

IZVIRI DOBLIČICE IN NJIHOVO ŠIRŠE
KRAŠKO ZALEDJE

DOBLIČICA SPRINGS AND THEIR WIDER
KARST BACKGROUND

Peter HABIČ, Janja KOGOVŠEK, Mihael BRICELJ,
Martina ZUPAN

Izvlček

UDK 551.444.5(497.12)

Habič, Peter; Janja Kogovšek; Mihael Bricelj; Martina Zupan: Izviri Dobljčice in njihovo širše kraško zaledje

Poleg geološkega, geomorfološkega in hidrografskega pregleda visokega odtočnega krasa na razvodju med Krko in Kolpo ter nizkega zajezenega krasa s številnimi izviri v zahodnem obrobju Bele krajine (Slovenija, Jugoslavija) so prikazani rezultati hidroloških meritev nizkih voda, fizično kemičnih analiz izvirov na obrobju Kočevskega Roga in Poljanske gore, poskusnega črpanja stalnih zalog Dobljčice in sledenja ponikalnic Rinže, Kačjega potoka, Koprivnika in Željnskega potoka, Vrčice, Ponikev na Mirni gori in Miklarjevega zdenca na Poljanski gori. Ugotovljeno je kraško zaledje Dobljčice in sosednjih izvirov ter bifurkacija na razvodju med Krko in Kolpo. Kraški relief in hidrogeološke razmere so v veliki meri pogojene z mlado tektoniko.

Ključne besede: Dinarski kras, hidrologija, hidrokemija, sledenje voda, varstvo voda, Bela krajina, Slovenija.

Abstract

UDC 551.444.5(497.12)

Habič, Peter; Janja Kogovšek; Mihael Bricelj; Martina Zupan: Dobljčica springs and their wider karst background

Beside geological, geomorphological and hydrographical survey of high outflow karst on the watershed between Krka and Kolpa and low impounded karst with several springs in western border of Bela krajina (Slovenia, Yugoslavia) the results of hydrological measurements of low waters, physico-chemical analyses of springs on the border of Kočevski Rog and Poljanska gora, test pumping of permanent Dobljčica storage and water tracing of Rinža, Kačji potok, Koprivnik, Željnski potok, Vrčice, Ponikve sinking-streams on Mirna gora and Miklarjev zdenec on Poljanska gora are presented. The Dobljčica and near lying springs karst background was stated as well as bifurcation on the watershed between Krka and Kolpa. Karst relief and hydrogeological conditions are mostly controlled by neotectonics.

Key words: Dinaric karst, hydrology, hydrochemistry, water tracing, water protection, Bela krajina, Slovenia

Naslov - Address

Prof. dr. Peter Habič, dipl. geogr.

Mag. Janja Kogovšek, dipl. ing. chem.

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU,
YU 66230 POSTOJNA, Titov trg 2

Mag. Mihael Bricelj, dipl. biol.

Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani
YU 61000 LJUBLJANA, Karlovška

Martina Zupan, dipl. ing. chem.

Hidrometeorološki zavod R Slovenije
YU 61000 LUBLJANA, Vojkova 1a

V s e b i n a

Uvod.....	9
Položaj in geografske značilnosti.....	10
Kraški izviri na zahodnem obrobju Bele krajine.....	11
Poskusno črpanje stalnih zalog Dobljčice.....	25
Fizikalne in kemijske lastnosti izbranih izvirov in ponorov (Janja Kogovšek)....	31
Pregled dosedanjih sledenj.....	42
Kombinirani sledilni poskus l.1988 (Habič,Zupan).....	43
Sledenje v zaledju Dobljčice l.1989 (Habič,Zupan).....	59
Geološko tektonska osnova kraškega zaledja Dobljčice.....	70
Kraški relief v zaledju Dobljčice med Krko in Kolpo.....	74
Ocena minimalne izdatnosti izvirov in velikost njihovega zaledja.....	86
Omejitev zaledja Dobljčice in sosednjih izvirov.....	89
Varstvena območja in varovanje Dobljčice.....	91
Sklep.....	91
Viri in literatura.....	95
Dobljčica springs and their wider krast background (Summary).....	97

Poglavja, ki niso posebej označena je sestavil P. Habič

UVOD

Potreba po raziskavi kraških izvirov za zahodnem obrobju Bele krajine se je pojavila, ko je bilo ugotovljeno nevarno onesnaženje Krupe s polikloriranimi bifenili (PCB). Za zajetje Krupe kot osrednjega najizdatnejšega vodnega vira v Beli krajini so bili izdelani že vsi načrti. Pred začetkom gradnje pa so kemijske analize pokazale, da voda ni primerna za pitje, ker vsebuje strupe, ki so jih iz obrata Iskre v Semiču nesmotrno odlagali po kraškem površju v okolici izvira (D.PLUT, 1988). Potrebno je bilo torej poiskati drug vodni vir za oskrbo naselij v Beli krajini. Kraški izvir pri Dobljčah je bil že leta 1958 zajet za oskrbo Črnomlja. Po zatrevanju upravljalca vodovoda pa jim je ob suši primanjkovalo vode. Pred leti smo pri izdelavi osnovne speleološke karte (P.HABIČ et al. 1977; 1980) delno spoznali kraški izvir in zaledje Dobljčice, zato smo leta 1985 predlagali podrobnejšo preučitev tega izvira, ki bi vsaj po našem mnenju nekaj časa še lahko oskrboval celotno Belo krajino.

