

**HIDROGEOLOGIJA IN KRAŠKI IZVIRI
V RAKOVEM ŠKOCJANU PRI POSTOJNI**

(z 8 SLIKAMI)

**HYDROGEOLOGY AND KARST SPRINGS IN RAKOV ŠKOCJAN
NEAR POSTOJNA**

(WITH 8 FIGURES)

**RADO GOSPODARIČ
JANJA KOGOVŠEK
MARJAN LUZAR**

SPREJETO NA SEJI
RAZREDA ZA NARAVOSLOVNE VEDE
SLOVENSKE AKADEMIJE ZNANOSTI IN UMETNOSTI
DNE 25. NOVBEMBRA 1982

VSEBINA

Izvleček — Abstract	22 (4)
UVOD	23 (5)
HIDROGEOLOŠKE RAZMERE RAKOVEGA ŠKOCJANA	24 (6)
HIDROLOGIJA KRAŠKIH IZVIROV	27 (9)
Prunkovec	27 (9)
Izvir v Biserjevem lazu	29 (11)
Izvir v Biserjevi ločici	29 (11)
Izviri v Burjevki	29 (11)
Kotliči	30 (12)
Studenec pod žago	31 (13)
Izviri v Farovski	31 (13)
Izvir Raka	34 (16)
FIZIKALNO-KEMIČNE LASTNOSTI IZVIROV PRI NIZKI VODI	35 (17)
FIZIKALNO-KEMIČNE LASTNOSTI POPLAVNE VODE	36 (18)
SKLEPI	37 (19)
LITERATURA	39 (21)
HYDROGEOLOGY AND KARST SPRINGS IN RAKOV ŠKOCJAN NEAR POSTOJNA (Summary)	40 (22)

Izvleček

UDK 551.49(497.12-14)

Gospodarič Rado, Janja Kogovšek, Marjan Luzar: Hidrogeologija in kraški izviri v Rakovem Škocjanu pri Postojni.

Acta carsologica 11 (1982), 19—40, Ljubljana, 1983, lit. 21

Razprava obravnava geološko zgradbo, kraške izvire in ponore v kraški depresiji med Cerkniškim in Planinskim poljem. Podrobno preučena struktura terena in sistemske fizikalnokemične meritve izvirne vode kažejo, da so hidrogeološko prevodne cone v zahodnem in vzhodnem obrobju depresije. Tu se pretakajo tokovi, ki ob srednjem in visokem vodostaju napajajo izvire v depresiji, sicer pa tečejo ob njej proti Planinskemu polju. Prevodnost in trdote izvirne vode se med letom spreminjajo skladno s pretoki in padavinami ter niso odvisne od temperature. Dobljeni rezultati dopolnjujejo dosedanje znanje o hidrogeologiji krasi med kraškimi polji Slovenije.

Abstract

UDC 551.49(497.12-14)

Gospodarič Rado, Janja Kogovšek, Marjan Luzar: Hydrogeology and karst springs in Rakov Škocjan near Postojna.

Acta carsologica 11 (1982), 19—40, Ljubljana, 1983, Lit. 21

The study deals with geologic structure, karst springs and ponors in the karst depression between Cerknica and Planina poljes. Terrain structure, studied in detail and systematical physico-chemical water measurements show that hydrogeologically transmissive zones are situated in the western and eastern depression border. There flow the streams feeding the springs in depression at medium and high water level, otherwise they flow along it towards Planinsko polje. Spring water conductivity and hardness change during the year corresponding to discharges and precipitations but they are not dependent on temperature. The received results complete the previous knowledge on the hydrogeology of karst among karst poljes in Slovenia.

Naslov — Address

Dr. Rado Gospodarič, znanstveni svetnik
Mgr. Janja Kogovšek, raziskovalni sodelavec
Marjan Luzar, tehnični sodelavec
Inštitut za raziskovanje krasi ZRC SAZU
Titov trg 2
66230 Postojna
Jugoslavija

UVOD

Povojne hidrogeološke interpretacije ozemlja Rakovega Škocjana so se sprva opirale še na geološko karto F. Kossmata (1905), kasneje (M. Breznik, 1963) pa že na izsledke kartiranja v zvezi z načrti o akumulacijah na sosednjih kraških poljih (M. Pleničar, 1953; M. Pleničar in D. Kerčmar, 1959). Po geološki karti list Postojna (1967) in njenem tolmaču (M. Pleničar, 1970) je območje Rakovega Škocjana zgrajeno v fosilno revnih apnenicah spodnje krede.

Pri speleološkem delu v Zelških jamah (R. Gospodarič, 1970) so bile med apnenci najdene plasti peščenega dolomita in apnene breče. Ker so ti manj vodopropustni vključki vplivali na oblike dostopnih podzemeljskih rogov, se je odprlo vprašanje ali so nanje vezane tudi hidrogeološke bolj ali manj prepustne bariere v obrobju kotline in številni izviri v kotlini sami. Pri speleološkem delu so bili kartirani tudi strukturni elementi, razpoke in prelomi ter različno usmerjene in nagnjene plasti. Analiziran je bil njih pomen pri usmerjenosti in oblikah podzemeljskih kanalov, ne pa tudi pri hidrogeoloških razmerah Rakovega Škocjana v celoti.

Vodne razmere Rakovega Škocjana so raziskovali speleologi v izvirnih Zelških jamah in ponorni Tkalci jami ter drugih tukajšnjih jamah. Njihove ugotovitve so delno objavljene (I. Gams, 1961; R. Gospodarič, 1970; P. Habič, R. Gospodarič, I. Kenda, A. Kranjc, 1975), delno pa še shranjene v zapisnikih jamarških klubov na Rakeku, v Postojni in Ljubljani. Pri teh raziskavah so bili uspešni tudi jamarji-potapljači, saj so v Tkalci jami preplavali sifone in za njimi odkrili skoraj 2 km dolg vodni rov, v Kotličih in Zelških jamah pa opravili več potapljaških poskusov, žal, brez pričakovanega uspeha, da bi se občutno približali sklepnim kanalom Velike in Male Karlovice, ponornima jamama Cerkniškega jamskega sistema.

Pri dosedanjih preučevanjih podzemeljskih voda med Cerkniškim in Planskim poljem so bili vedno upoštevani tudi nekateri kraški izviri in ponori Raka v Rakovem Škocjanu. Medtem ko so pri sledenjih pred letom 1941 Rakele občasno opazovali, ker je bil onstran meje (A. Šerko, 1946), so ga po osvoboditvi in v šestdesetih letih že vključili v hidrološko mrežo in temeljiteje opazovali (F. Jenko, 1959). Izvir Raka in Kotliča so posebej merili tudi pri raziskavah za 3. mednarodni simpozij o sledenju podzemeljskih voda, o čemer pričajo številne objave (H. Moser in sodelavci, 1976; J. J. Miserez, 1976; M. Zupan, M. Kolbezen, 1976; K. Žibrik, F. Lewicki, A. Pičnin (1976).

V zvezi z načrti o zaježitvah na sosednjih kraških poljih so bile podrobneje študirane podzemeljske zveze med požiralniki na Cerkniškem jezeru in izviri v Rakovem Škocjanu (I. Gams, 1966, 1970). Na podlagi sledenja in občasnih hidroloških ter hidrokemičnih analiz je I. Gams sklepal na manj propustni

coni v vzhodnem in zahodnem delu kotline ter na bolj propustno cono v osrednjem delu kotline. Ker bi naj bilo na te cone vezano tudi različno mešanje cerkniških in javorniških voda v odvisnosti od vodostajev, se je pokazala potreba tudi geološko dokazati njihov obstoj.

Po delni umetni zaježitvi Cerkniškega jezera l. 1969 so bili leta 1970 in 1971 izvedeni sledilni in hidrološki poskusi, ki so pokazali delno uspešno zaježitev, poleg tega pa posredovali tudi dosti hidroloških in hidrokemičnih podatkov o vodah ter hidrogeoloških lastnostih krasa v obrobju Rakovega Škocjana (R. Gospodarič, P. Habič, 1979). Ugotovljeno je bilo, da se voda med Jamskim zalivom in Kotlički pretaka niže (med 540 in 510 m) kot med Veliko Karlovico in Zelškimi jamami (med 550 in 520 m) ter da se vpliv toplejše in hladnejše vode, ki iz jezera odteka, izrazito odraža tudi v izvirih Rakovega Škocjana. Prva ugotovitev je speleološko in hidrogeološko zanimiva, ker govori za različno globoko zakrasevanje, ki zna biti tudi geološko pogojeno, druga ugotovitev pa odpira vprašanje, kakšne so fizikalno-kemične lastnosti izvirne vode v Rakovem Škocjanu med letom, ko je dotok iz jezera večkrat maksimalen, a tudi minimalen, ko tudi domnevni dotoki javorniških voda lahko vplivajo na kvaliteto izvirne vode. Poleg vzdolžnih hidroloških situacij za karakteristične vodostaje, kakor so uspešno pokazani v navedenih študijah, bi bilo koristno spoznati, kako se v tem pogledu med seboj razlikujejo ali ujemajo kraški izviri Rakovega Škocjana v daljšem časovnem obdobju, denimo enem letu pri različnih vodostajih ne glede na izvor vode. Poznavanje letnih karakteristik kraških izvirnov bi koristilo pri morebitnem ponovnem študiju hidroloških razmer v krasu med Cerkniškim in Planinskim poljem sedaj, ko jezero že več kot deset let deluje kot delno zaježeno.

