni dovolj pojasnjen. Pokriva würmske sedimente in mlajšo generacijo sige, le recentna siga je ponekod že odložena čez oprh. Z njim je prekrito tudi podorno skalovje v obsegu visoke vode, le najmlajše podorne skale so brez črne obloge. Po omenjenih sledovih sklepamo na višino visokih voda tudi v predelih, ki so tedaj nedostopni. Nizko vodno gladino v Rakovem rokavu pa smo v sušnih obdobjih večkrat neposredno merili. Spremljali smo tudi postopno praznjenje jezer, ko se višja enotna vodna gladina razdeli in se v posameznih različno propustnih kotanjah nenako znižuje. To je odvisno od dotoka in prepustnosti podornih in prodnih pregrad med posameznimi jezerskimi kotanjami v Rakovem rokavu. Posebne vodne razmere smo lahko spremljali tudi na kraju Rakovega rokava, kjer gladino uravnava podzemeljski dotok in odtok javorniških voda neposredno proti Malnom (I. Michler, 1955; I. Gams, 1965). Nobenih podatkov pa nimamo o razporeditvi kraške vode v širšem zaledju Planinske jame, razen podatka, da se pretaka tudi pod strugo podzemeljske reke, kar smo spoznali z barvanjem curkov (J. Kogovšek, P. Habič, 1981).

V priloženem vzdolžnem prerezu vidimo precej enakomerno razporeditev nizkih voda (slika 6). V obeh pritočnih sifonih je gladina nekako na 468 m, ob sotočju obeh rokavov pa na 456 m ter pri iztoku iz Planinske jame na 452 m. Podobna je skladnost tudi ob visokih vodah, le da so gladine za velikimi podori v Rakovem rokavu 3 m višje, na 476 m, od pritočnega sifona v Pivškem rokavu, na 473 m. Po daljši suši se nasprotno gladina v pritočnem sifonu Rakovega rokava bolj zniža (467,5 m) kot v sifonu Pivškega rokava (468 m), ker odteka voda iz neznanega zaledja neposredno v Malne. Ob suši je torej v Rakovem rokavu vodna gladina najvišja v osrednjem Vodnem rovu in se stopnjema znižuje tako v notranjost jame do Misterioznega jezera kot proti izhodu.

Vodne gladine v Planinski jami

	srednje	nizke	visoke
Vhod pod jezo	452		
pri Slapu	462		
I. jezero	467,7	465,5	472
II. jezero	468,7	468,2	473
Vodni rov	470,5	468,7	473
Pisani kanal	470,8	467,5	473
Mrtvo jezero	468,5	468,5	476,5
Misteriozno jezero	468,5	467,5	476,5



Sl. 6. Razpored in smer odtoka nizke in visoke vode v Rakovem rokavu Planinske jame

Fig. 6. Distribution and direction of low and high water outflow from Rak branch in Planinska jama

V zatrepni dolini Malnov so stalni le najnižje ležeči izviri. Ob suši je gladina vode v zaježenem izviru pri Milavcovem mlinu in žagi na koti 448,5. Ob višjih vodah sta aktivna tudi izvira na 455 in 460 m, le ob najvišjih vodah se pojavi izvir še više v Laškarjevem kotu 470 m visoko. Po teh podatkih bi pričakovali, da se dviga vodna gladina v zaledju skladno s pretoki oziroma padavinami. Toda vodne razmere v Rakovem rokavu Planinske jame razkrivajo drugačne razporeditve gladin v zaledju Malnov. Ob nizkih vodah je med Milavcovim izvirom in sifonskim Misterioznim jezerom v Rakovem rokavu 20 m višinske razlike ali 16 ‰ strmec. Ob visokih vodah se ta razlika poveča za 5 do 6 m ali na 20 ‰ strmec. Manjša pa je razlika med zgornjimi izviri in gladino na kraju Rakovega rokava Planinske jame.

Na ponorni strani Rakovega Škocjana je vodna gladina v strugi Raka ob nizkem vodnem stanju nekako na koti 500. Požiralniki pred Velikim naravnim mostom dokazujejo, da je gladina kraške vode v tem predelu že pod površinsko strugo. To potrjuje tudi presihanje Raka v Zatočni ali Tkalci jami. Zelo verjetno pa je gladina v Petkovškovem sifonu že blizu nizke gladine kraške vode na odtočni strani Rakovega Škocjana. Potapljači so namreč v

Strmci med Rakovim rokavom Planinske jame in izviri v Malnih

	d	h	strmec
do spodnjega izvira	1250 m	20—25 m	16 —20 ‰
do srednjega izvira	1100 m	13—18 m	13 —16,6 ‰
do zgornjega izvira	900 m	8 m	9 ‰
do vhoda v Planinsko jamo		16—21 m	11,5—15 ‰

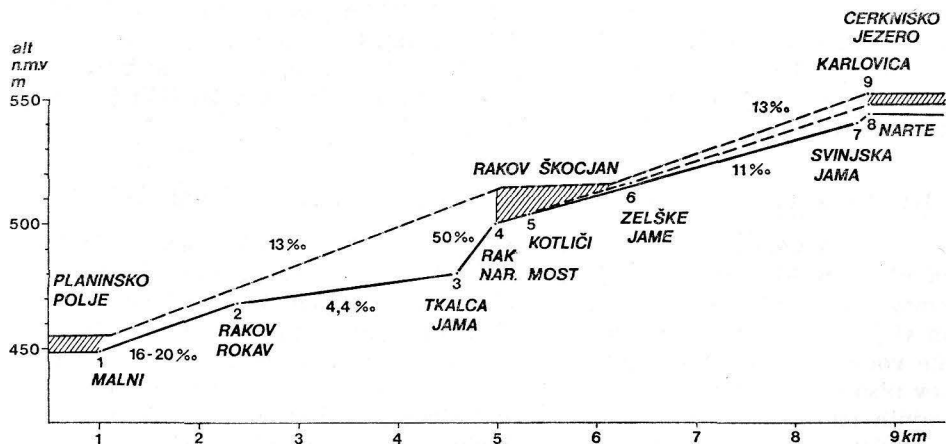
Nizka vodna gladina med Planinsko jamo in Rakovim Škocjanom

Požiralniki pri Velikem naravnem mostu	500 m
Sifon v Tkalci jami (Petkovškov sifon)	480 m
Sifon na kraju Tkalce jame	475 m
Misteriozno jezero v Rakovem rokavu	467,5 m
Strmec med Tkalco jamo in Rakovim rokavom	4,4 ‰

rovu za Petkovškovim sifonom našli manjše pritoke in več jezer tja do drugega, doslej še nepremaganega sifona. Njegova gladina mersko še ni natančno določena, ocenjena je na 475 m. Primerjava teh vodnih gladin z onimi v pritočnem sifonu v Rakovem rokavu nakazuje razmeroma majhen strmec. Na razdalji 2200 m je le 12 m padca, ali 4,4 ‰. Strmec je torej manjši kot v sami Planinski jami, če računamo z gladino pri vhodu, sicer pa se sklada s strmecem v samem Rakovem rokavu, če računamo nekako do brzic pred Slapom.

KRAŠKA VODA MED RAKOVIM ŠKOCJANOM IN CERKNIŠKIM JEZEROM

Na jugozahodni strani Rakovega Škocjana so stalni izviri, ki le ob največji suši presahnejo, njihova vodna gladina pa ostane nekako med 502 in



Sl. 7. Strmci kraške vode med Cerkniškim jezerom in Planinskim poljem
Fig. 7. Karst water gradients between Cerknica lake and Planina polje

510 m. Ob visokih vodah lahko gladina v Rakovem Škocjanu naraste ob ponorih na odtočni strani do 515 m, kar vpliva tudi na zaježitev nižjih izvirov. Zaježitev odtoka pa ne vpliva na vodno gladino Raka v Zelških jamah. V njih niha vodna gladina le za dobra 2 m, kar je predvsem posledica omejene prepustnosti v krasu med Karlovico in Zelškimi jamami. Domnevamo, da je ta omejenost pogojena z vmesnimi podzemeljskimi podori in koliševkami, kakršne so Globoščak, Velika Šujica, Brlog in druge. Izvir Raka je na 516 m, pritočni sifon v Zelških jamah pa na 522 m, odtočni sifon v Veliki Karloviici je na 535 m, ponor Velika Karlovica pa na 547 m. V Karlovicah se ob suši zadržuje le ujeta voda, ki pa ne more biti bistveno višja od gladine kraške vode v tem predelu. Strmec med Karlovico in Zelškimi jamami znaša 13 ‰ in je bistveno manjši od strmca v sami Tkalci jami (50 ‰), je pa vseeno večji od onega med Tkalco in Planinsko jamo (4,4 ‰).

Strmci kraške vode med Planino in Cerknico (slika 7)

Cerknica—Rak	13,3 ‰
Svinjska jama—Kotlič	11,4 ‰
Rak v Rakovi dolini	12,3 ‰
Rak v Tkalci jami	50 ‰
Tkalca jama—Planinska jama	4,4 ‰
Rak—Malni	13 ‰
Tkalca—Malni	8 ‰
Planinska jama	11—15 ‰
Planinska jama—Malni	16—20 ‰

Med Rakovim Škocjanom in Cerkniškim poljem moramo upoštevati tudi vodne razmere med Kotlič in Svinjsko jamo, kjer je ob suši vodna gladina za 6 do 8 m nižja, od one v predelu med Karlovicami in Zelškimi jamami, kar se seveda pozna v vodnih zvezah med Cerkniškim jezerom in Rakovim Škocjanom (R. Gospodarič, P. Habič, 1979). Obarvana voda v ponorih pri Svinjski jami se namreč ni pojavila v Zelških jamah, temveč le v Kotličih, nasprotno pa se je obarvana voda v Karlovicah pojavila v Zelških jamah pa tudi v Kotličih in drugih izviri (slika 7).

KRAŠKA VODA NA CERKNIŠKEM POLJU IN NJEGOVEM OBROBJU

Kraško vodno gladino na območju Cerkniškega polja nakazujejo izviri na obrobju in presihajoče jezero sredi tektonsko-kraške globeli. Izviri ob vznožju Javornikov so neposredno ob jezerskem robu in se njihova gladina ob višjih vodostajih prilagaja jezerski. Ko pa jezero presane, se gladina kraške vode zniža pod površje polja za najmanj 10 m. Ozke špranje talnih ponikov niso prehodne, zato ne vemo, kako globoko pod površje se voda ob dolgotrajnih sušah zares umakne. Toda v izviri pod Javorniki ostaja nekako v ravnici polja med 548 in 549 m. V izvirnih jamah so stalna sifonska jezera, bodisi kot obviseli bazen ujete vode, ali pa kot lokalno zaježena kraška voda, ki se zadržuje precej nad ono v območju polja. V izvirni jami Suhadolci je

sifonsko jezero s stalnim odtokom v višini okrog 547 m, v Vranji jami pa je preko 20 m globok izvirni sifon z gladino v višini okrog 548 m. V Zadnjem kraju se kraška voda le nekaj 10 m od Vranje jame zniža najmanj 8 m pod površje. Tudi v izviri Mrzleka, Tresenca in Laškega Obrha ostane kraška voda v višini jezerskega dna med 548 in 549 m. Bolj se zniža ob izviri Stržena v Cemunu in Obrhu; oba izvira se namreč posušita, njuni kotanji pa imata dno na 546 in 544 m. Edino v izviru Špilja je dosegljiva nizka voda na koti okrog 543 m. Ni znano, kakšno je njeno razmerje do sifonskega jezera v ponnini jami Golobini na obrobju Loškega polja. Tam se najnižja gladina zadržuje na 542 m ali 13 m pod poljem in okrog 6 m pod dnom Cerkniškega jezera ob izviri Stržena.

Ob visokih vodah se gladina Cerkniškega jezera in z njo tudi gladina v bližnjih izviri dvigne na 552, izjemno menda celo do 553 m. V celoti lahko računamo, da niha gladina kraške vode na Cerkniškem jezeru vsaj za 10 m, med 552 in 542 m. Razmeroma skladno le v sami jezerski kotanji, kjer pa se ob usihanju gladina stopnjasto razčleni po posameznih predelih. Najprej upade gladina pri Vodonosu in tam požiralniki tudi najprej presahnejo. Postopno praznjenje požiralnikov v smeri proti jugu od Vodonosa in Rešeta do Kotla, Češlence in Levišč se sklada z zniževanjem vodne gladine pod poljem (R. G o s p o d a r i č, P. H a b i č, 1979). Požiralniki so med seboj povezani in soodvisni od gradienta kraške vode, ki ob praznjenju jezera stopnjasto nazaduje proti jugu, ob polnjenju pa napreduje proti severu in se tako ob visoki vodi v območju jezera uravnava, gradient pa se prestavi na severno obrobje, od koder so podzemeljske vode usmerjene proti izvirom Bistre, kot je dokazano z barvanjem (S U W T, 1976). Večji strmec severno od požiralnikov Vodonosa je nakazan z razliko v gladinah vode v jezeru in v bližnjih poplavljenih grezih, pa tudi samo napredovanje požiralnikov proti severu in nastajanje novih grezov v vse debelejši plasti cerkniškega vršja je po našem mnenju pogojeno z večjim gradientom visoke kraške vode v severnem obrobju jezera.