Raziskovanje Dobljčice in njenega kraškega zaledja je nato potekalo v letih od 1986 do 1990 v okviru študije za idejno rešitev regionalne preskrbe Bele krajine z vodo do leta 2050, ki jo je vodil Vodnogospodarski inštitut v Ljubljani ob sodelovanju Geološkega zavoda in Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU. Sredstva za raziskave so prispevali Zveza vodnih skupnosti in Raziskovalna skupnost Slovenije, Območna vodna skupnost Dolenjske ter občinski komunalni skupnosti Črnomlja in Metlike.

V prvi fazi raziskav smo izvedli poskusno črpanje Dobljčice. Ob nizki vodi oktobra 1986 smo ugotovili, da je možno delno izkoristiti tudi stalne zaloge Dobljčice pri nižani gladini izvira pod prelivni rob. Leta 1987 smo pregledali hidrogeološke, geomorfološke in speleološke razmere v širšem zaledju Dobljčice in se lotili priprav na kombinirani sledilni poskus, s katerim naj bi preverili morebitne zveze onesnaženih kočevskih ponikalnic z izviro Dobljčice. Leta 1988 smo izvedli prvi del sledilnega programa v zaledju Dobljčice. Obarvane so bile štiri ponikalnice na Kočevskem: potok na Koprivniku, Rinža pri Livoldu ter Kačji in Željnski potok. Program za četrto fazo je bil zastavljen tako, da bi z obarvanjem treh ponikalnic v ožjem zaledju Dobljčice natančneje opredelili varstveno območje vodnega zajetja v Dobljčah. Sledili smo ponikalnico pri Vrčicah, Ponikve na Mirni gori in Zdenec pri Miklarjih.

Geološke osnove zaledja Dobljčice na razvodju med Krko in Kolpo povzemamo po osnovni geološki karti. Listi Ribnica, Novo mesto, Črnomelj in Delnice so po vsebini nekoliko različni, zato smo na skici meje poenotili in poenostavili. Geomorfološke značilnosti so prikazane po obstoječih virih in na podlagi lastnih preučevanj kraškega površja. V razpravi so podani novi hidrološki podatki in rezultati fizikalno kemijskih analiz voda, ki smo jih opravili v okviru zastavljenega programa. Nismo pa jih primerjali s starejšimi podatki drugih raziskovalcev. Ker so raziskave še v teku, bodo obdelani v drugi razpravi.

Kombinirane sledilne poskuse, meritve in raziskave so izvajali sodelavci Inštituta za

raziskovanje krasa ZRC SAZU, Hidrometeorološkega zavoda Slovenije in Inštituta za biologijo Univerze v Ljubljani. Njihov prispevek je omenjen v ustreznih poglavjih. Na tem mestu se vsem ponovno zahvaljujemo za pomoč in sodelovanje. V razpravi so poleg rezultatov sledenj navedene še nekatere značilnosti krasa v zaledju Dobljčice, ki jih je vredno upoštevati pri varovanju pitne vode. Hidrološke razmere na razvodju med Krko in Kolpo pa s tem še niso v celoti razjasnjene.

POLOŽAJ IN GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI RAZISKOVANEGA OBMOČJA

V zahodnem obrobju nizke Bele krajine, dobrih 5 km jugozahodno od Črnomlja je v nizkem dobljčko viniškem podolju ob vznožju Poljanske gore niz kraških izvirov Dobljčice in Lahinje. To pomembno hidrografsko vozlišče Bele krajine je očitno povezano s hidrogeološkimi razmerami in geomorfološkim razvojem na obrobju tektonske cone, ob kateri je pogreznjena Bela krajina oziroma dvignjeno njeno zahodno kraško obrobje (Pril.1). Razpored izvirov in površinskih tokov v Beli krajini kaže, da se je njen osrednji del najbolj pogreznil, tako da je tudi Kolpa zavila proti severu. Razen Krupe pri Gradacu nima Lahinja, podobno kot Kolpa med Vinico in Metliko, nobenega površinskega dotoka. Manjši kraški izviri so razporejeni v ozkem kanjonu, ki pa niso bili predmet naših raziskav. Njihovo zaledje sega v naseljene predele nizke Bele krajine in je podobno ogroženo kot zaledje Krupe okrog Semiča.

Zaledje kraških izvirov zahodno od Črnomlja je v nasprotju z zaledjem izvirov ob Lahinji bolj hribovito, gozdnato in redko naseljeno. Gorati gozdni kras brez pomembnejših površinskih tokov se razteza proti zahodu tja čez Kočevski Rog in Malo goro do Kočevskega polja, na jugu ga prereže kanjonska dolina Kolpe pod Kostelom. Na severu ga omejujeta dolina Krke in nizka Suha krajina. Razen v izvire ob Kolpi in Krki se visoki kraški hribi med Kočevjem in Črnomljem podzemeljsko odcejujejo le še v Dobljčico in sosednje najnižje ležeče izvire ob vznožju Poljanske gore ter Krupe.