Nekaj odgovorov na zgornja vprašanja smo poskušali dobiti s ponovno preučitvijo geoloških razmer neposrednega obrobja Rakovega Škocjana in izdelavo ustrezne hidrogeološke karte v merilu 1:5.000 ter s kontrolo tukajšnjih štirinajstih kraških izvirnov, ki smo jih med avgustom 1981 in julijem 1982, razen decembra 1981, približno vsakih 14 dni vzorčevali. Na terenu smo merili temperature in cenili pretoke, v laboratoriju pa analizirali prevodnost in trdote. Ugotovljene rezultate in probleme podajamo v tej razpravi.

HIDROGEOLOŠKE RAZMERE RAKOVEGA ŠKOCJANA

Tako kot predel med Cerkniškim in Planinskim poljem, je tudi Rakova dolina izoblikovana v apnencih spodnje krede. Kamnino sestavljajo drobnozrnati pretežno temnosivi apnenci, ki jih vidimo v cestnih usekih, v strmih skalnih stenah ob Raku, nadalje v udornicah in kraških jamah ter na zakraselem, z vrtačami posejanem površju. Med skladi apnenca se pojavljajo sedimentacijske apnene breče s peskastim dolomitnim ali apnenim vezivom. Obojne breče nastopajo v obliki skladov in podolgovatih leč, ki so do 10 m debele, z izjemo v osamelcu Farovke in zahodno od Velikega naravnega mostu, kjer znaša njih debelina tudi do 50 m. V primerjavi s stratigrafsko debelino apnenca je teh breč o območju Rakovega Škocjana komaj 5 % pa jim ne moremo pripisati večjega pomena pri oblikovanju doline ali pri razporeditvi izvirnov v njej.

Skladi vpadajo za največ 30° proti zahodu, jugozahodu in severozahodu. Zato imamo na vzhodni strani doline razgaljene stratigrafsko starejše kamnine kot na zahodni strani (slika 1).

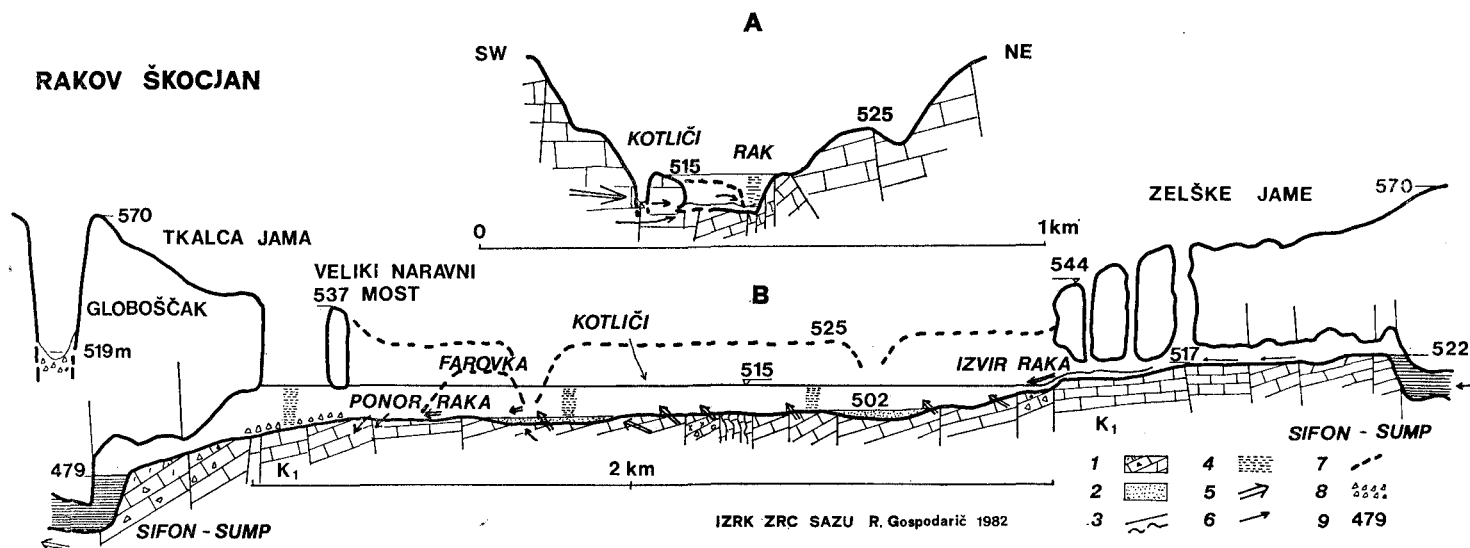
Skladi so na gosto prepreženi z vzdolžnimi in prečnimi razpokami, pa tudi z razpokami, ki potekajo od severa proti jugu ne glede na usmerjenost plasti (R. Gospodarič, 1970, 113). Te razpoke sestavljajo tako imenovane razpoklinske cone (J. Čar, 1982), ki na površju izstopajo kot skalni zidovi s številnimi škrapljami in jarki med nizi vrtač. To so kamnite cone brez prsti, kjer padavine brez zadrževanja hitro odtekaajo v podzemlje in šele tam bolj učinkovito korodirajo. Najbolj markantni takšni coni smo ugotovili med Rakovskim gričem na severu in Cerkniškim lazom na jugu terena ter v območju Velikega naravnega mostu. Obe coni se prepletata s prelomi tako, da obojne ruptures ni moč uspešno razlikovati.

Območje Rakovega Škocjana je prepreženo tudi s številnimi prelomi, ki jih označujejo različno vpadajoči skladi in tektonske breče. Najbolj izstopajo prelomi NNW-SSE smeri v tektonski coni med Farovskim lazom in Cerkniškim lazom, kjer je osrednji, najširši del doline. Morfološko dvojnost Rakove doline, ki jo je opazil že A. Šerko (1949), ko je vzhodni del imenoval Gornjo, zahodni del pa Spodnjo uvalo, ima zasnovo v tej strukturi, ki je tudi hidrogeološko pomembna, saj dosežejo izviri v Burjevki (5) in Kotliču (6) površje zahodno, izviri Biserjevega laza (3) in Biserjeve ločice (4) pa vzhodno od te cone. Vzporedno z navedeno cono potekajo prelomi v višjem obodu doline tako, da je zgradba sestavljena iz podolgovatih paketov apnenca. Ti paketi so nadalje presekani s prelomi NNE-SSW in N-S smeri, ki imajo zmične drsine in tudi leče tektonske breče. Takšni prelomi so bolj izraziti ob udornici Globoščak, med Rakovim gričem in Cerkniškim lazom ter v območju obeh naravnih mostov. Čez Cerkniški laz in Zelške jame se vleče dislokacija NE-SW smeri.

V navedeni množici ruptur ni mogoče izdvojiti posebej vodilnih, ki bi se ob njih pojavljali izviri. Prej bi lahko rekli, da kraška voda priteka v dolino skozi bloke neporušene kamnine med prelomi, kjer so prevodniki tudi pogostne lezike. Prevodne cone, dotočne in odtočne kanale v območju Rakovega Škocjana domnevamo tam, kjer so skladi usmerjeni od jugovzhoda proti severozahodu, se pravi tako, kot je s sledenjem ugotovljena splošna smer podzemeljskih tokov iz Cerkniškega jezera v Rakov Škocjan. Takšno hidrogeološko prevodno cono imamo južno od Cerkniškega laza, kjer se verjetno pretakajo tokovi, ki napajajo Kotlič.

Hidrogeološko situacijo dovodnih kanalov Raka pa lahko pobliže spoznamo v dostopnih Zelških jamah. Pri speleološkem opisu in na objavljenem načrtu te jame (R. Gospodarič, 1970) so že pokazani nekateri litološki podatki, ki jih tokrat lahko dopolnimo še z novjšimi najdbami na površju nad jamo.

Sifon Vodnega rova je ob dislokaciji NW-SE smeri, rov sam pa sprva rahlo vijuga proti severu ob razpoki N-S smeri tudi skozi plast dolomita, nato pa prečka prelom NE-SW smeri, da bi sledil proti zahodu usmerjenim lezikam. Nadalje prečka več prelomov NNW-SSE smeri in skozi neporušene bloke debeloskladnatega apnenca s strmcem 30° doseže vhodni del jame oziroma vzhodni začetek Rakove doline.