Kraški izviri na vzhodnem obrobju Cerkniškega polja so razporejeni dovolj visoko nad jezersko ravnico, tako da naraščanje in usihanje jezera nanje ne vpliva. Ob vznožju dolomitne Slivnice so izviri Martinjščice in Grahovščice v višinah med 560 in 600 m. Zanje je značilno manjše lokalno zaledje in prevladujoča razpoklinska cirkulacija. Izdatnejša sta sosednja kraška izvira Žerovniščice in Štebrščice v višini okrog 560 m. Oba izvira v jurskih apnencih predstavljata najnižjo vrzel za vode iz obsežnejšega kraškega zaledja na vzhodni strani Cerkniškega in Loškega polja, hkrati pa tam izvirajo tudi vode, ki ponikajo na Blokah, kot je dokazano z barvanjem (I. G a m s, 1965 a, D. N o v a k, 1970). Potapljači so za izviri Žerovniščice raziskali Veselovo jamo, v kateri so brzice in slapovi, ki nakazujejo večji strmec kraške vode iz območja Blok (R. G o s p o d a r i č, 1968). V zaledju Štebrščice je znana Križna jama s stalnim vodnim tokom. Vodni rov s številnimi jezeri in manjšimi vmesnimi brzicami je jamarjem dostopen več kilometrov v notranjost. V pretežnem delu jame je vodna gladina v višini 610 in 620 m, le na odtočni strani je strmec bolj stopnjast, saj se na kratki razdalji zniža gladina za 10 do 15 m. Od vode v Kitlovih brezni Križne jame (600 m) do Štebrščice (560 m) je še 40 m višinske razlike ali dobrih 25 ‰ strmca. Vodna gladina v

Križni jami malo niha, saj ob visokih vodah naraste za dober meter ali dva, majhna pa je tudi razlika v gladinah ob izvirih.

Visoke vode v zaledju Žerovniščice in Štebrščice uravnavajo na Blokah požiralniki v dolomitu; v jurskih apnencih na obrobju Loškega polja, od koder dobiva Križna jama del vode, pa so nekakšni visokovodni prelivi in občasni bruhalniki na Loškem polju v višinah med 590 in 610 m. Omejena propustnost požiralnikov na Blokah vpliva na tamkajšnje poplave, visoka voda iz vzhodnega obrobja Loškega polja pa odteka z Obrhom skozi Golobino na Cerknjsko polje.

Na Loškem polju so najvišji stalni izviri Velikega Obrha pri Vrhniku v višini 585 m, medtem ko bližnja Skadulca na 590 m le občasno bruha. Najnižji stalni izvir je Bajer na višini 576 m, nekako v tej višini so tudi manjši izviri ob strugi Obrha. V Malem Obrhu se kraška voda izpod Snežnika preliva na površje v višini 580 m, ko pa se zniža na 576 m, izviri presahnejo. Stalen je tudi manjši izvir pri gradu Snežnik, na 585 m, z lokalnim, delno dolomitnim zaledjem.

Prostorska in višinska razporeditev izvirov kot tudi njihove druge hidrološke značilnosti se skladajo z ločenimi kraškimi hidrogeološkimi enotami na obrobju Loškega polja. Presihanje razmeroma nizko ležečega Malega Obrha opozarja na podzemeljsko drenažo mimo ali pod Loškim poljem. Očitno se ob vzdolžnem idrijskem prelomu tudi na območju Loškega polja uveljavlja podobno znižanje kraške vode kot na Cerknjskem polju od izvirov Stržena do Ponikev in Rešeta. Za nizke vode pod Loškim poljem je verjetno značilno že omejeno sifonsko jezero v ponorni jami Golobini z gladino na 542 m. Za visoke vode pa podzemeljski kanali niso dovolj prepustni in tako voda zastaja v ponorni Golobini, kjer narastejo poplave do 573 m, kar je dobrih 30 m nad najnižjo gladino ob suši, ali 20 m nad poplavnimi vodami na Cerknjskem jezeru. Poplavna voda na Loškem polju ne niha skladno s cerknjsko, čeprav je med njima le 11 ‰ strmca. Izviri na obrobju Loškega polja nakazujejo najvišjo vodno gladino v vsem Notranjskem krasu, saj z izjemo dolomitnih voda v apnencih ni nikjer zabeležena višja gladina.

VODNA GLADINA V POSTOJSKEM KRASU

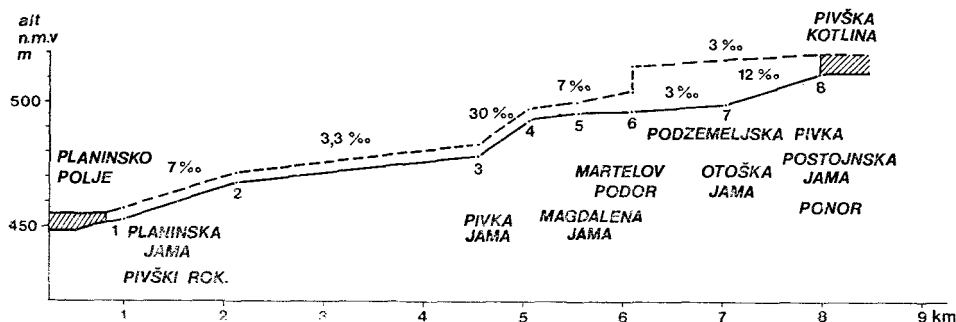
Kraško podzemlje pri Postojni je speleološko dobro preučeno, kar nam omogoča vpogled v vodne razmere ob podzemeljski Pivki, manj pa so znane vodne razmere v sosednjem predelu pod razvejanimi suhimi turističnimi rovi.

Vzdolžni strmec podzemeljske Pivke ni enoten ne ob visokih, ne ob nizkih vodah. Vodna gladina se stopnjema znižuje od ponora Pivke pri Postojnski jami do odtočnega sifona v Pivki jami ter dalje po Pivškem rokavu Planinske jame.

Po sledovih visokih voda na stenah podzemeljskih rogov in po vodnih gladinah v posameznih podzemeljskih jezerih ob nizkih vodah smo primerjali strmec vzdolž podzemeljskega toka (slika 8).

Najnižja znana vodna gladina v Postojnskem jamskem sistemu je v odtočnem sifonu Pivke jame na koti 477. Ker je med tem sifonom in pritočnim sifonom v Pivškem rokavu Planinske jame 9 m višinske razlike, sklepamo,

da je v vmesnem nedostopnem krasu gladina še vedno stopnjasto razdeljena, celotni strmec pa znaša le 3,7 ‰. Ob najvišjih vodah je strmec podzemeljske Pivke bolj izravnán. Le od ponora do Martelovega podora je ob najvišjih poplavnih vodah stopnjast.



Sl. 8. Strmci nizke in visoke vode med Pivško kotlino in Planinskim poljem
Fig. 8. Low and high water gradients between Pivka basin and Planina polje

Po speleoloških opazovanjih in meritvah sklepamo, da predstavlja Martelov podor ob podzemeljski Pivki poglavitno oviro pri odtoku visokih voda iz Pivške kotline na Planinsko polje. Ker visoka voda ne more vsa mimo in skozi podor, ob njem zastaja in se dviga ter se šele v višini 514 m prelije čez podorno skalovje, onkraj katerega bolj neovirano odteka po rovih med 496 in 505 m. Sledovi visoke vode segajo na pritočni strani Martelovega podora do kote 514, na odtočni strani v Kraigherjevi dvorani pa do 505 m, ali 9 m nižje (slika 8).

Podzemeljska Pivka predstavlja najnižjo odtočno žilo Postojnskega krasa, kar dokazujejo skromni, a prav značilni dotoki kraške vode z obeh strani podzemeljske tokave Pivke. Omenjata jih I. Michler, (1959) in I. Gams (1965). Z leve strani se pri Otoški jami vlija v podzemeljsko Pivko Črni potok, ki ponika v jami Lekinki (R. Gospodarič, P. Habič, 1966). Ob srednjih pritokih doteka v Pivko pred sifonom v Pivki jami pritok iz neznanega zaledja med Zagonom in Belskim. Morda se tam pojavi potok Osojca, ki ponika na koti 529 pod Jamo Osojco ob cesti Postojna—Belsko.

Vodna gladina v Postojnskem krasu zahodno od podzemeljske Pivke ni dosegljiva, saj so v tem predelu znane le suhe jame in brezna. Ob najvišjih vodah pa se v dolu med Erazmom in Belsko žago pojavijo kraški izviri, ki dokazujejo, da se gladina podzemeljske vode v tem predelu dvigne nekako do kote 530. Pri Belski žagi so požiralniki, izviri in estavele v dnu doline na koti 521, ki jih visoka voda zalije nekako do 525 m.

Male ponikalnice s fliša pri Studenem imajo požiralnike med 536 in 541 m (F. Habe, 1976). Po vodnih razmerah v bližnjih jamah sklepamo, da niha gladina od nekaj pod 500 m, do nekako 515 m, če ne še kaj više ob najvišjih poplavih, kot kažejo ilovice v dnu Blatnega rova v jami Beloglavki. Ob ponornem obrobju Postojnskega krasa med Erazmom in Studenim niha torej vodna gladina vsaj za 15 m, med 500 in 515, lokalno pa celo do 530 m.

Z desne strani dobiva podzemeljska Pivka dva manjša pritoka iz območja pod turističnim delom Postojnske jame, in sicer za Martelovim podorom v Kraigherjevi dvorani ter v Magdaleni jami.

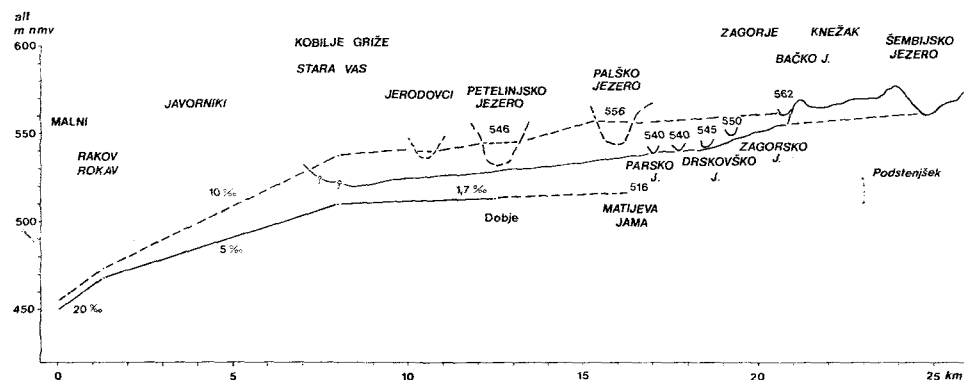
V Črni jami je več sifonskih kotanj, v katerih se zadržuje pretežno ujeta voda med 489 in 501 m. Številna osamljena jezera in sifonske kotanje v Črni jami so ob visokih vodah povezane z enotnim tokom, ki se od osrednje Pivke odcepi pred Magdaleno jamo ter skozi Perkov in Vilharjev rov obide vhodni podor Črne jame in se ponovno vrne v podzemeljsko strugo Pivke jame. Del teh voda se verjetno preceja skozi podorno skalovje Črne jame in po še neznanih rovih v smeri proti Pivškemu rokavu Planinske jame, kar potrjujejo barvanja (I. A v d a g i č, in drugi, 1976).

Vodna gladina v Črni jami naraste za 13 m in doseže 504 m. Nizke vode so v Črni jami ujete. Tako je gladina v pritočnem sifonu v isti višini kot v odtočnem sifonu med Črno in Pivko jamo. Najvišja gladina Pivke v Magdaleni jami in pritočnem sifonu v Pivki jami je v višini 498 m, nizka gladina pa na 493 m. V Črni jami je najnižja gladina ujete vode na koti 489, kar pomeni, da se gladina nizkih voda v Črni jami ne znižuje v smeri proti Pivki jami temveč po neznanih poteh skozi podrte rove proti Planinski jami, ki jih nakazujejo koliševke okrog Vodnega dola in Kozje doline. Možno pa je, da se gladina znižuje tudi neposredno proti odtočnemu sifonu Pivke jame.