Na zahodnem obrobju tektonsko zasnovane pliocenske, ali morda še starejše, kanižarske premogove kadunje so razvrščeni izviri Talačkega oziroma Pačkega potoka, Jelševniškega potoka, Obršca, Dobljčice, Podturnščice, Obrščice, Nerajčice in Lahinje. Ta hidrografski vozeli je očitno nastal v tektonskem jarku ob vzhodnem obrobju Poljanske gore. V dobljčki kotlinici se podzemeljske vode prelivajo na površje nižje kot v dolini Kolpe celo med Adlešiči in Gribljami. Nižje od Dobljčice je le izvir Krupe v osrednji Belokrajnski kotlini. V takšnih hidrografskih razmerah bi se lahko celo del površinske Kolpe od Starega trga navzdol prelival skozi zakraselo Poljansko goro proti Dobljčam. Rezultati naših raziskav pa izključujejo to možnost.

O vzrokih za takšen razpored vode je razpravljal že I. GAMS (1961,211). Zavrača misel o tektonskem grezanju ob Lahinji, ker ta ne kaže znakov akumulacije. Pri različnem dviganju pa bi se po njegovem morale pokazati lokalne anomalije strmca. Razpored in strmec tokov skuša razložiti z različno grobim plavjem. Kolpa prenaša razmeroma debel

prod, Lahinja pa le ilovico, zato naj bi bil njen strmec enkrat manjši od Kolpinega (Kolpa 0,65, Lahinja 0,34 $\frac{m}{100}$).

Za omejitve zaledja Dobljčice in za opredelitev kraškega razvodja med Krko, Kolpo in Dobljčico ni bilo na voljo zanesljivih podatkov. Starejši sledilni poskusi na Kočevskem niso bili zanesljivi. Kraškega zaledja ni bilo mogoče razmejiti niti po razpoložljivih geoloških podatkih, še manj po takratnem morfološkem ali speleološkem znanju. Skromni so bili tudi hidrološki in hidrokemijski podatki, na podlagi katerih bi lahko sklepali o podzemeljskih vodnih zvezah. Del tovrstnih podatkov smo nato zbrali ob pripravah na sledenje.

Za natančno določitev položaja in obsega zaledja izvirov je potrebnih več zaporednih in sistematično zastavljenih sledenj. Tovrstne raziskave trajajo precej časa, kar zahteva tudi precej sredstev. Smiselno je bilo preveriti le najbolj kritična mesta in zaledje omejiti s pomočjo drugih dognanj. Tak postopek smo izbrali tudi pri opredeljevanju zaledja Dobljčice in sosednjih izvirov. Predno smo lahko zasnovali sledilne poskuse, smo preučili geološko zgradbo, dopolnili znanje o geomorfoloških in hidroloških ter fizikalno kemijskih razmerah v širšem zaledju Dobljčice, v predelu med Krko in Kolpo.

KRAŠKI IZVIRI NA ZAHODNEM OBROBJU BELE KRAJINE

Stobe in studenec pri Otovcu

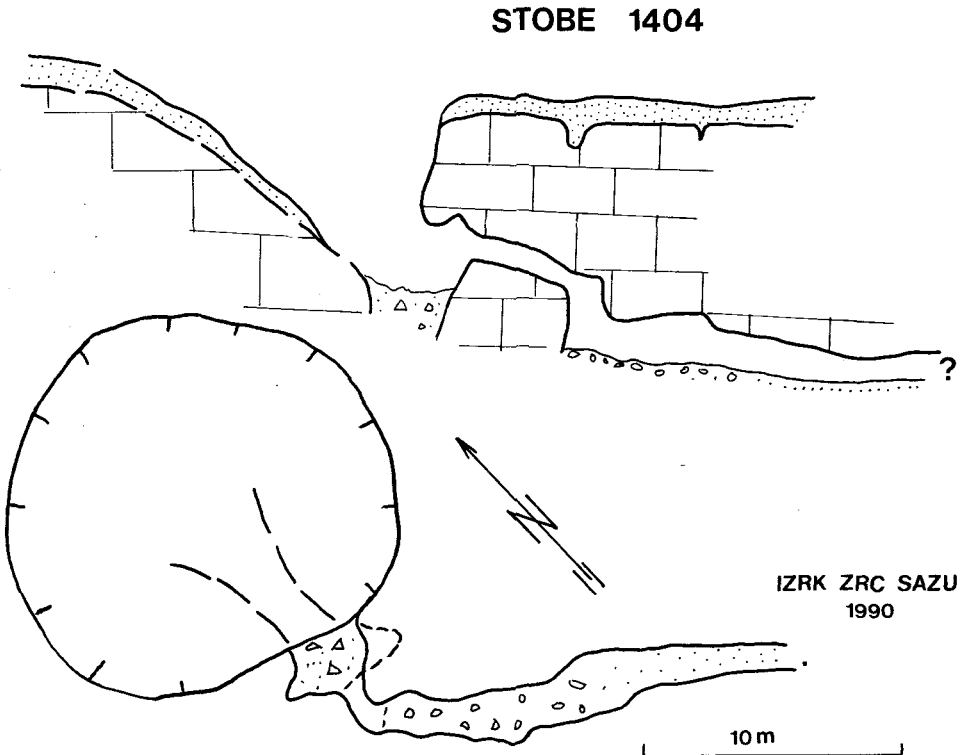
Ob cesti Semič - Črnomelj se ob visokih vodah na več mestih med Ručetno vasjo in Gorenjo Pako pojavijo izviri, ki zalijejo plitve vrtačaste globeli. Voda navidez odteka prečno na pački dol. Med Rožancem in Staro Lokvijo pa je v dnu suhe doline vhod v jamo Stovba ali Stobe, kjer se pride do podzemeljskega potočka. Nekdaj so tja domačini celo hodili po vodo. V lijakasto kotanjo še vodijo stopnice in po njih pridemo do dna okrog 8 m globokega kraškega okenca. Skozi ozek rov pol metra nad dnom se lahko splazimo v dvoranico z vodo, ki odteka v nepreleden rov (Sl.1). Okrog 300 m južneje od Stovbe se nahaja 70 m od ceste obzidan in že precej zasut studenec Cure, ki so ga včasih tudi zajemali. Ob visokih vodah se dvigne gladina kraške vode do površja in po pripovedovanju domačinov je nekdanj tekla tudi po površju dalje proti Otovcu. I. GAMS (1961) sklepa po imenih G. in D. Pake, da je voda površinsko tekla po pačkem dolu še v historični dobi.