Sl. 2. Rakov Škocjan. A — prečni profil pri izvirih Kotliči, B — shematski vzdolžni profil kotline, 1 — skalno dno, 2 — naplavine, 3 — prelomi in tektonska cona, 4 — višina poplave 04.01. 1982, 5 — kraški izvir, 6 — smeri vodnih tokov, 7 — terase, 8 — podorne skale, 9 — nadmorske višine

Fig. 2. Rakov Škocjan Depression. A — cross section at Kotliči springs, B — schematic longitudinal section of the depression, 1 — rocky bottom, 2 — alluvions, 3 — faults and structure zone, 4 — flood height on January 4, 1982, 5 — karst spring, 6 — water flow directions, 7 — terraces, 8 — boulder rocks, 9 — altitudes

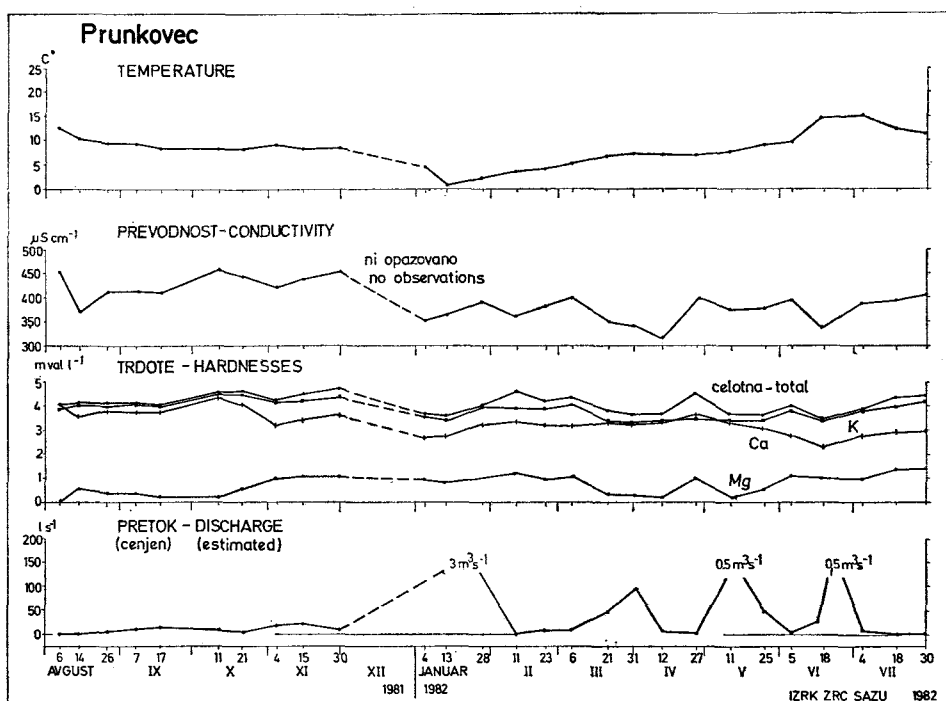
Rečemo lahko, da se podzemeljski Rak v Zelških jamah pretežno izogiba prelomom in ima najbolj široko strugo ohranjeno v neporušeni kamnini. Za suhe rove Zelških jam, ki so do zgornje polovice zasuti s sedimenti, in za nedosežne rove onkraj pritočnega sifona pa bo zanesljivejšo hidrogeološko situacijo možno povedati tedaj, ko bo v tem pogledu upoštevan tudi kras tja do Cerkniskega polja. V obravnavanem delu Rakovega Škocjana vsekakor ni geoloških ovir, ki bi bolj zadrževale pretok podzemeljskih voda kot denimo v osrednjem ali zahodnem delu doline.

Odvodni ali ponorni kanali Raka so na zahodni strani doline. Veliki naravni most je neporušeni del nekdanjega rova v antiklinalno izbočenih skladih med prelomoma NNE-SSW smeri. Skozi most in v ponore pred njim teče Rak v Tkalco jamo ob 5 % strmcu. Onkraj udornega kanjona ima Tkalca jama sprva širok in visok ponorni rov, ki pa se razčleni in zniža brž, ko se usmeri proti vzhodu v sklade sedimentacijske breče. Kakor je po načrtu, ki so ga izdelali potapljači, sklepati, pa je nadaljnji kanal onkraj sifona izdelan v sorazmerno manj porušenih blokih drobnoskladnatega apnenca. Kanal je usmerjen proti zahodu, verjetno vzporedno s pogostnimi prečnimi razpokami v skladih, ki so do 20° nagnjeni proti zahodu. Kjer se kanal približa pobočju vzpetine Korenine pa naenkrat ostro zavije proti severu v smer skladov tja do dosežnega končnega sifona, ki je od jamskega vhoda oddaljen v zračni črti okrog 1200 m in znižan za 30 m do kote 470 m. S hidrogeološkega stališča je zanimivo, da sta strmca podzemeljskega Raka na pritočni strani (v območju udornic Malega naravnega mostu) in odtočni strani (med Velikim naravnim mostom in prvim sifonom v Tkalci jami) za 10 do 20-krat večja kot strmec površinskega Raka v dolini (slika 2). To lahko pomeni, da ima površinski Rak svojo strugo v pleistocenskih naplavinah, ki še več metrov na debelo pokriva skalno dno, v predelih bolj nagnjenih pritočnih in odtočnih kanalov pa je ta naplavina že erodirana in zakraselo skalno dno vnovič razgaljeno. Geološka zgradba pa nakazuje tudi možno razlago, da se tokava Raka prilagaja različnemu dviganju in spuščanju zakraselih paketov med prelomi. Ker leže nadalje dotočni kanali in sifon v Zelških jamah okrog 20 m više, odtočni kanali s prvim sifonom v Tkalci jami pa okrog 20 m niže od struge Raka v uravnani dolini, se odpira tudi vprašanje, če ne gre v tem primeru za speleogenetsko različno stare rove, se pravi, da Zelške jame genetsko niso ekvivalentne Tkalci jami. Vsa ta vprašanja so povezana z geomorfološkim in speleogenetskim razvojem Rakovega Škocjana, ki pa jih bo treba še podrobneje preučiti, da bomo razumeli današnje hidrogeološke razmere.

HIDROLOGIJA KRAŠKIH IZVIROV

Pričakovati je bilo, da se bodo pokazane hidrogeološke razmere Rakovega Škocjana odrazile delno tudi v lokacijah kraških izvirov in v fizikalno-kemični sestavi izvirne vode. Zato pogledjmo, kje se izviri pojavljajo in kakšna voda je v njih izvirala v opazovalnem obdobju med avgustom 1981 in julijem 1982.

2 — Prunkovec sodi med najbolj znane kraške izvire na vzhodni strani Rakovega Škocjana. Med bližnjimi domačini slovi kot izvir z najboljšo vodo, ki nikoli ne presahne. Izvir je v skalnem zatrepu nad levim bregom Raka,



Sl. 3. Kraški izvir Prunkovec. Diagrami nekaterih fizikalno-kemičnih lastnosti izvirsne vode v opazovalnem obdobju med avgustom 1981 in julijem 1982, pojasnilo v tekstu

Fig. 3. Prunkovec karst spring. Diagrams of some physicochemical characteristics of spring water in the observation period between August 1981 and July 1982, explanations in the text

kjer so debeloskladnati apnenci in apnene breče prepleteni s prelomi NW-SE in N-S smeri. Voda stalno izvira iz skalne luknje, občasno pa tudi iz podornega pobočja in se zbira v strugi, ki se po 100 m steka k Raku. Po podatkih sledenja (I. Gams, 1966, 24; 1970, 197) se v izviru pojavlja voda iz bližnjega zaledja in le ob visoki vodi tudi iz Cerkniškega jezera.

V opazovalnem obdobju so temperature izvirsne vode enakomerno padale od 15 °C poleti na 2 °C pozimi in obratno, pretoki pa se spreminjali med 2 l/s pri nizkih in 500 l/s pri visokih vodostajih (slika 3). Pri poplavi v začetku januarja 1982 je bila izdatnost cenjena na okrog 3 m³/s. Prevodnost vode (v enoti µS cm⁻¹) je bila v prvi polovici leta nižja kot v drugi polovici. Trdote (1 mval l⁻¹ = 2,8 °N = 50 mg CaCO₃ l⁻¹) so se le malo spreminjale pri ustaljenem majhnem pretoku jeseni, mnogo bolj pa pri spremenljivem pretoku večji del leta. Videti je tendenco, da so trdote višje pri manjšem in nižje pri večjem pretoku.

Dne 18. 8. in 4. 7. 1982 smo merili zanimiv pojav, da je v stalnem nižje ležečem izviru pri pretoku 20 l/s bila voda za pol stopinje hladnejša kot voda,

ki je s 100 l/s pretoka izvirala više iz pobočja, pri čemer pa se trdote in prevodnost niso razlikovale. Tudi I. Gams poroča o istočasno različni temperaturi Prunkovca, vendar obratno, da je voda stalnega izvira toplejša za pol stopinje.. Če ni zamenjal meritev, potem gre v tem primeru za hidrološke razmere, ki se hitro spreminjajo v odvisnosti od pretokov, na kar je opozoril tudi I. G a m s (1963, 37).