VODNA GLADINA NA ZGORNJI PIVKI IN POD JAVORNIKI

V območju Javornikov in zgornje Pivke je kraška voda dosegljiva v Breznu v Kobiljih grižah, v Matijevi jami ob Palškem jezeru in v jami Fužine pri Stari vasi, najdemo pa jo lahko še v vrtini pri Stari vasi in pri Žejskih izvirih v Dobju in v vodnjakih pri Pivki in v Zagorju. Gladina visoke vode doseže površje v izvirih ob Pivki ter v presihajočih jezerih od Jerodovcev pri Žejah, do Petelinjskega in Palškega ter Parskega, Drskovskih in Zagorskih jezer pa tudi v Bačkem in Šembijskem jezeru pri Knežaku (P. H a b i č, 1975).

S primerjavo vodnih gladin pod Javorniki in vzdolž Zgornje Pivke lahko ugotovimo, da se strmec kraške vode večja ob toku navzdol in je pravzaprav



Sl. 9. Strmci nizkih in visokih voda pod Javorniki in na Zgornji Pivki

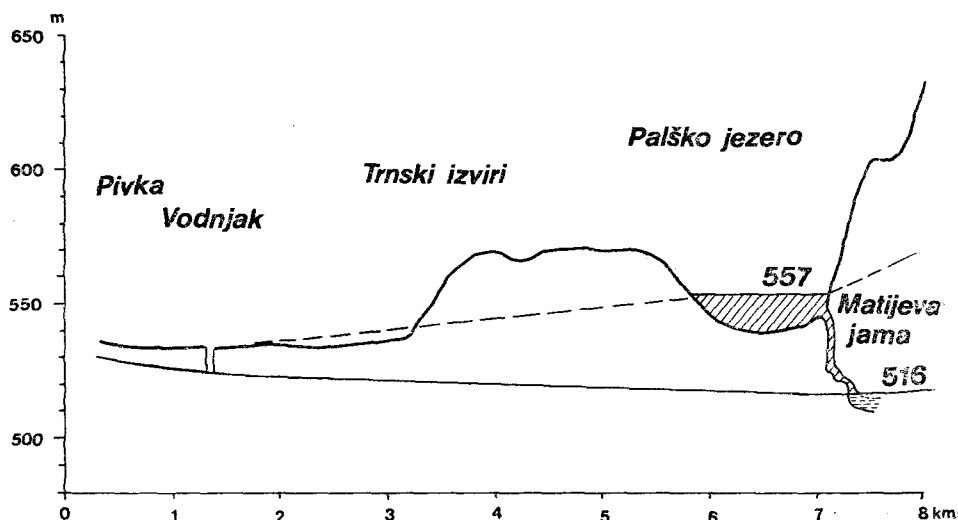
Fig. 9. Low and high water gradients under Javorniki Mts and on Upper Pivka

največji pod Javorniki med Pivško kotlino in Planinskim poljem (slika 9). V obratni smeri pa naraščajo razlike med najnižjimi in najvišjimi vodami. Te so razumljivo največje v povirnem delu, naraščajo pa tudi proti Javornikom z oddaljenostjo od površinske Pivke (slika 10).

Največji strmec je med Malni in Rakovim rokavom Planinske jame, med Planinsko jamo in Kobiljimi grižami znaša okrog 6 ‰, med Kobiljimi grižami in Matijevo jamo pa komaj 1 ‰, s tem se skladajo tudi gladine v vrtinah pri Stari vasi in v Dobju.

Ob visokih vodah uravnavajo višino podzemeljskih voda izviri ob Pivki. To se kaže zlasti v razporeditvi vodnih gladin presihajočih jezer. V bližnjih jezerih ob Pivki, v Parskem, obeh Drskovških in Zagorskih ter v Kalškem jezeru se gladina dvigne le za nekaj metrov nad površinsko Pivko, v bolj oddaljenih pa več. Po razpoložljivih podatkih lahko ločimo pod Javorniki in ob Zgornji Pivki tri predele z različnimi strmci. V spodnjem delu med Planinskim poljem in Kobiljimi grižami so strmci največji, razlike med nizkimi in visokimi gladinami pa najmanjše. Srednji del se odlikuje z najmanjšim strmcom in srednje velikimi razlikami med nizkimi in visokimi gladinami, obsega pa območje med Kobiljimi grižami in Palškim jezerom. V zgornjem delu Pivke od Parskega do Kalškega, oziroma Šembijskega jezera strmec proti povirju nekoliko narašča, skladno z njim pa tudi razlike med nizkimi in visokimi vodami.

V povirnem delu Pivke je treba ločiti še posebne hidrološke razmere, ki so povezane s podzemeljsko kraško bifurkacijo. Ob visokih vodah so namreč ta predel podzemeljsko odteka v povirje Pivke in v izvire Podstenjščka, ki odteka v Notranjsko Reko. Ob nizkih vodah pa se podzemeljske vode iz nekdanjega povirja Pivke v celoti odteka k Notranjski Reki, kot nakazuje gladina



Sl. 10. Nizke in visoke vode med Pivko in Palškim jezerom

Fig. 10. Low and high waters between Pivka and Palško jezero

v zaledju Podstenjška, ki je dosegljiva v Kozji jami, na 530 m. Medtem je nizka gladina kraške vode v presihajočem izviru Pivščice pri Zagorju na koti 543 m in se dvigne v vodnjaku ob visoki vodi za 8 m.

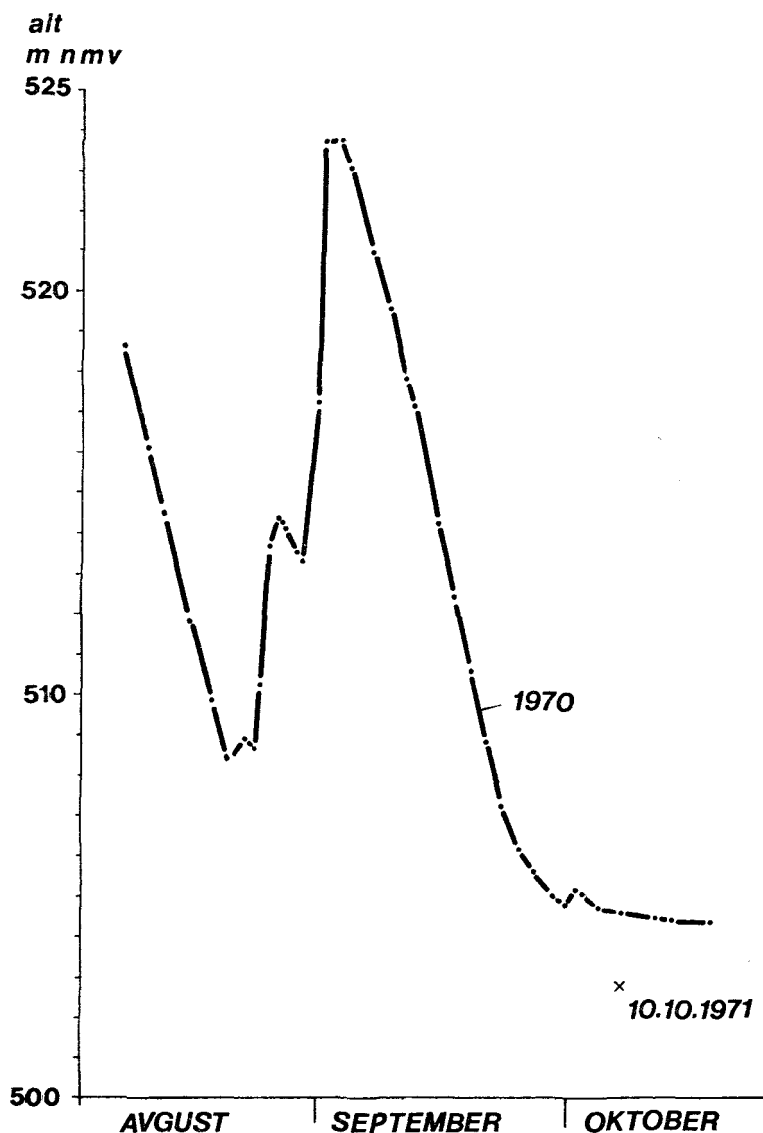
Podatki o vodnih gladinah v izviri in jezerih ob Pivki

Stara vas, vrtina	513—525 m
Kobilje griže	504—537 m
Žeje, izvir nad vasjo	538 m
Jerodovci	538 m
Krajnkov dol	538 m
Dobje, izvir	529—530, vrtina 503 m
Petelinjsko jezero	532—545 m
Trnski Stržen	514 m
Palško jezero	543—557 m
Matijeva jama	516—557 m
Parsko jezero	538—540 m
Malo Drskovško jezero	539—540 m
Veliko Drskovško jezero	542—545 m
Veliko Zagorsko jezero	546—548 m
Malo Zagorsko jezero	549—550 m
Vodnjak v Zagorju	543—551 m
Ribnik	550—555 m
Jezero za Kalcem	553—558 m
Kalško jezero	554—555 m
Bačko jezero	561—562 m
Kot pri Baču	564 m
Šembijsko jezero	559—560 m
Podstenjšček	510—525 m
Kozja jama	530 m

Orehovški kras v predelu med Prestrankom, Orehkom, Hruševjem, Čermelicami in Selcami je skoraj krog in krog obdan s flišem, le med Prestrankom in Selcami prehaja v dolino Pivke, ki je vrezana v apnenec. Stalni so izviri Korentana pri Orehku (R. Gospodarič, F. Habe, P. Habič, 1970), kjer je gladina v višini okrog 530 m in niha le za dober meter. Ob črpalnem poskusu v poletju 1967 se je gladina znižala za 3,8 m pod prelivni rob. Iz zajezenega Orehovškega krasa odteka voda še v dveh občasnih izviri v Mrzli jami in v izviru pod Poličkom pri Prestranku v višini okrog 525 m. Ker oba izvira presahneti, se očitno gladina vode v tem delu zniža pod strugo Pivke. Pri Žejah smo v vrtini spremljali znižanje gladine za več kot 20 m, od 530 na 509 m (slika 11).

Na vodne razmere v tem delu Orehovškega krasa delno vpliva Slavinšček, ki površinsko doseže Pivko pri Prestranku le ob višjih vodah, sicer pa se izgubi v strugi takoj pod Slavino, ko zapusti flišno podlago.

Zaradi izrednega znižanja vodne gladine v krasu se je 10. februarja 1982 pojavil grez v strugi Stržena, ki je požiral do 50 l/s. V nekaj dneh se je ta po-



Sl. 11 Vodna gladina v vrtini pri Žejah ob nizki vodi v poletju 1970
 Fig. 11. Water table in bore-hole near Žejah during low waters in summer 1970

žiralnik zamašil, nato pa je od 16. 2. do 11. 3. ves Stržen ponikal v strugi. Ob višjih vodah napajajo Stržen kraški izviri ob vznožju Javornikov pri Postojni med Staro vasjo in Rakitnikom. Struga se vije po naplavini, ki delno prekriva zakrasele apnenice, delno pa je v podlagi eocenski fliš. Z njega pritekajo vodice

južno od Postojne in po površinski strugi so v Stržen speljane tudi vse mestne odplake.

Ker je bilo že poprej znano, da se s flišne Kremence pri Postojni vode odteka neposredno proti izviru na Planinskem polju in v Malne (F. Jenko, 1959 a), smo dne 23. 2. 1982 obarvali Stržen z 10 kg uranina in opazovali izvire v Rakovem Škocjanu, Škratovski, Malnih ter Rakov in Pivški rokav Planinske jame. Toda v 35 dneh se ni nikjer pojavila obarvana voda, čeprav so med tem pretoki v izvirih dvakrat po odjugi in deževju močno narasli.

Vzrok tega neuspešnega sledenja še ni pojasnjen, pa tudi ne smer odtoka podzemljskih voda iz območja pri Rakitniku. Ko so v poletju 1984 regulirali strugo Stržena med Staro vasjo in Rakitnikom, so za nekaj dni zajezili odtekanje postojnskih odplak, tedaj se je tok usmeril proti občasnemu izviru, ki je prevzel funkcijo požiralnika. Toda grez pri Rakitniku se v tem času ni obnovil. Očitno imamo tu opravka z labilnim ravnotežjem med površinskimi in podzemljskimi vodami. Na kraško podlago pod flišem in naplavinami opozarja tudi izjemen pojav človeške ribice v izviru sredi flišne dolinke pri Rakitniku. Ta podatek nam je posredovala domačinka Milka Možina, zaposlena kot sanitarni inšpektor v Postojni. Razlika v gladinah med Staro vasjo (514 m) in Kobiljimi grižami (504 m) nakazuje ob suši obrnjen strmec kot ob visokih vodah.