Dalje po suhi dolini, ki se vije od Kota pri Semiču proti jugu, pridemo pod Usarjem tik pod železniškim mostom pri Otovcu do nekakšnega požiralnika ali udorne kotanje s 7m dolgo površinsko strugo stalnega potoka. Voda izvira na zahodni strani in ponika v pol metra visok in že po nekaj metrih do stropa zalit rov na vzhodni strani tega zanimivega kraškega okenca. Pretok ni bil stalno opazovan, zato tudi ni znano nihanje gladine ob različnih vodostajih. Po občasnih opazovanjih je mogoče sklepati, da se po nalivih hitro dvigne gladina za 4m in v reliefni kotanji nastane jezerce kalne vode, sicer se pretočki gibljejo med 2 in 50 l/s. Nekdaj so v tem studencu zajemali vodo in prali, kar danes počno le izjemoma.

Opisani vodni pojavi dokazujejo, da se plitvo pod površjem pačkega dola stalno pretaka kraška voda, ki napaja Pački potok in nekatere studence ob njem.

Sihurna, občasni izvir Talačkega potoka

V dolini med Tuševim Dolom in Dolenjo Pako je več manjših izvirov, ki napajajo Talački potok. Povirni del kraškega dola je suh in le ob najvišjih vodah sta tam aktivna dva bruhalnika. Prvi je v Delcih pod robom ob njivi, drugi pa Sihurna ali Suhorna ob zahodnem bregu do 100 m široke in 20 m globoke doline (Sl. 2). Njeno dno se na 2,5 km od izvira Sihurne do Dobličice pri Svibniku zniža za 30 m, od 165 do 135 m nadmorske višine.



Sl. 1 Kraško okence Stobe pri Gorenji Paki (Pril.1,št.61)

Fig. 1 Karst window Stobe near Gorenja Paka (Annex 1, no.61)

Sihurna izvira pod 4 m visoko skalno steno v majhnem stranskem dolinskem zatrepu v jurskih apnencih. Že kmalu po dežju izvir presahne, vendar se voda stalno zadržuje v izvirni kotanji in njena gladina upade le za 2 m pod prelivni rob v višini 160 m, doslej

najnižja zabeležena gladina v izviru pa je bila na 156,6 m n.m.v. Nekdaj so domačini zajemali vodo v Sihurni in jo tudi prečrpavali v posušene vodnjake bližnjih vasi.



Sl. 2 Talački dol pod Rodinami s strugo Sihurne na levi

Fig. 2 Talački dol under Rodine with Sihurna riverbed on the left

Breg, stalni izvir Talačkega potoka

Okrog 400 m jugovzhodno od Sihurne leži ob vznožju levega brega stalen kraški izvir Talačkega potoka, imenovan tudi Talački Breg. Iz dveh vzporednih razpok v položnih jurskih skladih priteka ob najnižjih vodah še okrog 2 l/s. Pretoka pri visokih vodah tu nismo mogli izmeriti, ker izvir zalijejo poplavne vode Talačkega potoka (Sl.3). Po legi in hidroloških značilnostih izvira sklepamo, da ima svoje ločeno zaledje v Talčjem Vrhu in Tuševem Dolu. Ločeno pa je od zaledja Pačkega Brežička. Kemične in bakteriološke analize kažejo, da je voda onesnažena, saj se v Breg steka gnojnica iz bližnjih zaselkov.