3 — Izvir v Biserjevem laz (= pod hotelom, = za zajetje, = za vodovod) priteka stalno izpod skalnega roba pa tudi iz sosednjih špranj v robu samem, kadar je dosti vode. V opazovalnem obdobju smo cenili najmanj 0,5 l/s in največ nad 1000 l/s pretoka. Ob visoki vodi januarja 1982 je bil izvir poplavljen.

Pozimi je imela voda najmanj 3 °C, poleti največ 14 °C. Pri zelo spremenljivem pretoku sta prevodnost in celotna trdota nekoliko bolj variirali kot pri sosednjem Prunkovcu. Najnižji ($0,14 \text{ mval l}^{-1}$) in najvišji ($1,06 \text{ mval l}^{-1}$) Mg trdoti sta bili merjeni poleti in sta med najnižjimi v primerjavi z drugimi izvirnimi vodami na južni strani Rakovega Škocjana, v nasprotju s Ca trdotami, ki so med najvišjimi. Po tem kemizmu je voda tega izvira bolj podobna Prunkovcu kot Kotličem, ki ga bomo obravnavali kasneje.

Pri pretoku 5 l/s dne 21. 10. 1981 smo ugotovili, da je izvirna voda bila še primerna za pitje ($\text{BPK}_5 = 1 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$). Ker pa zajetje ni zavarovano, obstaja nevarnost onesnaževanja.

4 — Izvir v Biserjevi ločici (= pod bungalovi) je nastavljen pod skalnim robom ob razpoki NE-SW smeri, ki se pod hotelom najbolj približa strugi Raka. Nizka voda priteka iz 8 m dolgega nizkega rova, ki se sifonsko zaključí, visoka voda pa tudi iz grape, ki se zajeda pod cesto v teraso 515 m in ovalni rob na višini 525 m. V opazovalnem obdobju je voda v izviru nekajkrat mirovala, pozimi tudi zamrznila, nekajkrat pa imela tudi okrog 1000 l/s pretoka. Ob poplavi v začetku januarja 1982 je bil aktiven iztok pod cesto.

Ob zelo spremenljivi izdatnosti so se trdote relativno malo spreminjale, kar posebej velja za Mg trdoto (min. $0,38 \text{ mval l}^{-1}$, max. $1,1 \text{ mval l}^{-1}$). Celotne trdote so bile največje februarja ($4,48 \text{ mval l}^{-1}$), najmanjše pa marca ($3,0 \text{ mval l}^{-1}$), obakrat pri komaj zaznavnem pretoku.

5 — Izviri v Burjevki, travnatem laz pred Kotličí ali tudi pod Milčevim gričem, so razporejeni ob 100 m široki tektonski coni med vzhodnim in zahodnim delom Rakovega Škocjana. Odvisno od vodostajev so izviri stalni in občasni.

Ob nizkem vodostaju je voda izvirala stalno v ilovnati in z grmičevjem zarastli strugi sredi travnika, ob višjem vodostaju pa više pod gozdno mejo v pobočju Milčevega griča, katerega grapi prečkata cesto in se ovalno skleneta pod izohipso 525 m.

V opazovalnem obdobju smo kontrolirali stalni izvir na travniku ali pod gozdno mejo. Ugotovili smo veliko nihanje temperatur (med 2 °C in 19,3 °C) in prevodnosti (med 311 in $476 \mu \text{m S cm}^{-1}$) ter manjša nihanja pri celotni trdoti ($3,14$ do $4,68 \text{ mval l}^{-1}$), ki je bila najvišja jeseni in pozimi, najnižja pozno pomladi in začetku poletja. Mg in Ca trdote so se med letom spreminjale skoraj tako kot

v izviru v Biserjevi ločici. Po kemizmu in temperaturah se v skupino izvirov v Burjevki uvršča tudi prvi občasni izvir pod skalnim robom na zahodni strani laza, kjer se ta rob najbolj približa strugi Raka. Nadaljnji trije občasni izviri v tem robu pa so že v sestavu Kotličev, saj imajo z njim enako vodo kot so pokazale serijske analize.

Pri izviri v Burjevki smo dne 18. 6. 1982 ob naraščajoči vodi tudi ugotovili spodnjo plast hladnejše in zgornjo plast toplejše vode tako kot istega dne v Prunkovcu. Ker so tedaj tudi bližnji Kotlički izkazovali toplejšo vodo in podoban kemizem sklepamo, da se visoke vode Kotličev pahljačasto iztekajo k Raku skozi številne stranske izvire in ne samo skozi glavnega.

6 — Kotlički so že dolgo znani kot izviri, ki dovajajo vodo iz Cerkniškega jezera. Kot so pokazali sledilni poskusi prevale voda razdaljo med Jamskim zalivom in Kotlički v manj kot dveh dneh (I. Gams, 1966, 25), pa tudi manj kot v enem dnevu (R. Gospodarič, P. Habič, 1979, 127) pač v odvisnosti od pretokov. Te podzemelske zveze so bile večkrat dokazane tudi s hidrološkimi poskusi in domnevane na podlagi trdot, posebej magnezijeve.

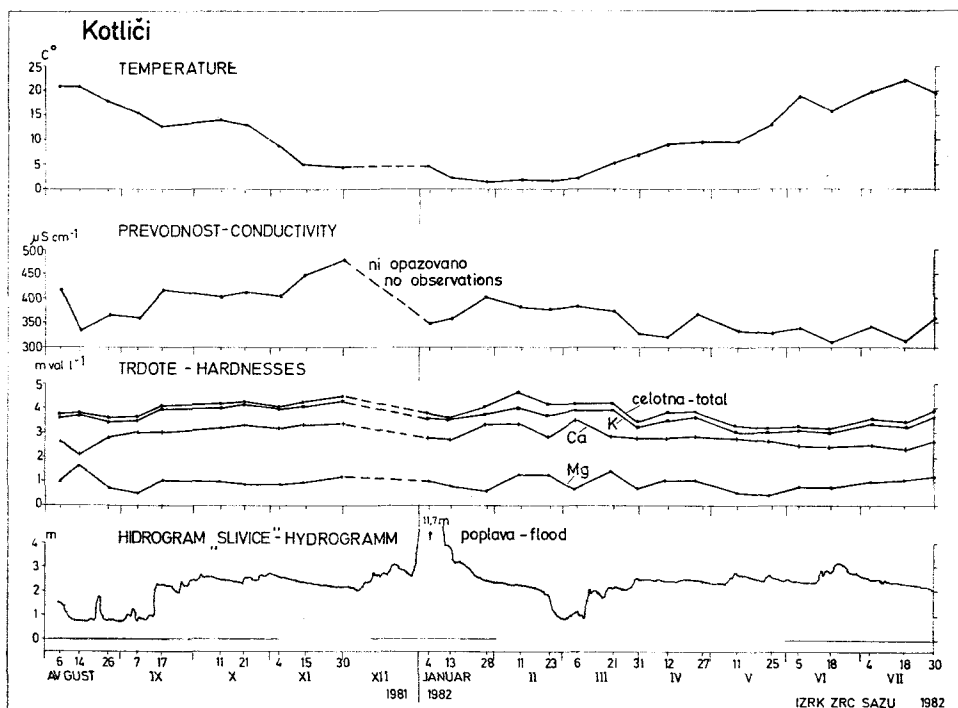
Voda se najprej pojavlja v Kotlu, udorni vrtači, odkoder teče podzemelsko h Kotličem, ob visoki vodi pa tudi po samostojni strugi neposredno v tedaj poplavljeno dolino.

Izviri Kotličev so nastavljeni v skalni zajedi pod cesto, kjer voda priteka skozi kotanje izpod južnega brega terase 510 m v 150 m dolgo strugo, ki se pri tako imenovanem Sotočju spoji s strugo Raka. Ti izviri so aktivni že pri nizkem vodostaju, pri srednjem in visokem vodostaju pa priteka voda tudi iz zakraselega pobočja terase, celo iz ovalnih zajed južno od ceste. Tedaj so seveda aktivni tudi izviri ob strugi Raka pred Sotočjem.

Zaradi številnih izvirov je vsakokratno izdatnost Kotličev težko meriti. Le posredno (iz razlike v pretokih Raka pred Sotočjem in za njim) so hidrologi izračunali (poročila 3. SUWT, 1974), da dovajajo nad 30 m³/s vode ob visokem vodostaju, ob nizkem pa le stoti del te količine. Podatke so črpali iz hidrogramov vodomerne postaje Slivice, ki dnevno beleži gladino Raka za Sotočjem. Takšen hidrogram za opazovalno obdobje od avgusta 1981 do julija 1982* smo tudi v našem primeru uporabili za primerjanje vodostajev s fizikalno-kemičnimi lastnostmi izvirne vode.