Podobne nasprotno strmece smo opazili tudi v srednjem in povirnem delu Pivke. Najizrazitejša je razlika med Matijevo jamo, oziroma Palškim jezerom in Pivko, saj je nizka voda v vodnjaku pri Pivki na 525 m, v Matijevi jami pa na 516 m. Ob nizkih vodah je tako gladina nagnjena za 2 ‰ pod Javornike, ob visokih vodah pa nasprotno za 4 ‰ proti Pivki.

Nepojasnjene vodne zveze in obrnjena razporeditev gladin nizkih in visokih voda v krasu pod Javorniki odpirajo nekaj vprašanj, ki jih bo mogoče pojasniti le z nadaljnjimi raziskavami. V Postojnskem krasu so vodne gladine nagnjene proti severozahodu vse do Pivke jame, kjer se nato obrnejo proti izviru na Planinskem polju. Ob Zgornji Pivki so visoke vode usmerjene proti zahodu, nizke pa proti severu k izviru v Malnih, morda pa tudi proti Rakovem Škocjanu ali Cerknici. Ni namreč znano, kako globoko pod Javornike se znižujejo nizke gladine z obrobja Pivke. Nepovezana opazovanja na cerkniški in pivški strani tudi ne dovoljujejo nikakršnih sklepov o medsebojni povezanosti ali odvisnosti voda na obeh straneh Javornikov. Znani sta sicer dve različni predpostavki. I. Gams (1966) je mnenja, da se pod Javorniki oblikuje tok nizkih voda proti Malnom, ki ga napajajo vode s cerkniške in pivške strani. Po hidrogeoloških in tektonskih razmerah pa M. Breznik (1983) sklepa, da sta pod Javorniki dva ločena tokova nizkih voda, eden na pivški, drugi na cerkniški strani. Vmesne višje piezometrične gladine naj bi bile pogojene z manjšo zakraselostjo osrednjega najbolj dvignjenega jedra Javornikov. Toda, če upoštevamo samo razpoložljive podatke z obeh strani, se nam vsiljuje še tretja možnost, da so namreč ob visokih vodah gladine nagnjene od Cerknice proti Pivki, ob nizkih pa obratno, s Pivke proti Cerkniškem polju. Brez novih podatkov in dognanj lahko o razmerah v podzemlju samo ugibamo.

PODZEMNE VODE V MATIČNEM KRASU

V Slavenskem ravniku, Košanski dolini in Senožeškem podolju, Vremščici z Gabrkom in delu Gornjega ali Divaškega Krasa lahko kraško vodo spremljamo ob ponikalnicah pri Senožečah, pri Sajevčah in v Vremški dolini ter v jamah in izvirih v Košanski dolini. Med najpomembnejšimi točkami je prav gotovo bruhalnik Gabranca, ki deluje ob visokih vodah kot močan izvir na koti 414, ob suši pa se vodna gladina umakne za več kot 122 m pod površje. Po vodnih razmerah v Gabranci lahko zatrdno sklepamo, da je gladina nizke kraške vode na območju Slavenskega ravnika, Košanske doline in Vremščice pod 292 m nadmorske višine (P. Habič, R. Gospodarič, J. Kogovšek, 1984).

Na znižanje vodne gladine pod 300 m opozarjajo tudi požiralniki v Vremški dolini, kjer prenika Notranjska Reka v lastni strugi že dobrih 5 km pred Škocjanskimi jamami. Znano je, da ob najnižjem vodnem stanju vsa Reka presahne v novem požiralniku pri Gornjih Vremah. Tam se je poleti 1983 tik ob meji fliša in apnenca nenadoma odprl star zasut požiralnik. Udorno brezno, v katerega je ponikalo okrog 800 l/s, je bilo prehodno do globine 27 m, naprej pa se je voda precejala skozi podorno skalovje. Ko se je pretok Reke povečal, se je brezno napolnilo do roba in voda je spet tekla naprej po strugi proti Škocjanskim jamam. V predelu med Gornjimi Vremami in Vremskim Britofom so mlinarji že večkrat doživeli, da je Reka ob suši povsem presahnila. V strugi so na več mestih nastajali podobni nenadni udori ali grezi, ki so jih mlinarji sproti mašili, da so speljali Reko naprej po strugi do svojih mlinskih koles. Hidrologi so ugotovili, da se med Cerkvnikovim mlinom in Škocjanskimi jamami izgubi v strugi vsaj 700 l/s (F. Bidovec, 1967).

V ponornem sistemu Notranjske Reke, v Škocjanskih jamah in v njihovem naravnem nadaljevanju v Kačni jami, kot tudi v Mejamah ob stranskem pritoku izpod Brkinov, lahko spremljamo podzemeljske vodne razmere v Krasu na stiku z nepropustnim flišnim obrobjem Brkinov. Notranjska Reka izginja v podzemlje pod Škocjanom na koti 330. Skrajna dosegljiva točka v Škocjanskih jamah pa je sifonsko Marchesettijevo in Mrtvo jezero na kraju Hankejevega kanala, kjer je gladina nizke vode na koti 173 po razpoložljivih italijanskih podatkih (E. Bogan, 1938). Po novejših speleogeodetskih meritvah Kačne jame pa je pritočni sifon v Škocjanskem kanalu na koti 180 (I. Kenda, 1984). Iz tega sklepamo, da podatki o Škocjanskih jamah niso zanesljivi in jih je treba preveriti. Po meritvah ljubljanskih jamarjev je Mrtvo jezero v višini nekaj nad 200 m.

Ker so vsi znaki, da se voda iz Škocjanskih jam po sicer še neznanem podzemlju na razdalji 1,5 km pretaka v Kačno jamo (A. Mihovec, 1984), med njima ne more biti večje višinske razlike. Mrtvo jezero v Škocjanskih jamah je potemtakem nekako v višini okrog 190 do 200 m.

Ko Reka presahne pri Gornjih Vremah, se pretok vode v Škocjanskih jamah in v Kačni jami močno zmanjša. Po natančnem pregledu struge smo ugotovili, da se tedaj pretaka skozi Škocjanske in Kačno jamo le tista voda, ki se izceja iz zastajajoče vode v strugi, nekaj pa se je nateče še iz vmesnih kraških izvirov okrog Vremskega Britofa. Notranjska Reka odteka tedaj po še neznanih nižjih kanalih, ki se ognejo tudi najnižjim znanim predelom Kač-

ne jame. Najnižja gladina v sosednji Labodnici pri Trebčah je po podatkih E. Boegana (1938) le 12 m nad morsko gladino, najnižja gladina kraške vode v vrtinah pri Brestovici pa je po meritvah P. Krivica (1982) v višini okrog 2 m, medtem ko se nizka gladina v izvirih Timava že uravnava pod vplivom plimovanja. Nekaj višje so vode v kraških izvirih od Sardoča preko Moščenic in Laškega jezera do Doberdobskega jezera, kjer je nizka gladina 6 m nad morjem. Že po teh višinskih razmerah lahko domnevamo, da sega proti izvirom Timava kraška voda, ki jo napaja soška podtalnica, od nje so odvisni tudi izviri Močile in Lisert, kar potrjujejo tudi temperaturni in kemični podatki (P. Habič, M. Grauner 1983; F. Gemiti, 1977; 1981).

Med izviri Timava, Brestovico in Vipavo pri Mirnu se gladina kraške vode stopnjema dviga od 0,4–36 m, kar potrjujejo podatki iz vrtin pri Brestovici in pri Mirnu, v breznu pri Komarjih ter v Dolenjci in Drči jami (P. Krivic, 1982, F. Bidovec, 1967).

Med Divačo in Brestovico so jamarji prišli do visoke kraške vode le v Preserski jami pri Komnu na 210 m. V vrtinah v Velikem dolu pri Kazljah in pri Avberju pa so dosegli kraško vodo na okrog 150 m oziroma 93 m (P. Krivic, F. Drobne, 1979). Po teh skromnih podatkih sklepamo, da je gladina vode v Krasu nagnjena od JV proti SZ in hkrati od V proti Z, tako da je najnižja gladina v Krasu ob flišnem obrobju Tržaškega zaliva. Upravičeno pa lahko tudi predpostavljamo, da je gladina nagnjena od zahodnega obrobja Doberdobskega krasa proti izvirom Timava, tako da se v njihovem ožjem zaledju, pa tudi med Doberdobom in Brestovico, prepletajo vplivi prave kraške vode iz območja Notranjske Reke in Krasa na eni strani, z vplivi soške in vipavske podtalnice, ki napaja Kras z druge strani. Kako obsežna je cona mešanja in prepletanja voda z obeh strani v različnih hidroloških razmerah, bi bilo mogoče spoznati le z dolgotrajnimi raziskavami.

S črpanjem kraške vode pri Brestovici in njenim varovanjem se lahko v prihodnosti potrebe po takih raziskavah povečajo. Nihanje gladine kraške vode v okolici Brestovice je že razmeroma podrobno preučeno ob pripravah na izgradnjo zajetja v Brestovici za regionalni kraški vodovod. (P. Krivic, 1982; 1983). V vrtinah pri Klaričih niha gladina od 2 do 7 m nadmorske višine, okrog Brestovice pa od 2 do 16 m. V Preserski jami pri Komnu zalije visoka voda spodnje predele do višine 210 m. Za pretežni del Krasa pa ni na voljo podatkov ne za nizko, ne za visoko vodo.

Vsekakor pa so pomembni podatki o visokih poplavnih vodah v dostopnih vodnih jamah. Ob najvišjih poplavah naraste gladina v Labodnici do 112 m, v Kačni jami do 260 m in v Škocjanskih jamah do 344 m. Žal tudi za te jame nimamo sočasnih meritev in opazovanj, zato ne vemo, kako nihajo gladine v posameznih jamah pri različnih pretokih in v različnih hidroloških razmerah.

Na nihanje gladine kraške vode pod vplivom plimovanja je opozoril P. Krivic (1982). V Krasu pri Brestovici je ugotovil, da se plimovanje odraža v gladini kraške vode, ki je 4 m nad morsko gladino in od obale oddaljena 4 km. Učinke plimovanja smo spremljali tudi v breznu na dvorišču tovarne Delamaris v Izoli, kjer smo leta 1975 poskusno črpali kraško vodo. Dotok polslane kraške vode v brezno, ki je oddaljeno od obale le 50 m, smo oce-

nili na 7 l/s pri 2,5 m znižanju gladine pod morsko. Med črpanjem je morska gladina plimovala za 37 cm, kraška voda v breznu pa za 16 cm in z zakasnitvijo 3 ur, kar nakazuje počasno in omejeno povezavo brezna z morjem.

KRAŠKA VODA V ZALEDJU RIŽANE IN OSAPSKE REKE

V predelu med Divačo, Kozino in Trebčami jamarjem doslej ni še nikjer uspelo priti do kraške vode, pa tudi geologi je v tem predelu še niso dosegli z vrtnami. Naravni dostopi so možni le v nekaterih požiralnikih brkinskih ponikalnic med Kozino, Podgradom in Klano. Ponorne jame so prehodne od nekaj 10 do največ 150 m v globino, toda sklepni sifoni so nedvomno še precej nad stalno zalito cono krasa. V speleološko razmeroma dobro preiskanem Matarskem podolju (Osnovna speleološka karta, list Vrhnika 3,4; 1974) je možno samo v Dimnicah priti do stalnega vodnega toka, ki niha le za dober meter; pritočni sifon je v višini 474 m, odtočni pa na 457 m (Arhiv IZRK, 1982). Ker tudi najgloblja znana brezna v Matarskem podolju ne dosežejo kraške vode, čeprav G. A. Perko (1909) omenja nekaj jam z vodnim tokom, med 445 in 417 m, sklepamo, da je gladina kraške vode strmo in stopnjasto nagnjena proti JZ pod Slavnik, od 470 m v ponornih sifonih pod Brkini, do izvirov Rižane v višini okrog 70 m.

V sestavljeni narivni strukturi Slavnika, Čičarije in Severnoistrskega krasa so možni večji lokalni kraški vodni bazeni z različno gladino. To potrjujejo hidrološke razmere v okolici Movraža, kjer visoke vode poplavljaajo dno Movraške vane za 2—3 m, nekako do višine 173 m, nizke pa se znižajo do prelivnega roba v višini okrog 100 m, v izviriš Sopote pri Krogu (P. Habič in drugi, 1983).

V ožjem kraškem zaledju Rižane niha gladina kraške vode za 2 m, medtem ko se izdatnost izvira poveča od 170 l/s do okrog 100 m³/s. Na pridušeno gladino kraške vode v zaledju Rižane opozarja visokovodni preliv iz Osapske jame na višini okrog 105 m, ob suši pa so viseči sifoni v tej jami v višini okrog 50 do 60 m. V nasprotju z znatnim nihanjem vodne gladine in velikimi razlikami v pretokih v Osapski jami so majhne razlike v pretokih in gladini v izviriš Boljunca, kamor odtekaajo vode iz skupnega kraškega zaledja.