Pački Brežiček, izvir Pačkega potoka

Ob stiku talačkega in pačkega dola je ob vznožju nizkega pomola, v podornem zatrepu, dobrih 300 m južneje od Talačkega Brega stalni kraški izvir z minimalno izdatnostjo okrog 3 l/s. Ob visoki vodi pretok naraste prek 100 l/s. Visoke vode Talačkega potoka in Pačkega Brežička se razlijejo iz strug in poplavljaajo dno doline tja do Dobljice pri Svibniku (Sl.4).



Sl. 3 Stalni kraški izvir Talački Breg ob visoki vodi
Fig. 3 Permanent karst spring Talački Breg at high water



Sl. 4 Pački Brežiček ob poplavi
Fig. 4 Pački Brežiček during flood

Že po fizikalno kemijskih lastnostih vode in po legi izvira je mogoče sklepati, da dobiva Pački Brežiček vodo iz Otovškega zdenca. To zvezo smo preverili s sledenjem leta 1990. Barva se je iz Otovškega zdenca pojavila v Pačkem Brežičku po 120 urah ob razmeroma nizkem pretoku, okrog 5 l/s, kar pomeni, da je barva potovala na 1200 m dolgi poti s hitrostjo 10 m/h.

Poscane

V stranskem zatrepu suhega dola pod Dolenjo Pako, okrog 100 m vzhodno od Brežička, je majhen stalni izvir, z izdatnostjo pod 0,1 l/s. Podobno kot drugi izviri ob Talačkem potoku je tudi ta onesnažen in vanj se očitno steka gnojnica iz Dolenje Pake.

Izvir v Okljuku

Na levem bregu najožjega dela doline Dobljčice med Dobljčami in Črnomljem je majhen občasen kraških izvir, iz katerega se preliva voda v Dobljčico po kratki strugi. Izdatnejši je takrat, ko je zalit požiralnik ob desnem bregu Talaškega potoka pod Zajčjim Vrhom.

Šprajcarjev zdenec pri Okljuku

Jugozahodno od Svibnika je v Okljuku Dobljčice stalen kraški izvir, ki ga napaja Talački potok. Barva se je v njem pojavila po 7 dneh in je tekla hitreje kot proti Planincu. Pački potok se namreč izgublja v strugi že nad mostom med Svibnikom in Zajčjim Vrhom. Dobrih 100 m pred mostom je ob potoku izrazit požiraknik, ki je povezan tudi z izvirom v Okljuku. Ob nižjih vodah preprečuje ponikanje nizek nasip, ki usmerja potok po strugi navzdol, vendar se ta še na več mestih izgublja v desnem skalnem bregu. Ob suši ponikne Pački potok že 1200 m pred izlivom v Dobljčico.

Studenci pri Svibniku, Planincu in Strugarju

Pred izlivom Paškega potoka v Dobljčico je pri Svibniku majhen kraški izvir, ki ob nizki vodi presahne, ob visoki pa ga poplavi Talački potok. Na loki ob Dobljčici pod Svibnikom je pri Planincu drug majhen kraški izvir, kjer se preliva v Dobljčico voda iz nizkega zakraselega pomola na levem bregu Talaškega potoka. Barva iz Otovca se je v tem izviru pojavila po 9 dneh ali 216 urah in je torej tekla s hitrostjo 12 m/h. Na okljuku Dobljčice, naprej od Planinca je pri Strugarju še en majhen izvir, ki ima podobne lastnosti kot oni pri Planincu.

Izvir pri Jelševniku

Severovzhodno pod vasjo Jelševnik je v širokem dolinskem zatrepu nizke dobličke kadunje stalen kraški izvir Jelševniškega potoka, ki ga kratko imenujemo kar Jelševnik, imenujejo pa ga tudi Jezero. Ni povsem jasno, ali zaradi 10 m širokega izvirnega sifonskega jezerca, ali zaradi umetno zajezone vode nad nekdanjim mlinom, kjer sedaj nekdo obnavlja jez za ribogojnico (Sl.5). Izvir pri Jelševniku je po izdatnosti drugi največji izvir na zahodnem obrobju Bele krajine. Po meritvah in opazovanjih v zadnjih štirih letih daje ob nizkih vodah od 15 do 20 l/s . Po hidroloških značilnostih je podoben Dobljčici, vendar doslej še nismo mogli dokazati njunega skupnega zaledja. Vse kaže, da se sem stekajo vode iz območja med Mirno in Debelo goro. Ob poskusnem črpanju Dobljčice leta 1986 se v izviru pri Jelševniku gladina vode ni opazno znižala.



Sl. 5 Izvir pri Jelševniku

Fig. 5 Spring near Jelševnik

Obršec

Okrog 500 m južno od izvira pri Jelševniku je občasni izvir Obršec, vendar se v njem voda stalno zadržuje, čeprav se ne preliva v strugo Jelševniškega potoka. Širok dolinski zatrep kaže, da je bil tukaj včasih pomemben izvir. Kraška voda, ki zastaja v plitvi podorni izvorni kotanji, je zajezena z naplavinami poplavne ravnice, ki sega od Dobljčice ob Jelševniškem potoku navzgor. Po kemijskih lastnostih se voda Obršča neko-

liko razlikuje od Jelševnika, kar kaže na ločeno zaledje. Ni pa znano, kam odteka nizka voda iz njegovega zaledja, morda po zakraseli podlagi pod naplavljenno ravnico neposredno v strugo Dobljčice.