Na sliki 4 vidimo, da so temperature nihale med 2,3 °C pozimi in 22,2 °C poleti, da je imela voda največje prevodnosti in trdote jeseni, najmanjše pa poleti. Ob poplavi dne 4. januarja 1982 do višine 510 m pri vodostaju 10,36 m ko so delovali tudi izviri nad cesto, smo zabeležili tudi v zimskem času nizke trdote in prevodnost. Bolj kot pri drugih izviri, razen pri izviru Raka, je nihala Mg trdota; 25. maja 1982 smo pri nizki vodi namerili minimalnih 0,44 mval l⁻¹, avgusta 1981 pri srednji vodi pa maksimalnih 1,68 mval l⁻¹. Nizke vode so nam pokazale za polovico manjše Mg trdote kot jih navaja I. Gams (1966, 25), ko je na njihovi podlagi sklepal na podzemelsko zvezo Kotličev z jezerom, ki je ponikala v Svinjsko jamo.

* Podatke je ljubезnivo posredoval Hidrometeorološki zavod SRS, za kar se direktorju hidrološkega oddelka M. Kolbezu iskreno zahvaljujemo!



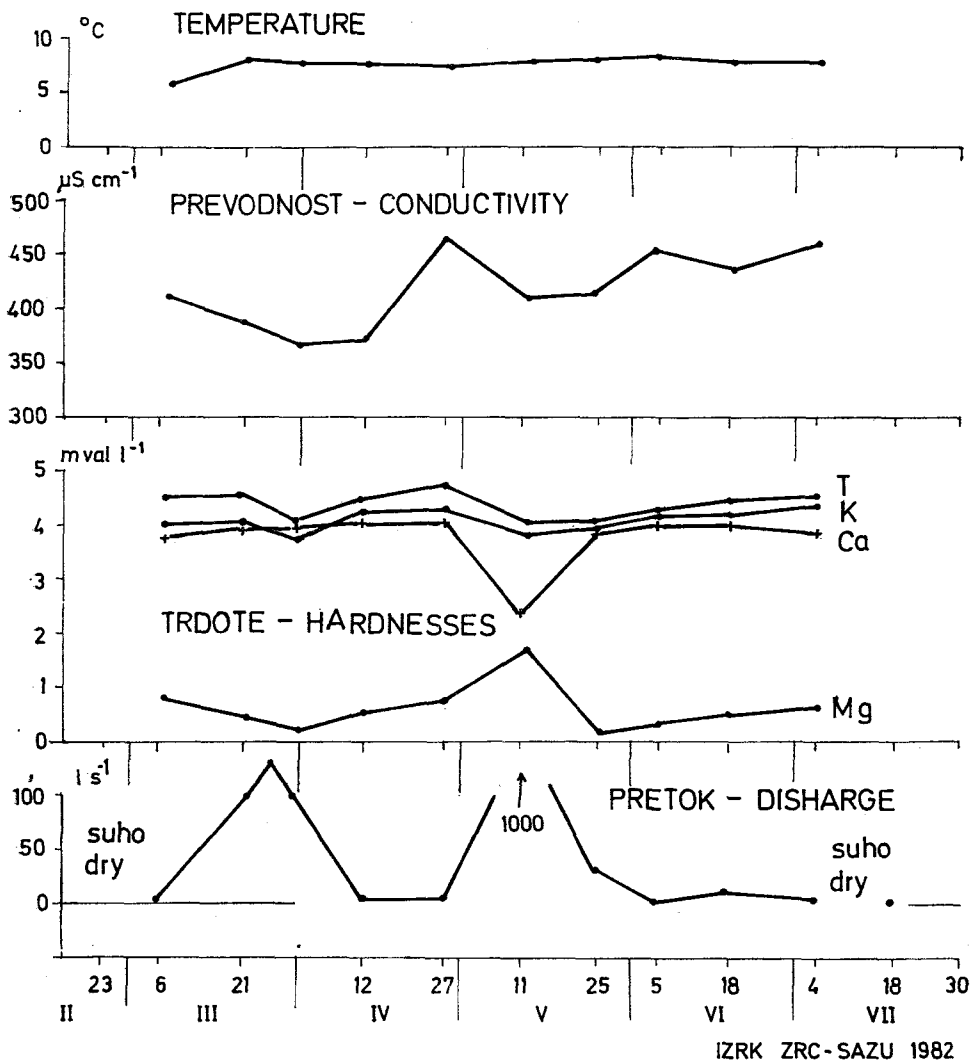
Sl. 4. Kraški izviri Kotliči. Diagrami nekaterih fizikalno-kemičnih lastnosti izvirne vode v opazovalnem obdobju med avgustom 1981 in julijem 1982, pojasnilo v tekstu

Fig. 4. Kotliči Karst Springs. Diagrams of some physicochemical characteristic of spring water in the observation period between Avgust 1981 and July 1982, explanations in the text

7 — Studenec pod žago priteka izpod zahodne stene doline na stiku travnika in gozda. Po 50 m dolgi strugi se steka njegova voda v strugo Raka. Izvir je bil poplavljen januarja, sicer pa vedno aktiven s cenjeno izdatnostjo med 0,5 l/s in 100 l/s. Temperature so nihale med 3,3 °C in 14,8 °C. Tako kot pri drugih manjših izvirih smo analizirali manjšo prevodnost in celotno trdoto pomladi in začetku poletja, večjo pa konec poletja, jeseni in pozimi. Pri večjem pretoku smo ugotovili nižje Ca trdote in obratno ter relativno nizke in stalne Mg trdote ne glede na pretok in letni čas.

8 — Izviri v Farovki, travnatem lazju pred severozahodnim sklepom doline so edini izviri na desnem bregu Raka, če odštejemo občasni izvir v Bonačevi ogradi nasproti Burjevke. O izvirih v Farovki doslej ni objavljenih hidroloških ali hidrokemičnih podatkov.

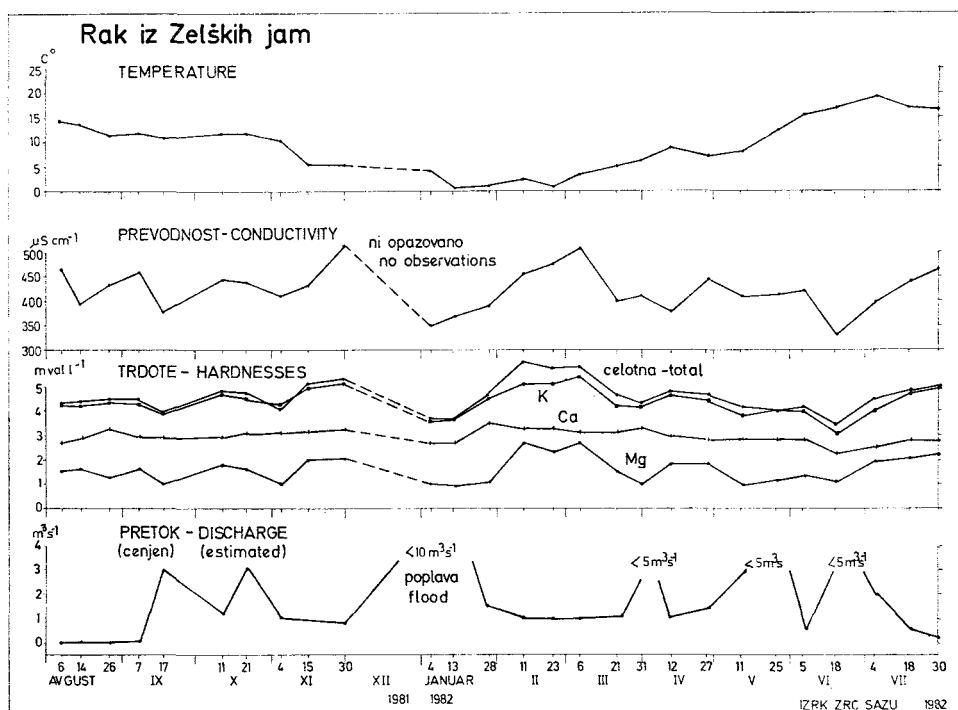
Prvi izvir Farovke je z Rakom povezan po 80 m dolgi, z grmičevjem zarastli strugi. Voda priteka izpod položnega brega iz dveh lukenj v skladnatem apnencu, ki je relativno malo porušen, čeprav je v neposredni bližini tektonske cone.