Luskasta narivna zgradba z menjavo flišnih jezov med zakraselimi apnenici nedvomno odločilno vpliva na razpored in nihanje vodne gladine v zaledju Boljunca, Osapske reke in Rižane. Z nadaljnjimi raziskavami bi bilo koristno razvozlati nejasne zveze in medsebojno odvisnost kraških voda na razvodju med Timavom in Rižano. Razmeroma nizke gladine kraških voda pri Trebčah nas navajajo k domnevi, da se lahko del Matarskega krasa prazni v smeri proti NW in to pod prelivno višino Rižane. Po drugi strani pa so presenetljivo enako visoke gladine ob poplavih v Labodnici in Osapski jami. To morebitno medsebojno zvezo bi bilo treba vsekakor preveriti.

VODA V KRASU MED IDRJCO IN VIPAVO

Ponikalnice ob severnem robu Pivške kotline med Belskim, Predjamo in Šmihelskimi ter Stranskimi ponikvami odvajajo površinsko vodo s fliša na razvodju s Pivko v kraško podzemlje Hrušice. S sledenjem je dokazana zveza

z izviri Vipave (F. H a b e, 1973). Sklepni sifoni v Jami v Grapi, v Predjamski Lokvi ter v Šmihelskih in Stranskih ponikvah vise nad kraško vodo, katere gladina je nagnjena od razvodnega predela v višini okrog 500 m v območju dolomitne Planinske gore proti Nanosu in Vipavi, kjer so izviri v višini okrog 100 m. Visoko flišno obrobje Nanosa na južni, zahodni in severni strani usmerja kraške vode k najnižji vrzeli v flišnem obodu pri Vipavi (P. H a b i č, 1983). Izdatni stalni izviri so razporejeni v razmeroma ozkem pasu pod Nanosom v Vipavi, občasni prelivni izviri pa so razporejeni ob Beli od Vipave proti Vrhpolju. Ob nizkih vodah je gladina v višini okrog 100 m, ob visokih vodah pa se dvigne v stalnih izvirih le za dober meter, izjemoma za dva do tri, medtem ko se občasni izviri proti Vrhpolju pojavijo tudi 20 m višje. Očitno se v zaledju Nanosa kraške vode po deževju precej dvignejo, njihovi izviri pa so podobno kot izviri Ljubljaniče pridušeni in zajezeni. Niti v Nanosu, niti v Hrušici pa doslej jamarjem še ni uspelo prodreti skozi globoka brezna do kraške vode. Še največ upanja so imeli v Strmadni, toda tudi v tej jami so bili njihovi napori zaustavljeni v globini 215 m pod površjem ali na višini okrog 845 m (P. H a b i č, 1964). Jamarska prizadevanja bi kazalo usmeriti predvsem v območje predjamskih ponikalnic, kjer je največ upanja, da bi po aktivnih rovih prodrli globlje v notranjost tega dela visokega krasa.

Ob vzhodnem in severnem obrobju Hrušice moremo slediti kraško vodo v stalnih izvirih ob zahodnem obrobju Planinskega polja, v estavelah pri Grčarevcu in v breznu pri Grudnu ter v požiralnikih pri Hotedršici. Dolomitno dno Planinskega polja je vsaj delni jez v višini med 445 in 450 m za kraške vode, ki se iz območja Zagore odtekajo proti Ljubljaniči. Pri Grčarevcu se prelivajo na površje le visoke vode iz ožjega dela Hrušice in iz Hotenskega podolja. Z znižanjem gladine na ponorni strani Planinskega polja v predelu med Kalcami in Logatcem izviri pri Grčarevcu presahnejo. Opazovanja v Grudnovem breznu kažejo, da se gladina kraške vode zniža pod 435 m, saj je v tej višini le sifon ujete vode, ob poplavih pa se kraška voda prelije na površje v višini okrog 496 m (P. H a b i č, 1976).

Široka cona idrijskega preloma vsaj delno zajezuje kraško vodo, ki v Grudnovem breznu in v Gradišnici niha za 60 m, med njima pa je na razdalji 5,5 km 55 m višinske razlike ali strmec 10 ‰.

Po povprečnem strmcu nizkih voda v zaledju izvirov Ljubljaniče, Vipave in Idrijce domnevamo, da je gladina kraške vode na razvodju v osrednjem najvišjem delu Hrušice in na prehodu proti Trnovskemu gozdu najmanj okrog 500 m visoko. To pomeni, da se površinske in kraške vode izpod tega razvodnega predela lahko usmerjajo na vse tri strani. Podobno velja tudi za razvodno območje med Idrijco in Ljubljaničo v območju Hotenskih ponikalnic, kot je dokazano z barvanjem (SUWT, 1976).

Raztekanje kraških voda v osrednjem delu visokega krasa med Idrijco in Vipavo je potrjeno tudi z barvanjem ponikalnice na Vodicah in potoka v Črnem Vrhju. Čeprav se je večji del barvila pojavil v izvirih Podroteje in v Divjem jezeru pri Idriji, se je barva iz obeh požiralnikov pojavila tudi v izvirih Hublja (P. H a b i č, 1984). Verjetno lahko tudi v območju Trnovskega gozda pričakujemo širšo podzemeljsko razvodno cono med zaledjem Hublja in Mrzleka. Najvišjo gladino kraške vode v tej razvodni coni pa lahko le posredno oce-



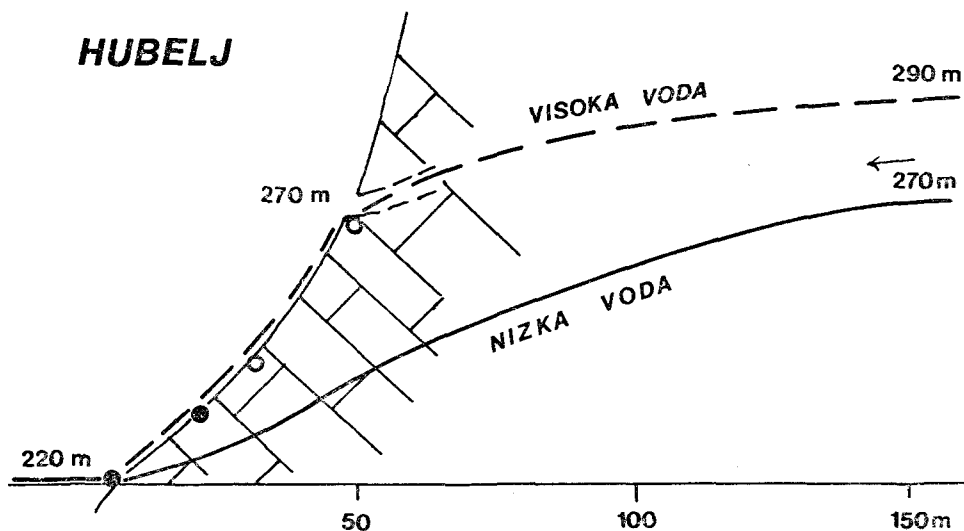
Sl. 12. Okrog 50 m visok slap pada le nekaj dni po večjem dežju iz jame Veliki Hubelj

Fig. 12. About 50 m high waterfall falling only few days after heavy rain from the cave Veliki Hubelj

nimo po legi in strmcih vzaledju Hublja ter površinska voda v porečju Idrije; ta vsekakor presega višino 300 m.

Gladina vode v Divjem jezeru in v Podroteji niha največ za 2 m, kar je posledica dobre prevodnosti izvirnih kanalov. Tudi v 4 km oddaljenem Habečkem breznu so jamarji ugotovili 21 m razlike med nizkimi in visokimi vodami (F. Habe, F. Hribar, P. Štefančič, 1955). Kakšne pa so razmere globlje v zaledju Podroteje, ni znano.

Precej bolj nihajo vode ob izviri Hublja. Nizke vode silijo iz ozkih špranj v višini okrog 220 m, visoke vode pa se prelivajo iz 50 m višjih, bolj razširjenih in 300 m v notranjost prehodnih votlin (slika 12). V izvorni jami Velikega Hublja smo dobrih 100 m v notranjost lahko ugotovili 48 m višjo gladino vode kot v izviri pri nizkem vodnem stanju. Sledovi visokih voda so v tem delu podzemlja 15–20 m višje od nizkih, kar pomeni, da se razlika med nizkimi in visokimi gladinami ne povečuje v notranjost in je največja tik ob izviru (slika 13). To je verjetno pogojeno s posebnimi geološkimi razmerami ob izviri Hublja, ki so z obeh strani v podlagi omejeni z nepropustnimi flišnimi plastmi. Flišni jez se na obeh straneh ob vznožju Trnovskega gozda strmo dviga in pri Colu sega že nad 600 m, pri Vodica pa celo prek 1000 m. Razmeroma visoko se povzpne tudi na zahodni strani proti Čavnu, kjer je pri Predmeji že v višini okrog 800 m (L. Placer, J. Čar, 1974). Višina flišnega jezu še ne pomeni, da se tako visoko dvigne tudi gladina kraške vode v zaledju Hublja. Toda razvodje proti Lijaku in Mrzleku mora biti znatno nad tem izvirom, ker bi sicer del voda iz njegovega zaledja odtekal proti zahodu, ob nizkih vodah bi se tedaj Hubelj še bolj posušil. Razmerje med nizkimi in visokimi vodami je zdaj v mejah sorodnih izvirov ob vznožju visokega krasa (P. Habič, R. Gospodarič, 1972).



Sl. 13. Nizka in visoka voda v izviri Hublja nad Ajdovščino
Fig. 13. Low and high water in Hubelj spring above Ajdovščina

Kraške vode iz Banjske planote in zahodnega predela Trnovskega gozda odtekajo predvsem v izvire Mrzleka ob Soči nad Solkanom. Razporejeni so v kraški dolini Soče med Skalnico in Sabotinom na razdalji okrog 500 m, kjer priteka voda iz 13 špranj na obeh straneh Soče, najmočnejša pa sta izvira na desnem bregu, čeprav je poglavitno zaledje na levi strani (P. Habič, 1982). Vodna gladina je v izvirih pred zaježitvijo Soče za HE Solkan nihala skladno s Sočo in z dotoki iz kraškega zaledja. Soča ima namreč po naravi nekoliko drugačen vodni režim, ker dobiva pretežni del vode iz južnega obrobja Julijskih Alp, poleg tega pa na njeno gladino vplivata dve vzvodni pretočni elektrarni, Doblar in Plave. Ob nizkih vodah Soče in Mrzleka je bila gladina kraške vode odvisna od delovanja elektrarn, ob visokih vodah pa se je kraška voda različno dvignila nad gladino Soče, razlika je znašala tudi do 7 m. Tako je v zajetju za goriški vodovod zabeležena najnižja gladina na 57 m, najvišja pa na 72 m.

Z barvanjem je bilo dokazano raztekanje Čepovanskega potoka v zaledju Mrzleka proti severu v Hotešk ob Idrijci in proti zahodu v Avšček (P. Habič, 1982). Takšne hidrološke zveze so bile ugotovljene ob izrednih razmerah, ko so po močnem deževju površinske in podzemeljske vode nenadoma zelo narastle. Nizek položaj Mrzleka pomeni najnižjo vrzel v vsem obrobju visokega krasa med Idrijco, Sočo in Vipavo, zato je razumljivo, da so tja usmerjene kraške vode iz obsežnega zaledja, nenavadno pa je, da se iz istega zaledja odtekajo vode hkrati v prav nasprotni smeri.

Poseben položaj v zaledju Mrzleka ima občasen bruhalnik Lijak ob neposrednem vznožju Trnovskega gozda, kjer se visoke vode prelivajo na površje v višini okrog 105 m, kmalu po dežju pa izvir povsem presahne. Po hidrogeoloških razmerah sklepamo, da nizke vode iz njegovega zaledja odtekajo proti Mrzleku, ko se gladina kraške vode zniža pod prelivni rob. Koliko pa naraste gladina ob visokih vodah še globlje v notranjost Trnovskega gozda, ni znano, prav tako pa tudi še ne vemo, koliko se zniža gladina vode pod prelivni rob Lijaka. Po visokovodnem strmecu med Mrzlekom in Lijakom sklepamo, da so kraške vode pod Trnovskim gozdom in Čepovanom v višinah vsaj med 300 in 400 m, kar seveda omogoča odtok v izvire Avščka v višini 195 m in Hoteška v višini 220 m.