Med poskusnim črpanjem Dobljčice se je gladina vode v Obršču spreminjala neodvisno od one v 2 km oddaljeni Dobljčici, pa tudi drugače kot v Jelševniku. To je najbrž možno le ob neposrednem podzemeljskem odtoku Obršča v strugo Dobljčice. Izvirki so razporejeni ob levem bregu nasproti Blatnika. Ob črpanju Dobljčice smo opazili, da se je kraška podtalnica tudi iz Dobljčkega polja na več mestih vlivala v posušeno strugo. Pred mostom na cesti Blatnik - Dobljčice je manjši izvir na desnem bregu Dobljčice.

Dobljčko jezero - izvir Dobljčice

Okrog 700 m jugovzhodno od Dobljč je v komaj izraženem zatrepu ob strmem vznožju lep kraški obrh, izvirno jezerce, široko 40 m in globoko 11 m. Rdečkastorjava kraška ilovica pokriva živoskalno podlago okrog izvirne kotanje in nizko polico dobljčkega polja, v katero je poglabljena zavita struga Dobljčice. Ta je sprva usmerjena proti vzhodu, nato pa pod Jernejo vasjo zavije proti severu mimo Dobljč in v loku okrog Blatnika obrne v ozek prehod med Kočevjem pri Črnomlju in Svibnikom. Dalje se v okljukih prebija iz dobljčke kotline severno od Kanižariškega hrbta proti Črnomlju, kjer se vlija v Lahinjo. Ožina pri Blatniku in izraziti okljuki pred Črnomljem dokazujejo, da je Dobljčica



Sl. 6 Dobljčka kotlina ob vznožju Poljanske gore
Fig. 6 Dobljčice valley at the foot of Poljanska gora

ujeta v hitreje se dvigajoči blok ob vzhodnem robu dobličke kotlinice. I. GAMS (1962) razlaga te meandre s položajem skladov. Ob visokih vodah Dobljčica s pritoki med Dobljčami, Blatnikom in Jelševnikom prestopi bregove in preplavlja ravnico ob strugi (Sl.6).

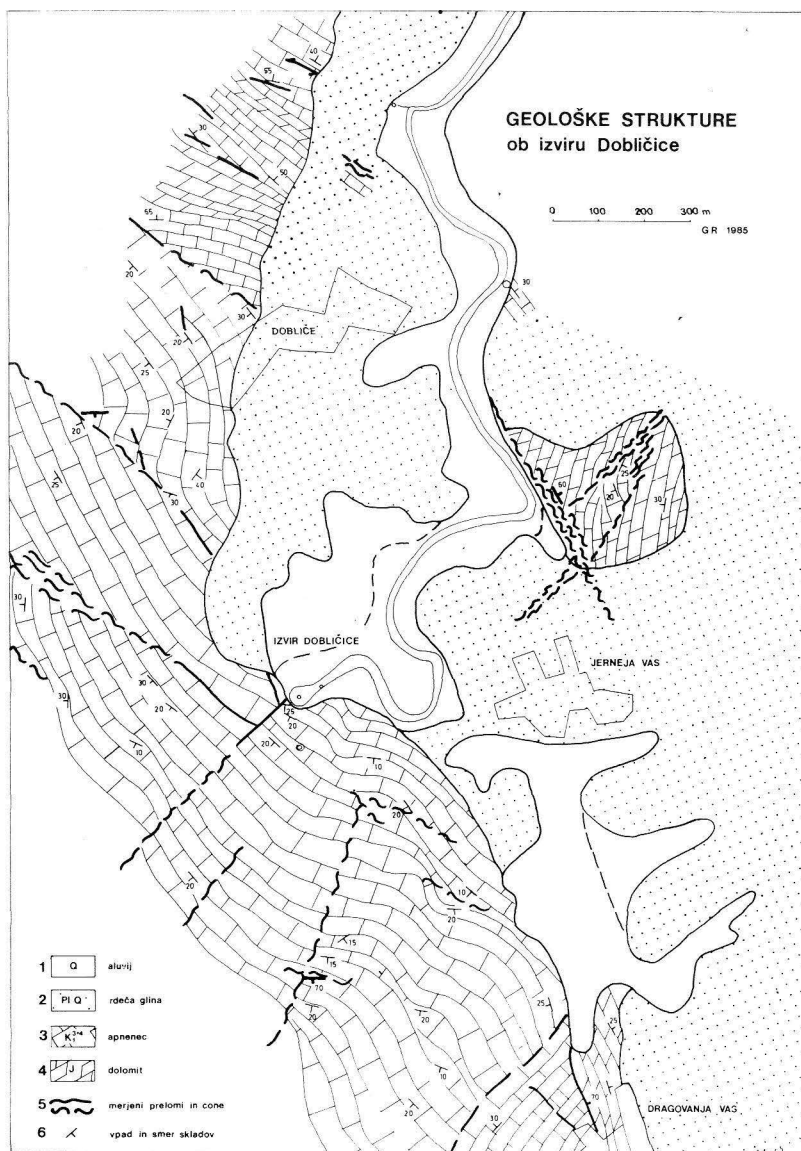
Izvirno Dobljčko jezero ima lijakasto obliko z dvema izrazitejšima kotanjama. V zablatenem skalnatem dnu potapljači še niso našli poglobitnega pritočnega kanala. Ob črpanju pa se je pokazalo, da priteka voda tudi iz ožjega sifonskega brezna že v strugi tik ob izvirnem jezeru (Sl.7).