Sl. 5. Kraški izvir Farovke 1. Diagram nekaterih fizikalno-kemičnih lastnosti izvirne vode med marcem in julijem 1982, pojasnilo v tekstu

Fig. 5. Karst spring Farovka 1. Diagrams of some physicochemical characteristics of spring water between March and July 1982, explanation in the text

V opazovalnem obdobju 1981/82 je bil izvir enkrat poplavljen (4. januarja 1982), sedemkrat (pozimi in poleti) pa suh, zato ga štejemo k občasnim. Ko je bil aktiven, je dajal po cenitvah 1 do 100 l/s vode in le enkrat (11. maja 1982) je bruhal okrog 1000 l/s motne vode (slika 5). Tedaj smo izmerili tudi najnižjo Ca trdoto ($2,32 \text{ mval l}^{-1}$) in najvišjo Mg trdoto ($1,7 \text{ mval l}^{-1}$). Ostaja odprto, odkod je omenjenega dne priteklo toliko vode? Visoka Mg trdota in nizka Ca



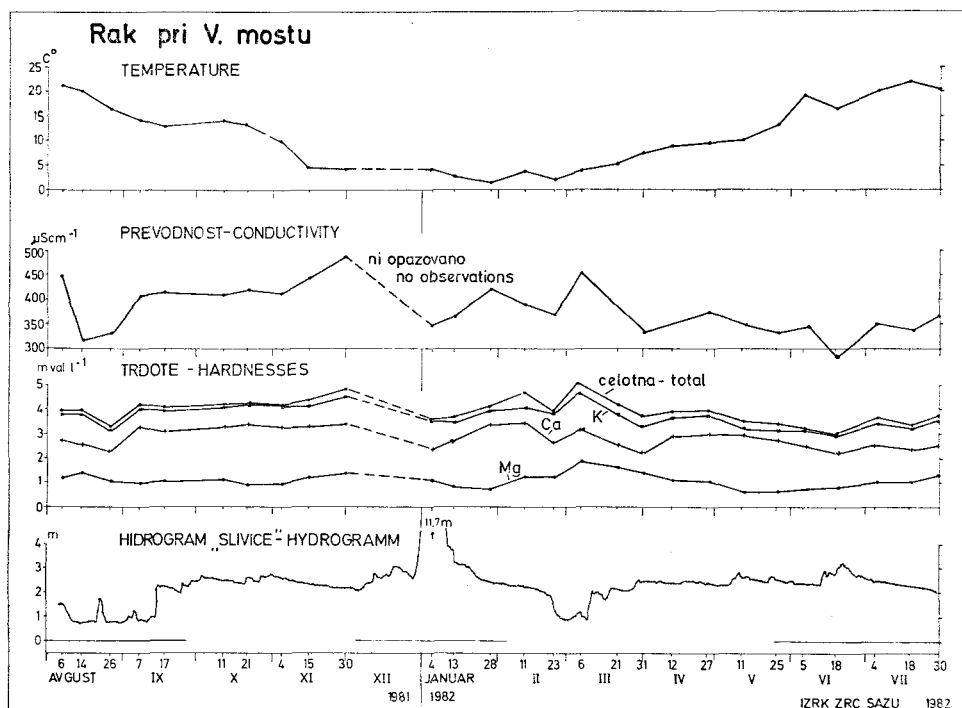
Sl. 6. Rak pri Velikem naravnem mostu. Diagrami nekaterih fizikalno-kemičnih lastnosti ponorne vode v opazovalnem obdobju med avgustom 1981 in julijem 1982, pojasnilo v tekstu

Fig. 6. River Rak at the Big Natural Bridge. Diagrams of some physicochemical characteristics of the ponor water in the observation period between August 1981 in July 1982, explanation in the text

trdota kažeta, da je mogla priteči po samostojnih, više ležečih kanalih iz dolomitnega sveta onkraj Rakovega griča, morebiti celo iz območja Zelš ali Podskrajnika. Na to možnost opozarja tudi relativno onesnažena voda (BPK₅-1,6 mg O₂l⁻¹), kakršno smo tod enkrat prej ugotovili. Zveza z Rakom iz Zelških jam skoraj ni možna, saj je imel Rak istega dne znatno nižjo Mg trdoto (1,02 mval l⁻¹), v neposrednem zaledju izvira pa med apnencem ni skladov dolomita, ki bi morebiti lahko prispevali k visoki magnezijevi trdoti, kakršno smo namerili.

Podobne značilnosti imata tudi druga dva izvira Farovke, ki ju najdemo pod skalnim robom osamelca prav ob Raku. Izvira sta stalna, čeprav dostikrat zalita ob višjem vodostaju Raka. Med njima pa občasno delujeta še dva izvira, tako da lahko sklepamo na precejšnjo prepustnost tukajšnje tektonske cone ter na zakraselost skalne podlage in obrobja Farovškega laza.

Kljub konstantni temperaturi izvirne vode čez leto (okrog 8 °C), nihajo trdote mnogo bolj kot pri drugih izvirih v Rakovem Škocjanu, ki imajo zelo spremenljivo temperaturo. To kaže, da temperatura ne vpliva bistveno na kemizem te izvirne vode.



Sl. 7. Izviri Raka iz Zelških jam. Diagrami nekaterih fizikalno-kemičnih lastnosti izvirne vode v opazovalnem obdobju med avgustom 1981 in julijem 1982, pojasnilo v tekstu

Fig. 7. River Rak Spring from the Zelške jame. Diagrams of some physicochemical characteristics of spring river in the observation period between August 1981 and July 1982, explanation in the text

1 — Izvir Raka iz Zelških jam je poleg Kotličev najbolj markatni hidrološki pojav Rakovega Škocjana, ki je bil tudi najbolj pogosto vključen v dosedanja hidrološka opazovanja. Sledenja so pokazala, da se v izviru pojavlja voda iz Velike Karlovice in Cerkniškega jezera ter posebej iz Cerknišnice. Vpliv teh površinskih voda se odraža v izdatnosti, temperaturah in kemizmu izvirne vode (slika 6).

Iz Zelških jam priteče večkrat mogočna reka z nad 10 m³/s pretoka, manjkrat le skromen potok z nekaj l/s pretoka. Celoletna temperaturna krivulja kaže na zimski minimum (0,6 °C) in poletni maksimum (19,3 °C), pri čemer pa je treba povedati, da so dejanske minimalne temperature za nekaj stopinj višje, saj se Rak ob minimalnem pretoku pod Malim naravnim mostom v stiku s hladnim zrakom pod udornicami hitro ohlaja. Bolj kot pri drugih izvirih se v obravnavanem izviru odraža odvisnost kemizma od pretokov. V opazovalnem obdobju je imela voda visoko prevodnost in trdote pri manjšem pretoku in obratno. Ca trdota se je med letom spreminjala le za 1 mval/l, Mg trdota pa nasprotno za dva. Po teh lastnostih se izvir Raka razlikuje od drugih izvirov

v Rakovem Škocjanu. Maksimalno Mg trdoto (2,7 mval/l) smo namerili pozimi pri nizkem, minimalno (0,86 mval/l) prav tako pozimi pri zelo visokem vodostaju.

Rak ohranja kemično sestavo vzdolž toka tja do Sotočja z vodo Kotličev kot smo lahko ugotovili z ustreznimi analizami. Ko pa se k njemu stečejo Kotlič, pridobi reka kemične lastnosti, ki so mnogo bližje vodam Kotličev, To so pokazale analize Raka pred Velikim naravnim mostom, preden je poniknil (slika 7).

FIZIKALNO-KEMIČNE LASTNOSTI IZVIROV PRI NIZKI VODI

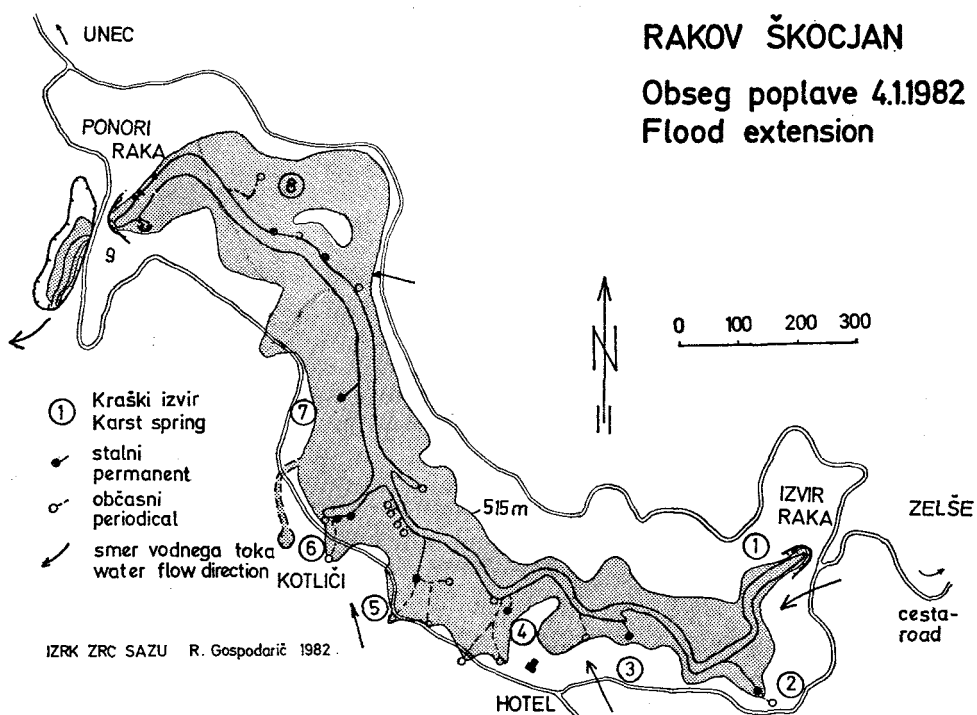
Po hidrogramu Raka na vodomerni postaji Slivnice vidimo, da smo imeli v cpažovalnem obdobju avgusta in v začetku septembra ter v začetku marca nizki, v začetku januarja zelo visoki, vmes pa srednji vodostaj (sl. 7). Pri obeh nizkih vodostajih 7. septembra 1981 in 6. marca 1982 (glej tabelo 1), ko je računati le na minimalen dotok cerkniških voda, so imele poletne nizke vode manjše nekarbonatne in Mg trdote, ter višje Ca trdote in prevodnost kot zimске nizke vode. To pomeni, da gre v obeh primerih za kraško vodo iz zakraselega obrobja, katere večja Ca trdota poleti je posledica večje biogene aktivnosti. Nizke vode Raka in Kotličev, ki izkazujejo pozimi večjo Ca trdoto kot poleti, pa se iztekajo iz podzemeljskih rovov, kjer so bile jeseni in poleti akumulirane. Primerjava seveda tudi pokaže, da je kemizem pri nizkih vodostajih med letom ali v različnih letih kvečjemu podoben, nikoli pa enak. Tako si tudi tolmačimo občutne razlike, vsaj kar zadeva Mg trdote, med našimi podatki in podatki ki jih je o kemizmu nizke vode objavil I. G a m s (1961).