RAZPRAVA IN SKLEPI

Znanje o dejanski razporeditvi vode v krasu se torej postopno izpopolnjuje. Znano je, da se voda pretaka na različne načine, kar je odvisno od količine in hitrosti prenikanja padavin s površja v podzemlje ter od pretoka voda skozi kras iz sosednjih kraških ali nekraških predelov. Poleg količine in izvora vode vpliva na način pretakanja zlasti geološka zgradba ter sekundarna kraška prevotljenost in prepustnost kamnin. Ti dve lastnosti sta odvisni od vrste kamnin, njihovega položaja ter stopnje zakraselosti. Hidrogeološke značilnosti se v krasu menjavajo in oblikujejo različne enote. Tudi v povodju Ljubljanske je več hidrogeoloških enot s svojstvenimi hidrološkimi razmerami, v katerih je gladina kraške vode v različnih višinah in se različno spreminja.

Podatki o nihanju vodne gladine v kraškem podzemlju so zanimivi, saj odražajo pomembne hidravlične lastnosti krasa. Gladina kraške vode v sploš-

nem označuje cono največjega pretakanja in izvotljevanja. Znanje o razporeditvi vodne gladine pomaga pri ugotavljanju glavne smeri odtoka, nakazuje hidravlični gradient, napajalno in odtočno območje. Iz podatkov o nihanju vodne gladine sklepamo na splošno stopnjo prepustnosti. Sezonsko nihanje gladine je pogojeno s prepustnostjo krasa in je bolj posredno odvisno od padavin, periodično nihanje pa je neposredno povezano s padavinami. Znani so tudi mešani sistemi, kjer na nihanje vplivajo padavine in dotok vode iz širšega zaledja. Nihanje je tudi lokalno različno omejeno, znana je zelo različna intenzivnost nihanja po nalivih. Za ugotavljanje vseh teh značilnosti krasa po posameznih območjih so potrebne obsežne meritve, opazovanja in stalna beleženja gladine. Za izrabo kraških voda in tudi za razumevanje medsebojnih zvez ter odtočnih smeri se nam zdi pomembno zlasti poznavanje razporeditve vodne gladine v krasu ob suši.

Po razpoložljivih podatkih smo pregledali razporeditev in nihanje vodne gladine v krasu med Ljubljanskim barjem, Idrijco, Vipavo in Notranjsko Reko, Timavom in Rižano. Največ podatkov izhaja iz kraških jam, saj globokih vrtin v zaledju kraških izvirov Ljubljanice, Idrijce in Vipave ni. Prikazana podoba je nedvomno zelo splošna in marsikje pomanjkljiva, oprta delno na domnevne najnižje vodne gladine (slika 14).

Ob koncu praznjenja kraškega podzemlja, ki navadno traja od pomladi še v pozno poletje ter se zaključi z nastopom jesenskega deževja, je gladina kraške vode ob izvirih Ljubljanice le malo pod 300 m n. m. v. Najnižja je ob podzemeljskih tokovih, ki napajajo izvire Bistre in Ljubljanice, proti dolomitnemu obrobju pa se na obe strani dviga. To potrjuje tudi višina gladine v izvirih Hribskega potoka, ki je više od gladine v Močilniku. Z barvanjem je dokazano tudi zatekanje vode iz območja Logaških Rovt proti Ljubljanici in Lubiji. Gladina kraške vode se proti Planinskemu polju povzpne za okrog 100 m in v isti višini je tudi v delu Hrušice onkraj idrijskega preloma, kar sklepamo po vodnih razmerah v Grudnovem breznu, Gradišnici in Najdeni jami ter Logarčku (P. Habič, 1976). Ujete vode v teh jamah ostanejo nekaj nad gladino prave kraške vode. Dolomit ob idrijskem prelomu med Planinskim poljem in Cerkniskim jezerom vpliva na stopnjasto razporeditev kraške vode. Pod Logaškim ravnikom se gladina verjetno bolj enakomerno dviga in ostane precej pod dolomitnim dnom Cerkniskega polja, ki sicer uravnava gladino vode v Javornikih.

Posebna hidrogeološka enota z višjo gladino kraške vode se razteza vzhodno od Cerkniskega jezera, od Slivnice proti Blokam in Racni gori. Tam se gladina kraške vode ne zniža pod 560 m, kar nakazujejo izviri Žerovnice, Štebrščice ter vode v Mrzli in Križni jami. Hidroizohipsa 550 m sega verjetno pod Loško polje, saj je v Golobini pri Danah nizka voda na koti 542 m in se onkraj idrijske prelomne cone nadaljuje v Snežniški masiv.

Gladina kraške vode v Javornikih je ob izvirih Unice in Malenščice nekaj nad 450 m n. m. v. Glede na vodne razmere v Postojnski jami, Planinski jami, v Rakovem Škocjanu in v Karlovcih ter Svinjski jami sklepamo, da pod Javorniki prevladujeta dve ali celo tri odvodne smeri. Gladina kraške vode je verjetno napeta v osrednjem delu Javornikov in se znižuje na obe strani, proti Pivki in proti Cerkniskemu polju. Ob teh robovih se gladina znižuje pod

Javornike, ni pa še pojasnjeno, ali napajata Malne dva tokova, s postojnske in cerkniške strani, ali enotni tok pod Javorniki. Možno je tudi prelivanje ob visokih vodah proti Pivki in ob nizkih proti Cerknici.

Poseben odtočni sistem kraške vode predstavljata Postojnska jama in Pivški rokav Planinske jame, kjer se oblikuje ločen tok, ki po sedanjem poznavanju razmer ni neposredno povezan z odtokom javorniških voda v Malne. Podatki o gladini vode v Kobiljih grižah, pri Stari vasi, pri Žejah in v Matijevi jami na Palškem jezeru kažejo, da se gladina kraške vode ob Pivki zniža za več kot 20 m pod prelivni rob in dolino Zgornje Pivke, tako da šele pri Zagorju ostaja na koti okrog 550 m. Med Zagorjem in Knežakom je podzemno razvodje, kjer se del voda usmerja proti Podstenjščku, del pa proti Bistrici, kamor se gladina kraške vode zniža za dobrih 100 m. Domnevamo, da se zadržuje vodna gladina v osrednjem hrbtu Javornikov in v Snežniku v višini nad 650 m. Žal pa ta predel speleološko še ni toliko raziskan, da bi prišli v njem do kraške vode.

Zanimiva je tudi razporeditev kraške vode v sosednjih povodjih. Na razvodju z Notranjsko Reko in Vipavo je posebna hidrogeološka enota Slavenskega krasa s Košansko dolino in Vremščico. Voda se pri Neverkah zniža pod prelivni rob Sušice za več kot 100 m in je ob suši v jami Gabranci, iz katere izvira Sušica, pod 292 m n. m. v. V Škocjanskih jamah in v Kačni jami pa se gladina zniža pod 150 ali celo 100 m n. m. v.

V Labodnici pri Trebčah je najnižja gladina 12 m nad morjem. V zaledju izvirov Timava, ki so že pod vplivom plimovanja, se pri Brestovici ne zniža pod 2 m, dvigne pa se pri Klaričih do 7 m, pri Brestovici pa do 16 m. Ker je nizka gladina v Doberdobskem jezeru višja kot pri Brestovici, domnevamo, da jezero dobiva skozi Kras soško podtalnico. S tem se skladajo tudi kemične in temperaturne značilnosti izvirov med Moščenicami in Doberdobskim jezerom. H kraški podzemeljski vodi v tem predelu nekaj prispeva tudi Vipava, ki zateka v kras med Mirnom in Sovodnjami.

V zaledju Rižane in Osapske Reke so vodne razmere še razmeroma malo znane. V izviru Rižane bolj nihajo pretoki kot gladina, v Osapski jami pa niha gladina za več kot 50 m, ko izvir na višini okrog 100 m presahne, majhno pa je nihanje v Boljuncu. V Matarskem krasu so podzemeljske vode dosegljive v ujetih sifonih brkinskih ponikalnic, v različnih višinah med 380 in 500 m. Stalen tok je dosegljiv le v Dimnicah na 470–450 m, gladina kraške vode pa se verjetno stopnjasto znižuje pod Slavnikom proti Rižani do višine okrog 70 m. Razvodje med Timavom in Rižano v Kozinskem krasu še ni pojasnjeno, možno pa je delno prelivanje brkinskih in slavniških voda proti Labodnici in Timavu.

O razporeditvi kraške vode v zaledju Vipave pod Nanosom in Hrušico ni na voljo koristnih podatkov. Verjetno se gladina kraške vode postopoma vzpenja od izvirov Vipave, kjer je v višini okrog 100 m, do 400 m ob ponornem robu pri Predjami. Po vodnih razmerah v Predjami ter v Jami v Grapi sodeč se proti Belskem kraška voda še bolj dvigne. Ponorna jama Lokve ima sifon v višini 427 m, vendar je tam voda verjetno ujeta. V Jami v Grapi se ponikalnica zniža od 506 m pri vhodu, na 492 m v odtočnem sifonu. V Severjevi dvo-

rani v Predjami pa je stalni potoček v višini 456 m (F. H a b e, 1970; 1976). Gladina kraške vode se strmeje vzpenja proti dolomitu Zagore, kjer je nezna-no razvodje med vodami Vipave in Ljubljani vsaj nad 550 m.

Podzemno razvodje v Hrušici ni jasno opredeljeno. Pravo razvodno vlogo ima verjetno flišna cona, ki se od Cola mimo Podkraja in Vodic vleče proti Lomem (L. P l a c e r, J. Č a r, 1974). Tam je fliš propusten in vode ponikajo v zakrasele apnenice. Gladina kraške vode je nekoliko višja v dolomitu četrtega pokrova, kjer so nad Črnim Vrhom manjši prelivni studenci. Kraška voda v območju Črnovrške planote visi proti Divjem jezeru in Podroteji, kjer jo zadržuje dolina Idrijce v višini nekaj nad 300 m, pa tudi proti Hublju, kot potrjujejo sledenja (P. H a b i č, 1984). Gladina kraške vode ostaja pod dolino Zale, ki izgublja vodo v lastni strugi tam, kjer je zarezana v kredne apnenice. Z dolomitnega krasa okrog Godoviča in Hotedršice ponikujejo vsi potoki, ko zadenejo na kredne apnenice, ki leže pod triasnimi dolomiti in skrilavci. V apnencih pod dolomitnim pokrovom je razvodje med Idrijco in Ljubljano, kot so pokazala barvanja (UWT, 1976). V predelu med Hotedrščo, Rovtami in Logatcem je svojstveno kraško območje, kjer se del voda površinsko odteka do glavnih ponorov, del voda pa neposredno pronica v zakraselo podlago. Gladina kraške vode je v tem predelu ponekod v dolomitu, drugod v apnencih, zato je verjetno še bolj razčlenjena kot v sosednjih pretežno apnenčastih kamninah. Višina gladine ni znana, domnevamo pa, da je nekaj višja kot pod Logaško planoto.

V krasu med Idrijco in Vipavo, to je v zaledju izvirov Hublja, Lijaka in Mrzleka podzemeljska voda ni dosegljiva. Poleg padavin jo uravnavajo izviri, ki so razporejeni različno visoko ob stiku apnencev in fliša. Hubelj in Mrzlek imata verjetno ločeno zaledje, Lijak pa deluje le po močnejšem deževju, ko se gladina v zaledju Mrzleka dvigne do prelivnega roba v višini okrog 100 m. Po sledenju Čepovanskega potoka, ko se je barva pojavila v izviri Hotiška ob Idrijci, ob Avščku na zahodu in v Mrzleku na jugu, sklepamo, da je nizka gladina kraške vode v osrčju Trnovskega gozda in Banjske planote nekako v višini med 200 in 300 m, da se lahko razteka na tri strani.

Na razpored in nihanje kraške vode vplivajo splošne hidrološke značilnosti, ki jih narekuje obseg in položaj zaledja ter razporeditev izvirov na obrobju krasa. Pomembne pa so tudi notranje lokalne, delne ali popolne zaježitve, ki jih predstavljajo litološke in zgradbene enote, še posebno, če se tektonsko premikajo. V manjši meri, vendar ne brez občasno pomembnih posledic, vplivajo na razporeditev, nihanje in zastajanje kraških voda tudi sekundarni kraški pojavi, kot so udori in podori v podzemeljskih rovih. Pomembno vlogo imajo rečne naplavine, ki jih površinske vode prinašajo z nepropustnega sosedstva in jih odlagajo v kraškem podzemlju, s čimer zmanjšujejo prevočnost in prepustnost krasa. Umetno zadrževanje in uravnavanje režima kraških voda je v Notranjskem in Primorskem krasu Slovenije razmeroma skromno. Nekdaj je bilo pomembno lokalno zajezevanje kraških izvirov od 1 do 2 m višine za izrabo vodne energije. Novejši pa so poskusi uravnavanja kraškega vodnega režima z zajezevanjem ponorov na Cerkniskem polju. S človekovimi posegi ob izviri ali ponorih pa ni mogoče bistveno vplivati na celotne vodne razmere v krasu (P. H a b i č, 1974).