Dobrih 130 m južno od izvira je v skalnem bregu plitva vrtača. V njej so najprej poskusili zgraditi zajetje za črnomaljski vodovod. Med gradnjo črpalnega vodnjaka pa je v njem izgubilo življenje kar pet delavcev, ki so se po miniranju prehitro spustili vanj. Čeprav je bilo izkopano dno 4 m pod gladino izvira, iz vodnjaka niso dobili več kot 0,2 l/s tudi potem, ko so v dno zvrtali 34 m globoko vrtino in jo razstrelili z okrog 80kg razstreliva (F. JENKO, 1959,196). Kasneje so zgradili nov črpalni vodnjak le 15 m od izvira, toda tudi v ta vodnjak je pritekala omejena količina vode, kar se je poznalo v pomanjkljivi oskrbi Črnomlja v sušnih mesecih, čeprav se je iz izvira prelivalo še dovolj vode. Kasnejše raziskave so pokazale, da se izvorno jezero napaja skozi globok sifonski rov. Skalno obrobje, v katerem sta skopana oba vodnjaka, pa je manj prevotljeno. To je treba upoštevati tudi pri morebitnem novem zajemanju globljih zalog Dobljčice (Sl.8).



Sl. 7 Izvir Dobljčice

Fig. 7 Dobljčica spring



Sl. 8 Geološki položaj Dobljčice

1 - aluvij, 2 - rdeča glina, 3 - apnenec, 4 - dolomit 5 - merjeni prelomi in cone,
6 - vpad in smer skladov

Fig. 8 Dobljčica geological situation

1 - alluvium, 2 - red clay, 3 - limestone, 4 - dolomite, 5 - surveyed faults and zones,
6 - strike and dip of beds

Podturnščica

Nizek skalni hrbet med Kvasico in Tančo Goro loči dobličko kotlinico od Dragatuške, v kateri sta kraška izvira, Podturnščice in Obrščice. Izvir Podturnščice pri Brezniku leži 4 km južneje od izvira Dobličice. Ob vznožju strme rebri je kratek izvorni zatrep, zasut z gruščem in ilovico. Iz njega se preliva ob visoki vodi do 3 m³/s, ob nizkih vodah pa se izceja iz podzemlja skozi grušč komaj 2 l/s. Zajezena kraška voda je ob suši dosegljiva v odprtih špranjah ob skalnem robu zatrepa. Med poskusnim črpanjem Dobličice se gladina v izviru Podturnščice ni bistveno znižala (Sl.9) Tudi kemijske in temperaturne lastnosti kažejo, da ima Podturnščica svoje zaledje, ki je vsaj v izvirnem delu ločeno od Dobličice.



Sl. 9 Razpoka z vodo ob izviru Podturnščice

Fig. 9 Water-filled fissure at Podturnščica spring

Obrščica

Drugi izvorni krak Podturnščice predstavlja komaj 500 m oddaljeni izvir Obrščice pri vasi Obrh. Tudi ta izvir daje ob suši komaj 3 l/s, ob visokih vodah pa nad 1000 l/s. Izvir hidrološko ni stalno opazovan, višino vode in pretoke merijo skupaj na Podturnščici pri mostu pred Dragatušem. Po velikosti zatrepa sodimo, da je izvir pri Obrhu povezan z izdatnejšo vodno žilo kot oni pri Podturnu. Voda priteka iz odprtega sifonskega rova, ki

strmo pada pod vznožje prepadne stene. Tudi tu so potrebne še potapljaške raziskave in poskusno črpanje, ki naj potrdi možnosti izkoriščanja stalnih vodnih zalog (Sl.10).



Sl. 10 Izvir Obrščice

Fig. 10 Obrščica spring

Okno pri Nerajcu

Okno je stalen kraški izvir Nerajčice, ki podobno kot Podturnščica in Obrščica, odteka v Lahinjo. To je skrajni južni izvir ob vznožju Poljanske gore oziroma Cerknika (238m) pri Malem Nerajcu (Sl.II). Cernik je z nizkim dolom med Suhorjem in Obrhom ločen od višje Poljanske gore nad Zapudjem. V Okno se verjetno stekajo tudi kraške vode, ki se pokažejo v estavelah pri Suhorju, v Selšici ali Suhorskem Bregu ter v Gradnici in Ljubešnici za Cernikom. Nad Oknom je podorni zatrep, ki nakazuje star, podrt pritočni rov.



Sl. 11 Okno pri Nerajcu

Fig. 11 Window near Nerajc

Gradnica in Ljubešnica pri Suhorju

V plitvi udornici ob robu zapudskega dola pri Suhorju niha gladina vode za okrog 5 m in se le v najvišjih vodostajih prelije po ravnici na Lokah zahodno od Cernika. Podobno nihanje vodne gladine lahko opazujemo tudi v Ljubešnici na severni strani Loke za Cernikom (Sl.12).