Tabela 1

Fizikalno-kemične lastnosti izvirne vode pri nizkih vodostajih v Rakovem Škocjanu

Izviri	temp.	pretok	prevodnost	CaT	MgT	KT	CT	NK
7. sept. 1981								
1 — Izvir Raka	11,8	20	460	2,88	1,62	4,30	4,50	0,20
2 — Prunkovec	9,3	10	417	3,76	0,40	4,05	4,18	0,12
3 — Biserjev laz	8,5	5	426	4,04	0,38	4,30	4,42	0,12
4 — Biserjeva ločica	11,0	1	408	3,32	0,78	4,06	4,10	0,04
5 — Burjevka	12,3	5	417	3,88	0,40	4,24	4,28	0,04
6 — Kotlič	15,4	?	360	3,06	0,54	3,56	3,60	0,04
7 — Studenec pod žago	9,5	1	444	4,56	0,20	4,66	4,76	0,10
8 — Farovka	8,6	5	516	4,24	0,92	4,90	5,16	0,26
9 — Rak pri ponoru	14,5	?	408	3,26	0,96	4,06	4,22	0,16
6. marca 1982								
1 — Izvir Raka	3,8	1000	507	3,10	2,68	5,40	5,78	0,46
2 — Prunkovec	5,1	10	400	3,28	1,10	4,08	4,38	0,30
3 — Biserjev laz	6,3	8	397	3,82	0,40	4,10	4,22	0,12
4 — Biserjeva ločica	8,2	1	374	3,16	0,92	3,76	4,08	0,32
5 — Burjevka	4,6	5	385	3,36	0,88	3,76	4,24	0,38
6 — Kotlič	3,7	?	385	3,52	0,66	3,90	4,18	0,28
7 — Studenec pod žago	6,2	1	385	3,46	0,58	3,76	4,04	0,28
8 — Farovka	8,1	5	450	3,86	1,30	4,52	5,16	0,64
9 — Rak pri ponoru	3,7	1000 +	455	3,16	1,90	4,66	5,06	0,40

enote: temperatura 0°C, trdote mval l⁻¹, pretok l/s⁻¹, prevodnost μScm⁻¹



Sl. 8. Rakov Škocjan. Obseg poplave 04.01. 1982 in položaj kraških izvirov, 1 — izvir Raka, 2 — Prunkovec, 3 — Izvir v Biserjevem lazu, 4 — Izviri v Biserjevi ločici, 5 — izviri v Burjevki, 6 — izviri pri Kotličih, 7 — Studenec pod žago, 8 — Izviri v Farovki, 9 — ponori Raka

Fig. 8. Rakov Škocjan. Flood extension on Jan. 4, 1982 and situation of karst spring 1—8 and ponors — 9

FIZIKALNO-KEMIČNE LASTNOSTI POPLAVNE VODE

Pri otoplitvi in ugodnih hidroloških razmerah čez novo leto 1982 je gladina poplave segala do nadmorske višine 510 m, vodomernik je pokazal višino 11,73 m že dva dni poprej, tako da je gladina opazovanega dne že upadala. Dolina je bila spremenjena v jezero, ki je obsegalo približno 220 ha površine (slika 8). Voda je poplavlila večino travnikov in segala do ceste, ki pelje k hotelu. Iz skalnih zajed nad cesto in pod njo so se k jezeru stekali številni izviri. Večina sicer opazovanih izvirov je bila poplavljenjena. Delovali so njihovi višje ležeči iztoki nad višino 510 m. Rak je pritekal iz Zelških jam kot hudournik, da bi se ob toku navzdol kmalu umiril in razlil v jezero. Iz Kotla je tekla reka po strugi pod mostom, Kotlički pa so bruhali vodo tako, da so se na jezerski gladini gradili krožni valovi.

Fizikalno-kemične lastnosti izvirne vode in Raka so bile skoraj enake (glej tabelo 2). Z izjemo Mg in NK trdot tudi blizu najnižjih letnih vrednosti.

Tabela 2

Fizikalno-kemične lastnosti vode pri poplavi 4. januarja 1982

Izviri	temp.	prevodnost	CaT	MgT	KT	CT
1 — Izvir Raka	4,1	348	2,72	0,96	3,70	3,68
2 — Prunkovec	4,5	351	2,72	0,96	3,56	3,68
4 — Biserjeva ločica	4,8	345	2,62	0,98	3,50	3,60
5 — Burjevka	4,8	345	2,72	0,96	3,56	3,58
6 — Kotlič	4,5	348	2,78	1,00	3,60	3,78
9 — Rak pri ponoru	4,2	348	2,54	1,02	3,50	3,56
Drugi izviri	poplavljeni					

enote: temperatura 0 °C, trdote mval l⁻¹, pretok l/s⁻¹, prevodnost μScm^{-1}

Podatki opazovane poplave kažejo, da so zakraselo podzemlje v južnem in vzhodnem obdobju kotline napolnile vode iz Javornikov, Cerkniškega jezera in Cerkniščice ter pomešane dosegli izvire v kotlini. Tokovi so se skozi fosilne rove frontalno izlivali v kotlino ne glede na različen izvor vode. Kemične lastnosti izvirne vode so postajale vedno bolj različne po poplavi, ko je gladina v zaledju upadla in ko so se tokovi ločili ter umaknili iz zgornjih fosilnih v spodnje aktivne kanale. Ti podatki opazovane visoke vode ne potrjujejo misel I. Gamsa (1966, 36), da bi ob visoki vodi »dobivali zahodnejši izviri večje dotoke iz apniških Javornikov kot pa vzhodni« in da bi javorniške vode tedaj odrivale jezersko vodo iz Rakovega Škocjana.

SKLEPI

V okviru krasoslovnega preučevanja ozemlja med Planinskim in Cerkniškim poljem smo posebej preučili območje Rakovega Škocjana. Hoteli smo predvsem spoznati povezavo med geološko zgradbo in kraškimi izviri, ki se v tej depresiji pojavljajo, ter izpopolniti dosedanje znanje o tukajšnji hidrologiji.

Podrobno kartiranje površja in podzemlja je pokazalo, da je depresija Rakovega Škocjana nastala v skladnem in debeloskladnem apnencu spodnje krede, ki vključuje tudi podolgovate leče sedimentacijske breče in peščenega dolomita. Teh slabše topnih kamnin je med apnenci komaj okrog 5 %, pa jim ne pripisujemo posebnega pomena niti za oblikovanje doline ali za razporeditev izvirnov v njej, niti za kemično sestavo izvirne vode. Ugotovljena kamninska podlaga ne potrjuje mišljenja I. Gamsa (1970, 176), da so v vzhodnem in zahodnem delu Rakovega Škocjana hidrološko manj, v osrednjem delu pa bolj propustni skladi, ki odrejajo razporeditev in maksimiranost izvirnov ter usmerjenost njihovih dotočnih kanalov. Vzroke za domnevano maksimiranost je treba poiskati drugje.

Iz podrobne geološke strukture je sklepati, da so prevodne cone, dotočni in odtočni kanali razporejeni v blokih neporušene kamnine, kjer so prevodniki tudi številne, od jugovzhoda proti severozahodu usmerjene lezike. Takšni neporušeni pasovi med prelomi so v območju Zelških jam ter v zaledju Kotličev v Jagničerevem in Cerkniškem laz, kjer je verjetno iskati podzemeljske vodne rove.

Za hidrološko analizo se zdi pomembno upoštevati tektonsko cono med Farovko na severozahodni in Cerkniškim lazom na jugovzhodni strani doline.