Speleološke raziskave med Postojno, Planino in Cerknico (I. Gams, 1965; R. Gospodarič, 1976) pa tudi na Cerkniškem jezeru (R. Gospodarič, P. Habič, 1979) in na Planinskem polju (R. Gospodarič, 1982; F. Šušteršič, 1982), v Škocjanskih jamah (R. Gospodarič, 1984) in drugod po Notranjskem in Primorskem krasu so prispevale dragocene podatke o razporeditvi vodne gladine, hkrati pa so osvetlile tudi razvoj jam in speleološka dogajanja v mlajšem kvartarju. V geološki preteklosti so se vodne razmere v kraškem podzemlju večkrat spremenile. Občasno so bile poplavljene sedanje suhe jame, v katerih so odložene debele plasti poplavnih ilovic ali celo prod. Obratno pa so bili tudi nekateri današnji vodni rovi vsaj občasno suhi in so se v njih odlagale sige. Ponekod sedanje poplavne vode dosežejo starejše prostornejše rove. V njih vode zastajajo in odlagajo plavje, pričakovali pa bi, da po njih hitreje odtekajo. Starejši rovi tako ne prispevajo k večji prepustnosti krasa, omogočajo le večjo občasno podzemeljsko akumulacijo. Omejena prepustnost ali maksimiranost podzemeljskega pretakanja (I. Gams, 1970) se ne sklada z večjo izvotljenostjo krasa v višjih conah. Prepustnost starejših prostornejših rogov je delno omejena s podori, kot se lahko prepričamo ob podzemeljski Pivki, Raku in Notranjski Reki. Poglavitni vzrok sprememb v prepustnosti kraškega podzemlja pa je verjetno v mladi diferencirani tektonski dinamiki strukturnih enot, kar se odraža tudi v reliefu (P. Habič, 1982 a; 1984 a). Neotektonika ustvarja v kraškem podzemlju vedno nove hidrogeološke razmere, ki se jim podzemeljske vode različno prilagajajo. V grezajočih se blokih si vode utirajo pota nad starejšimi rovi, ki so ponekod tudi zasuti z naplavinami. V dvigajočih se kraških enotah pa vode iščejo nove razpoke in špranje ali pa poglobljajo svoja stara korita. Neskladni večji strmci na izvirni strani kraških in drugih tektonskih kotlin ter bolj izravnani strmci na ponorni strani se s tem skladajo. Kjer podzemeljske vodne poti še niso prilagojene sedanjim hidrološkim razmeram, se pojavljajo večja nihanja vodnih gladin, bodisi ob izvirih, ali ponorih, pa tudi lokalno v vmesnih predelih. Nerazvite podzemeljske vodne poti so tudi v predelih, kjer je zaradi intenzivnejše erozije nepropustnega kraškega obrobja preusmerjen odtok podzemeljskih voda v drugo porečje. Takšne so razmere zlasti na črnomoško-jadranskem razvodju.

V krasu s stopnjasto razporejeno vodno gladino, kar je posledica omejene kraške in razpoklinske prepustnosti, so zmanjšane možnosti za učinkovit zajem statičnih pa tudi dinamičnih vodnih rezerv s črpalnimi vodnjaki. Dinamične vodne rezerve pa niso razporejene samo v coni nihanja vodne gladine, ampak tudi v nezalitem krasu nad stalno gladino, kjer se po razpokah in špranjah še dolgo po dežju preceja s površja deževnica, ki stalno hrani kraško vodo.

LITERATURA

- Avdagić, I., N. Preka, N. Preka-Lipold, 1976; Sodium chloride Tracing of the Pivka River Underground Flow. Papers 3rd SUWT, 9—16, Ljubljana.
- Bidovec, F., 1967: The Hydrosystem of Karstic springs in the Timavo basin. Hydrology of fractured rocks. Vol. 1, 263—274, AIHS -Unesco, Louvain.
- Boegan, E., 1938: Il Timavo — Studio sull'idrografia Carsica subaerea e sotterranea. 1—125, Trieste.
- Breznik, M., 1962: Akumulacija na Cerkniškem in Planinskem polju. Geologija, 7, 119—149, Ljubljana.
- Breznik, M., 1983: Večnamenska akumulacija Cerkniškega jezera. Gradbeni vestnik 32/1, Ljubljana.
- Cvijić, J., 1918: Hydrographie souterraine et evolution morphologique du Karst. Recueil des Travaux de l'Institut de Geographie Alpine. T. VI, fasc. 4, Grenoble.
- Gams, I., 1965: H kvartarni geomorfogenezi ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerkniškim poljem. Geogr. vestnik XXXVII (1965) 61—101, Ljubljana.
- Gams, I., 1965a: Aperçu sur l'hydrologie du karst Slovène et sur ses communications souterraines. Naše jame, 7, 51—60, Ljubljana.
- Gams, I., 1966: K hidrologiji ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerkniškim poljem. Acta carsologica, 4, 5—50, Ljubljana.
- Gams, I., 1970: Maksimiranost kraških podzemeljskih pretokov na primeru ozemlja med Cerkniškim in Planinskim poljem. Acta carsologica, 5, 171—187, Ljubljana.
- Gospodarič, R., P. Habač, 1966: Črni potok in Lekinka v sistemu podzemeljskega odtoka iz Pivške kotline. Naše jame VIII, (1968), 12—32, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1968: Nekaj novih speleoloških raziskav v porečju Ljubljanič leta 1966. Naše jame 9 (1967), 37—44, Ljubljana.
- Gospodarič, R., F. Habe, P. Habič, 1970: Orehovski kras in izvir Korentana. Acta carsologica 5, 95—108, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1976: Razvoj jam med Pivško kotlino in Planinskim poljem v kvartarju. Acta carsologica 7, 5—139, Ljubljana.
- Gospodarič, R., P. Habič et al., 1976: Underground Water Tracing Investigations in Slovenia 1972—1975. Institute Karst Research, p. 312, Ljubljana.
- Gospodarič, R., Habič, P., 1979: Kraški pojavi Cerkniškega polja. Acta carsologica 8 (1978), 7—162, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1982: Morfološki in geološki položaj kraških votlin v ponornem obrobju Planinskega polja. Acta carsologica 10 (1981), 157—171, Ljubljana.
- Gemiti, F., 1981: Nuove esplorazioni e indagini idrochimiche alle risorgive del Timavo. Att. del 5° Convegno Regionale di Speleologia del Friuli-Venezia Giulia, 161—176, Trieste.
- Gézé, B., 1965: Le conditions hydrogeologiques des roches calcaires. Chronique d'Hydrogeologie, 7, 9—39.
- Géze, B., 1958: Sur quelques caractères fondamentaux des circulations karstiques. Ann. Spéléol., 13, 1—4, 5—22, Moulis.
- Grund, A., 1903: Die Karsthydrographie. Studien aus Westbosnien. Geogr. Abh., herausgegeben N.A. Penck, VII, 3, Leipzig, Berlin.
- Habe, F., 1937: Toplinski odnosi na izviri Ljubljanič. Geografski vestnik, 12/13, 53—61, Ljubljana.
- Habe, F., F. Hribar, P. Štefančič, 1955: Habečkov brezen. Acta carsologica 1, 25—39, Ljubljana.
- Habe, F., 1963: Hidrološki problemi severnega roba Pivške kotline. Treči jug. spel. kongres, 77—84, Sarajevo.
- Habe, F., 1970: Predjamski podzemeljski svet. Acta carsologica V, 5—94, Ljubljana.
- Habe, F., 1976: Morfološki, hidrogrfski in speleološki razvoj v studenskem flišnem zatoku. Acta carsologica 7, 141—213, Ljubljana.
- Habič, P., 1964: O podzemeljskih ledenikih na Nanosu. Naše jame 5 (1963), 19—29, Ljubljana.
- Habič, P., 1969: Javorniški podzemeljski tok in oskrba Postojne z vodo. Naše jame 10 (1968), 47—59, Ljubljana.

- Habič, P., R. Gospodarič, 1972: Die hydrologische Problematik und die Erkundung der Zusammenhänge Unterirdischer Wässer in Karst der Nordwest-Dinariden. Geol. Jb. C 2, 213—226, Hannover.
- Habič, P., 1974: Tesnenje požiralnikov in presihanje Cerkniškega jezera. Acta carsologica 6, 35—56, Ljubljana.
- Habič, P., 1975: Pivka in njena kraška jezera. Ljudje in kraji ob Pivki, 41—50, Postojna.
- Habič, P., 1976: Speleohydrological Investigations. Underground Water Tracing, 56—67, Ljubljana.
- Habič, P., 1976 a: Hidrogeološke značilnosti povodja Bele pri Vrhniki in problemi izrabe kraški voda za oskrbo. Acta carsologica, 7, 215—256, Ljubljana.
- Habič, P., 1976 b: Geomorphologic and Hydrographic Characteristics, Investigation in Ljubljana river basin 1972—1975. Underground Water Tracing, 12—27, Ljubljana.
- Habič, P., I. Kenda, 1981: Nekaj rezultatov speleološkega kartiranja Slovenije (Some results of speleological mapping in Slovenia). Osmi jugosl. spel. kongres, 45—49, Beograd.
- Habič, P., 1982: Kraški izvir Mrzlek, njegovo zaledje in varovalno območje. Acta carsologica, 10 (1981), 45—73, Ljubljana.
- Habič, P., 1982 a: Kraški relief in tektonika. Acta carsologica 10 (1981), 23—44, Ljubljana.
- Habič, P., 1983: Kraški izviri Vipave in njihovo zaledje. Acta carsologica XI (1982), 41—57, Ljubljana.
- Habič, P., M. Grauner, 1983: Hidrološki pregled Doberdobskega jezera. Tabor Doberdob 82", 62—64, Ljubljana.
- Habič, P., R. Gospodarič, A. Mihevc, F. Šušteršič, 1983: Moravska in Smokavska vala ter Jama pod Krogom. Acta carsologica, XI (1982), 77—97, Ljubljana.
- Habič, P., (1983) v tisku: Nenadni udori in hidrografska funkcija podorov v krasu. Simpozij »Čovjek i krš 83'«, Na. krš, Mostar.
- Habič, P., 1984: Strukturne enote visokega krasa med Vipavo, Idrijo in Ljubljano in njihove hidrografske značilnosti. Raziskave vodnih virov na Idrijskem, RCP Idrija, TOZD Atelje za projektiranje, Rokopis, Arhiv IZRK, Postojna, str. 26.
- Habič, P., 1984 a: Reliefne enote in strukturne matičnega Krasa. Acta carsologica, 12 (1983), 5—26, Ljubljana.
- Habič, P., R. Gospodarič, J. Kogovšek, 1984: Kraške in hidrogeološke značilnosti Košanske doline. Acta carsologica XII (1983), 67—89, Ljubljana.
- Jenko, F., 1959: Hidrogeologija in vodno gospodarstvo krasa. 1—237, DZS, Ljubljana.
- Jenko, F., 1959 a: Poročilo o novjših raziskavah podzemeljskih voda na Slovenskem krasu. Acta carsologica 2, SAZU, Ljubljana.
- Katzer, F., 1909: Karst und Karsthydrographie. Zur Kunde der Balkanhalbinsel, H.8, str. 93, Sarajevo.
- Kenda, I., 1984: Višinska izmera Kačne jame. Deveti jugoslavenski speleološki kongres, Zbornik predavanj, 411—416, Zagreb.
- Kogovšek, J., P. Habič, 1981: Preučevanje vertikalnega prenikanja vode na primerih Planinske in Postojnske jame. Acta carsologica IX, (1980), 128—148, Ljubljana.
- Krivic, P., A. Praprotnik, 1973: Jamsko potapljanje v Sloveniji. Naše jame, 14 (1972), 3—13, Ljubljana.
- Krivic, P., A. Praprotnik, 1975: Nove raziskave sifonov v porečju Ljubljane. Naše jame 17 (1974), 123—135, Ljubljana.
- Krivic, P., F. Drobne, 1979: Podzemna voda v Tržaško-Komenskem krasu. III. faza, letno poročilo 1978/79. Arhiv Geol. zav. Ljubljana, Tipkopis, Ljubljana.
- Krivic, P., 1982: Variations naturelles de niveau piézométrique d'un aquifère karstique. Naravna nihanja gladine podtalnice kraškega vodnosnika. Geologija 25/1, 129—150, Ljubljana.