Ta cona deli dolino na vijugav in ožji vzhodni ter bolj premi in širši zahodni del. Izviri okrog Kotličev in Burjevke dosežejo dolino zahodno, izviri Biserjevega laza pa vzhodno od nje. Prav zaradi te manj prepustne cone imamo verjetno med Cerkniškim jezerom in Rakovim Škocjanom dve skupini podzemeljskih zvez, severovzhodno Velika Karlovica (Cerkniščica) — Zelške jame (izvir Raka) in jugozahodno Cerkniško jezero (Jamski zaliv) — Kotlič, kakršni sta ugotovljeni z dosedanjimi preučevanji (I. G a m s, 1970; R. G o s p o d a r i č in P. H a b i č, 1979).

Pri hidrološki obravnavi smo posvetili večjo pozornost kraškim izviro, manjšo pa širši hidrološki problematiki Rakovega Škocjana, ki je sicer že dostikrat obravnavana skupaj s sosednjimi kraškimi polji.

Izviri dosežejo dolino na vzhodni in južni strani, na severni strani pa poznamo le stalne in občasne izvire v Farovki. Temperature, prevodnosti in pretoki ter trdote, merjene v 27 serijah med avgustom 1981 in julijem 1982, so pokazale nekatere skupne, a tudi različne lastnosti opazovane izvirne vode.

Iz diagramov na slikah 3, 4, 6 in 7 je razvidno, da so se med letom temperature izvirne vode, razen pri Farovkah zelo spreminjale. Prevodnost in trdote so bile najvišje jeseni, najnižje pomladi, višje pri manjšem, nižje pri večjem pretoku. To smo posebej spoznali pri nizkih vodah marca in septembra ter pri poplavi januarja. Vsekakor se izvir Raka po kemizmu bistveno razlikuje od Kotličev in vseh drugih izvirov, razen pri visoki vodi, ko smo povsod namerili podobno mineralizacijo.

Po teh ugotovitvah sklepamo, da niti temperatura, niti geološka zgradba ne vplivata bistveno na kemizem izvirne vode. Ta je odvisen od pretokov oziroma vodostajev in od biološke aktivnosti med letom, nadalje od kemizma porodne vode na Cerkniškem jezeru ter od stopnje mešanja teh voda s padavinami ali kraško vodo ter že prej akumulirano vodo v območju njenega podzemeljskega pretakanja. Pri visoki vodi se gladina vodotokov v dotočnem obrobju Rakovega Škocjana enakomerno dvigne in napne v više ležeče starejše kanale in iz njih pomešana frontalno odteka skozi izvire v dolino. Pri srednji, posebej pri nizki vodi pa se gladina zniža in razčleni, vode pa usmerijo v spodnje, stalno aktivne kanale, kjer ob različno dolgem toku pridobe tudi svojo, medseboj različno kemično sestavo, ki ni več primerljiva s sestavo porodne vode.

Naše preučevanje izvirne vode je nadalje pokazalo, da se v Rakov Škocjan posebej ne iztekajo večje količine kraške javorniške vode, kajti takšne kraške vode z enakomerno letno temperaturo, visoko Ca in nizko Mg trdoto v opazovalnem obdobju nismo namerili. Pač pa smo ugotovili takšno vodo v izviroh Farovke na severni strani doline, ki pa iz podzemlja Javornikov ne more priteči. Njene občasno visoke Mg trdote in občutna onesnaženost govorijo za občasne dotoke iz naseljenega dolomitnega sveta Zelš ali Podskrajnika, kar bi seveda lahko zatrdno dokazali le z ustreznim barvanjem. Javorniški tokovi se torej Rakovega Škocjana izogibajo. Proti severozahodu k Planinski jami in na Planinsko polje se verjetno gibljejo zahodno od doline skozi tamkajšnje hidrogeološke prepustne cone. Natančnejša preučitev teh con in poti pa sodi med naloge nadaljnjega podrobnega preučevanja širšega območja Rakovega Škocjana.

LITERATURA

- Čar, J., 1982: Geološka zgradba požiralnega obrobja Planinskega polja. *Acta carsologica SAZU*, 10 (1981), 75—105, Ljubljana.
- Gams, I., 1961: Dvatisoča jama. *Naše jame*, 2 (1960), 24—30, Ljubljana.
- Gams, I., 1965: H kvartarni geomorfogenezi ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerkniškim poljem. *Geografski vestnik*, 37, 61—101, Ljubljana.
- Gams, I., 1966: K hidrologiji ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerkniškim poljem. *Acta carsologica SAZU*, 4, 5—50, Ljubljana.
- Gams, I., 1970: Maksimiranost kraških podzemeljskih pretokov na primeru ozemlja med Cerkniškim in Planinskim poljem. *Acta carsologica SAZU*, 5, 171—187, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1970: Speleološke raziskave Cerkniškega jamskega sistema. *Acta carsologica SAZU*, 5, 111—169, Ljubljana.
- Gospodarič, R., P. Habič, 1976: Underground Water Tracing. Investigations in Slovenia 1972—1975. Institute for Karst Research SAZU, p. 312, Ljubljana.
- Gospodarič, R., P. Habič, 1979: Kraški pojavi Cerkniškega polja. *Acta carsologica SAZU*, 8 (1978), 7—162, Ljubljana.
- Habič, P., R. Gospodarič, I. Kečda, A. Kranjc, 1975: Osnovna speleološka karta Slovenije, 2. nadaljevanje. *Naše jame*, 17, 151—171, Ljubljana.
- Hribar, F., 1976: Realization and Results of Combined Water Tracing Test in 1975. In: *Underground Water Tracing*, 132—138, Ljubljana.
- Kossmat F., 1905: Erläuterungen zur Geologischen Karte Haidenschat und Adelsberg und Planina. *Verh. Geol. R. A.*, 78—84, Wien.
- Jenko, F., 1959: Hidrogeologija in vodno gospodarstvo. 1—237, Državna založba Slovenije, Ljubljana.
- Miseres, J. J., 1976: Completments to the Water Chemistry of the Karstic System of the Ljubljana River. In: *Underground Water Tracing*, 82—91, Ljubljana.
- Moser, H. in drugi, 1976: Results of Measurements of the Content of Deuterium, Oxygen — 18 and Tritium in Water Samples from Test Area taken during 1972—1975. *Underground Water Tracing*, 93—117, Ljubljana.
- Pleničar, M., 1957: Prispevek h geologiji Cerkniškega jezera. *Geologija*, 1, 111—117, Ljubljana.
- Pleničar, M. in D. Kerčmar, 1959: Osnovna geološka karta SFRJ Cerknica, Laze. *Arhiv Geol. zavoda*, Ljubljana.
- Pleničar, M., 1970: Tolmač h geološki karti list Postojna, 1—62, Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Šerko A., 1946: Barvanje ponikalnic v Sloveniji. *Geografski vestnik*, 18/1-4, 125—139, Ljubljana.
- Šerko, A., 1949: Kotlina Rakov Škocjan. *Geografski vestnik*, 20/21, 195—202, Ljubljana.
- Zupan, M., M. Kolbezen, 1976: Hydrochemical Investigations. *Underground Water Tracing*, 67—82, Ljubljana.
- Zibrik, K., F. Lewicki, A. Piččin, 1976: Hydrologic Investigations. *Underground Water Tracing*, 43—55, 128—132, Ljubljana.

HYDROGEOLOGY AND KARST SPRINGS IN RAKOV ŠKOCJAN NEAR POSTOJNA**Summary**

The previous karstological works about Rakov Škocjan, karst depression between Cerkniško and Planinsko polje, are dealing with speleological (I. Gams, 1961; R. Gospodarič, 1970), morphological (A. Šerko, 1949; I. Gams, 1965) and hydrological conditions (A. Šerko, 1946; I. Gams, 1966, 1970; R. Gospodarič & P. Habič, 1979), but less was written about geological structure and hydrogeology (M. Pleničar, 1957, 1967; M. Breznik, 1962). By the method of detail hydrogeological mapping on the surface and in the underground was stated, that the Rakov Škocjan depression developed in bedded and thick-bedded limestones of Lower Cretaceous, including oblong lenses of sedimentation breccia and sand dolomite. Among limestones there is only about 5 % of these, worse soluble rocks, hence we do not attribute them any special importance to hydrogeological conditions in the depression. From this point of view more important are the blocks of tectonically uncrushed rocks between faults of NW-SE direction, as there are inflow and outflow channels of Rak river (Zelške jame and Tkalca jama) and transmissive zones, feeding 14 karst springs in the depression.

In the period 1981 and 1982 the physico-chemical analyses of spring water showed, that the geological structure do not influence to their chemical composition. It is directly dependent on discharges and water levels and on precipitations during the year. At low water level the springs were chemically very different, while at high water level almost identical. It proves again that the waters from Cerknica Lake flow towards Rakov Škocjan. On contrary to previous statements (I. Gams, 1970; R. Gospodarič & P. Habič, 1979) we did not find any proof for the existence of karst water from Javorniki Mts to the springs of Rakov Škocjan.