- Krivic, P., 1982 b: Transmission des ondes des marée à travers l'aquifère côtier de Kras. Razširjanje valov plimovanja skozi obalni vodonosnik Krasa. *Geologija*, 25/2, 309—325, Ljubljana.
- Krivic, P., 1983: Interpretation des essais par pompages réalisés dans un aquifère karstique. Obdelava črpalnih poskusov v kraškem vodonosniku. *Geologija*, 26, 149—186, Ljubljana. Slov. povz. 184—185, Študija hidrodinamike kraškega vodonosnika.
- Lehmann, O., 1932: Die Hydrographie des Karstes. *Enzyklopädie der Erdkunde*, str. 1—212, Leipzig, Wien.
- Mangin, A., 1975: Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. *Ann. Spéléol.* 29, 30, Moulis.
- Michler, I., 1955: Rakov rokav Planinske jame. *Acta carsologica*, I, 73—90, SAZU, Ljubljana.
- Michler, I., F. Hribar, 1959: Prispevek k poznavanju podzemeljske Pivke. *Acta carsologica SAZU*, 2, 157—159, Ljubljana.
- Mihevc, A., 1984: Kačna jama. Deveti jugoslavenski speleološki kongres, Zbornik predavanj, 417—422, Zagreb.
- Novak, D., 1970: O barvanju v Križni jami. *Geogr. vestn.* 31, (1969), 75—88, Ljubljana.
- Perko, A. G., 1909: Die Tropfstein und Wasserhöhle Dimnice (Rauchgrotte) bei Markovsina in Istrien (Österreich). *Mitt. geogr. Gesell. in Wien*, 52, Wien.
- Placer, L., J. Čar, 1974: Problem podzemeljske razvodnice Trnovskega gozda, Križne gore in Črnovrške planote. *Acta carsologica*, VI (1974), 79—93, Ljubljana.
- Ravnik, D., 1975: Električno sondiranje vzdolž trase avtomobilske ceste prek Ljubljanskega barja. *Geologija*, 18, 335—338, Ljubljana.
- Sušteršič, F., 1982: Morfologija in hidrografija Najdene jame. *Acta carsologica* 10, (1981), 127—155, Ljubljana.

WATER TABLE IN SLOVENE KARST OF NOTRANJSKO AND PRIMORSKO**Summary**

According to available speleological data distribution and oscillations of water table in karst among Ljubljansko barje, Idrija, Vipava, Notranjska Reka, Timavo and Rižana were examined. The majority of data derived from karst caves as there are no bore holes in the background of karst springs of Ljubljana, Idrija and Vipava. Without doubt the presented picture is very general and many places insufficient, partly based on the supposed lowest water tables (Fig. 14).

At the end of the karst underground emptying, lasting usually from the spring to the late summer and finishing with autumn precipitations, the karst water table of Ljubljana springs lies little under 300 m above the sea level. The lowest point is along the underground streams feeding Bistra and Ljubljana springs and is lifted towards dolomite border on the both sides. This is ascertained by the water level in Hribski potok spring, lying higher than the table in Močilnik. By the water tracing the water streams from the region of Logaške Rovte towards Ljubljana and Lubija were proved, but not the opposite. Towards Planina polje the karst water table increases for about 100 m, remaining in the same altitude also in the part of Hrušica on the other side of Idrija fault what has been inferred by the water conditions in Grudnovno brezno, Gradišnica, Najdena jama and Logarček (P. Habič, 1976). In these caves the caught waters remain a bit above the table of the real karst water. The dolomite along the Idrija fault between Planina polje and Cerknica lake controls the gradual distribution of karst water. Presumably under Logaški ravniki the level is lifted evenly and remains a under the dolomite bottom of Cerknica polje which otherwise controls the water table in Javorniki.

A special hydrogeological unit with higher karst water table lies east from Cerknica lake, from Slivnica towards Bloke and Racna gora. There the karst water table does not lower under 560 m, shown by the springs of Zerovnica, Stebršica and by water in Mrzla and Križna jama. The hydro-contour line 550 m extends under Loško polje presumably as in Golobina near Dane the low water is on 542 m, continuing on the other side of Idrija fault zone into Snežnik massif.

The karst water table in Javorniki near the springs of Unica and Malenščica is a bit above 450 m a.s.l. Regarding the water conditions in Postojnska jama, Planinska jama, Rakov Škocjan and in Karlovica as well in Svinjska jama we infer that under Javorniki there are two or even three outflow directions. The karst water table is possibly tightened up in the central part of Javorniki and lowered on both sides towards Pivka and towards Cerknica polje. At these borders the level lowers under Javorniki, but it is not yet clear whether the springs in Malni are fed by two streams, from Postojna and Cerknica, or by the uniform stream from Javorniki. Peak-flow towards Pivka and lower flow towards Cerknica remain possible.

A special outflow system of karst water is presented by Postojnska jama and Pivka branch in Planinska jama where separated flow is formed without direct connection with Javorniki flow towards Malni as far as is now known. The data on water table in Kobilje griže, near Stara vas, Žeje and in Matijeva jama on Palško jezero show that the karst water table along Pivka lowers for more than 20 m under the outflow border at the valley of Upper Pivka and thus near Zagorje it remains on Hill 550 m only. Between Zagorje and Knežak there is underground watershed, a part of waters being directed towards Podstenjšček and a part towards Bisrica where the karst water table lowers for more than 100 m. We suppose that in the central Javorniki ridge and in Snežnik the water table remains on 650 m. Unfortunately this part is speleologically not yet explored as far as to reach the underground karst water.

The distribution of karst waters in neighbour river basins is interesting too. On watershed between Notranjska Reka and Vipava there is special hydrogeological unit of Slavina karst with Košana valley and Vremščica. Near Neverke the water lowers under the Sušica valley for more than 100 m and we find in the cave Gabranca under 292 m a.s.l. At high waters Sušica spring flows from it in the

altitude of 415 m. In Škocjanske jame and in Kačna jama the water level lowers to 150 or 100 m above the sea level, while at floods it increases in Kačna jama up to 260 m and in Škocjanske jame even to 344 m.

In Labodnica near Trebče the lowest level is 12 m above the sea, and the highest 110 m. In the background of Timavo springs, where the influence of high tide is already felt, near Brestovica the level does not lower under 2 m, but increases near Klariči up to 7 m and near Brestovica to 16 m. As the low water table in Doberdob is higher than near Brestovica we suppose that the lake is fed by Soča groundwater through the Kras. Chemical and temperature properties of springs between Moščenice and Doberdob lake correspond as well. In this region also Vipava contributes to karst underground water infiltrating into Kras between Miren and Sovodnje.

In the background of Sežana and Osapska reka the water conditions are relatively badly known. In Rižana spring the discharges have greater oscillations than the level, being on the altitude about 70 m, in Osapska jama the water decreases for more than 50 m, when the spring on the altitude about 100 m dries up; small are the oscillations in Boljunec too. In Matarski kras the underground waters are accessible in caught siphons of Brkini sinking streams in different altitudes between 280 and 500 m. Permanent flow is accessible in Dimnice only on the altitude 470–450 m, and the karst water table probably gradually lowers under Slavnik towards Rižana. The watershed between Timavo and Rižana in Kozina karst is not yet explained but partial overflowing of Brkini and Slavnik waters towards Labodnica and Timavo and towards Rižana is possible.

About the karst water distribution in the background of Vipava under Nanos and Hrušica there are no useful data. Probably the karst water table gradually increases from Vipava springs, where it is on the altitude about 100 m to the 400 m on the ponor edge near Predjama. According to water conditions in Predjama and Jama v Grapi the karst water increases towards Belsko. The ponor cave Lokve has a siphon in the altitude 427 m but probably the water is caught there. In Jama v Grapi the sinking stream lowers from 506 m near the entrance to 492 m in the outflow siphon. In Sever Hall in Predjama the permanent brook flows on 456 m (F. Habe, 1970, 1976). The karst water table increases steeply towards the Zagora dolomite where the unknown watershed between Vipava and Ljubljana waters is above 550 m at least.

The underground watershed in Hrušica is not clearly defined. The real watershed role plays flysch zone probably extending from Col, Podkraj and Vodice towards Lom (L. Placer, J. Čar, 1974). The flysch is permeable there and waters sink into karstified limestones. The karst water level is somewhat higher in the dolomite of fourth nappe where above Črni vrh smaller outflow springs are found. Karst water in the region of Črni vrh plateau is directed towards Divje jezero and Podroteja where the Idrijca valley restrains it in the altitude above 300 m, but even towards Hubelj, proved by water tracing (P. Habič, 1984). The karst water table remains under the Zala valley losing the water in its own river bed there where it is cut into Cretaceous limestones. From dolomite karst around Godovič and Hotedršica all the brooks sink when reaching the Cretaceous limestones, underlying the Triassic dolomites and shales. In the limestones under dolomitic nappe the watershed between Idrijca and Ljubljana was proved by water tracing (SUWT, 1976). In the region among Hotedršica, Rovte and Logatec there is peculiar karst area where one part of waters superficially flows to the main ponors, while the other part sink directly into karstified base. The karst water table is in this region somewhere in dolomite, elsewhere in limestones thus it probably exists even in more branches than in the neighbour, mostly limestone rocks. The altitude of the table is not known, but we suppose that it is a bit higher than under the Logatec plateau.

In the karst between Idrijca and Vipava, that means the background of Hubelj, Lijak and Mrzlek springs, the underground water is not accessible. The precipitations and springs, distributed differently high on the contact of limestone and flysch, are controlling it. Hubelj and Mrzlek have probably separated catchment areas, Lijak is active after heavy rains only when the water table in Mrzlek background increases to the outflow border in the altitude of about 100 m. After the

water tracing of Čepovan brook, when the dyes were found in the springs of Hotešček near Idrija, in Avšček on west and in Mrzlek on south we conclude, that the low karst water table in the center of Trnovski gozd and on Banjšice plateau somewhere in the altitude between 200 and 300 m can flow to three different directions.

General hydrological properties, dictated by the size and situation of the catchment area and by distribution of springs on karst border are controlling the distribution and karst water oscillations. But internal, local, partial or complete dams, posed by lithological and structural units, specially if they are tectonically displaced, are important. In smaller degree but not without temporary important effects, even the secondary karst phenomena as are collapses and breakdowns in underground channels influence to distribution and oscillation of karst waters. An important role is played by alluvial sediments transported by superficial waters from impermeable vicinity and deposited in the karst underground decreasing the transmissivity and permeability of karst. Artificial daming and controlling of karst waters regime is rather modest in the karst of Notranjsko and Primorsko. Formerly local dams of karst springs, 1—2 m high were popular for water power exploitation. Experiments by daming the ponors on Cerknica polje are more recent. Intervention of man on springs or ponors cannot essentially influence to the entire water conditions in karst (P. Habič, 1974).

Speleological researches among Postojna, Planina and Cerknica (I. Gams, 1965; R. Gospodarič, 1976), but also on Cerknica lake (R. Gospodarič & P. Habič, 1979) and on Planina polje (R. Gospodarič, 1982; F. Sušteršič, 1982), in Škocjanske jame (R. Gospodarič, 1984) and elsewhere on Notranjsko and Primorsko karst contributed valuable data on distribution of water table and illustrated the caves development and speleological going on in Quaternary. In geological past the water conditions in the karst underground changed several times. Temporary the actual dry caves were flooded and thick layers of flood loams or even gravel were deposited. Otherwise some actual active channels were at least for some time dry and flowstones were deposited in them. Somewhere the actual waters reach older spacious channels.

In them the waters stay still and suspend material but we could expect that they flow through quickly. Thus older channels do not contribute to bigger karst permeability, they render possible bigger periodical underground accumulations only. The limited permeability or maximisation of the karst underground water flow (I. Gams, 1970) does not correspond to bigger karst cavernosity in higher lying zones. Permeability of other spacious channels is partly limited by breakdowns, as we can ascertain along the underground Pivka, Rak and Notranjska Reka. The main reason for changes in the karst underground permeability probably lies in young differentiated tectonic dynamics of structural units being reflected in the relief too (P. Habič, 1982 a, 1984 a).

Neotectonics produces in the karst underground always new hydrogeological conditions to which the underground waters differently react. Among the blocks the waters force their way above the old channels which are somewhere filled up by sediments. In lifted karst units waters choose new fissures and cracks or deepen their old river beds. Unconcordant big gradients on the spring side of karst and other tectonic basins and more levelled gradients on the ponor side correspond well. Where the underground water ways are not yet adapted to actual hydrologic conditions, bigger oscillations of water table occur, either at springs or at ponors but even in interjacent regions locally. Undeveloped underground water flows are found in the regions where the underground waters runoff is diverted into other river basin because of intensive erosion of impermeable karst border. Such conditions are found specially on Black Sea — Adriatic watershed.

In karst with gradually distributed water table, being the results of limited karst and fissure permeability, the possibilities for efficacious static and dynamic water reserves by pumping wells are diminished. But the dynamic water reserves are not distributed only in the phreatic zone of water table oscillations but also in vadose karst above the permanent level, where through fissures and joints precipitations percolate from the surface, feeding karst water permanently.