Suhorski Breg

V vasi Gornji Suhor je več vodnjakov, ki segajo do kraške podtalnice. Izkoriščajo jo za oskrbo, čeprav je precej onesnažena. Suhorski Breg priteka ob visoki vodi iz manjše jame in se po kratki strugi preliva do požiralnikov pred Dolnjim Suhorjem. Tudi tam so vodnjaki skopani do kraške podtalnice. Nekdaj so bili opremljeni z ročnimi črpalkami, ki



Sl. 12 Izvir Dobljčice, za 2 m znižana gladina ob črpalnem poskusu oktobra 1986. V izsušeni strugi je bila najdena črna človeška ribica (Aljančič, Mihevc, Habič, 1986).

Fig. 12 Dobljčica spring, during pumping test in October 1986 the water table was lowered for 2m. In dried riverbed the black proteus anguinus was found (Aljančič, Mihevc, Habič, 1986).

pa so že zdavnaj dotrajale. Ob visokih vodah je kratka struga Selčice med Gornjim in Dolnjim Suhorjem zalita in poplavna voda se lahko površinsko prelije v Nerajčico. Nizke vode verjetno izvirajo v Stepanjcu, kamor odtekajo tudi vode iz 8 m globokega okenca Glušenke na polju med Nerajcem in Malo Lahinjo. V Stepanjec odtekajo najbrž tudi vode iz okenc pri Stari in Novi Lipi ter iz Ponika pri Djudu južno od Male Lahinje. Zveze, ki so jih nakazali črnomaljski jamarji, zlasti S. Klepec (Arhiv IZRK ZRC SAZU), z barvanjem še niso potrjene. Na postopno prestavljanje površinskih tokov v podzemlje opozarjajo tudi suhe doline med Lahinjo in Nerajcem (Sl.13).

Hidrogeološki položaj izvirov

Kraški izviri na vzhodnem obrobju Poljanske gore so razporejeni na obrobju pliocenske kanižarske tektonske kadunje. Z glinami, kremenovim peskom in laporjem ter vmesnimi premogovnimi plastmi zapolnjena globel predstavlja nekakšen jez kraškim vodam. Posebno tiste iz višjega zahodnega, južnega in severnega obrobja kotline se prelivajo ob tem jezu na površje. Vode iz izvirov pri Podturnu, Obrhu, Nerajcu in Knežini kot Lahinja odtekajo ob južnem in vzhodnem obrobju kanižarske kadunje. Vode iz izvirov



Sl. 13 Črpanje Dobljčice

Ob ustaljeni gladini je dajal izvir 180 l/s

Fig. 13 Dobljčica pumping

During stabilized level the spring yielded 180 l/s

Dobljčice, Obršca, Jelševnika in Sihurne ter Brežička pa ob njenem zahodnem in severnem obrobju. Poleg nepropustnih plasti v omenjeni kadunji predstavljajo delni jez tudi zdrobljene kamnine v prelomni coni, v katero je kanižarska kadunja tudi vložena. Zdrobljene kamnine so manj prepustne in silijo kraške vode iz višjega zaledja na površje. V njih samih pa je poseben vodni režim, kjer se del voda stalno zadržuje, del pa se podzemeljsko in površinsko pretaka. Stalne zaloge v zakraseli gmoti hranijo tudi vodne udore v Kanižarskem rudniku.

Površje na apnencih in dolomitih na južnem, zahodnem in severnem obrobju je nižje od površja v sipkih pliocenskih sedimentih pri Kanižarici. K tej inverznosti reliefa je nekaj lahko prispevala koncentracija voda. Toda ta je bila očitno pogojena s tektonskim zastajanjem blokov v dobljčko kanižarski prelomni coni. V dragatuški in dobljčki globeli so se na apnencih in dolomitih ohranile debelejšje plasti rdečerjave ilovice, ki daje tej pokrajini manj kraški videz. I. GAMS (1962) je mnenja, da je k oblikovanju Bele krajine pomembno prispevala pospešena korozija ob odstranjevanju neogena. To bi lahko bilo tudi odločilno za nastanek dragatuške in dobljčke globeli. Pogrešamo pa enako globel na vzhodni strani ohranjenega neogena. Erozijsko tudi ni povsem razumljivo izogibanje tokov sipkim panonskim sedimentom.

Morfološke in hidrološke razmere so bolj verjetno posledica različne dinamike tektonskih blokov ob vznožju Poljanske gore. To dejstvo je pomembno za razumevanje hidroloških razmer v samem dnu kotlin pa tudi v širšem zaledju izvirov Dobljčice in Lahinje. Dinarsko potekajoča narivna cona je na več mestih prekinjena s prečnimi mlajšimi prelomi, ob katerih so bloki premaknjeni proti jugozahodu ter različno dvignjeni ali spuščeni. Ob teh prelomih so predvsem razporejeni kraški izviri in s prelomi omejeni bloki sestavljajo ločeno zaledje posameznega izvira.

POSKUSNO ČRPANJE STALNIH ZALOG DOBLJČICE

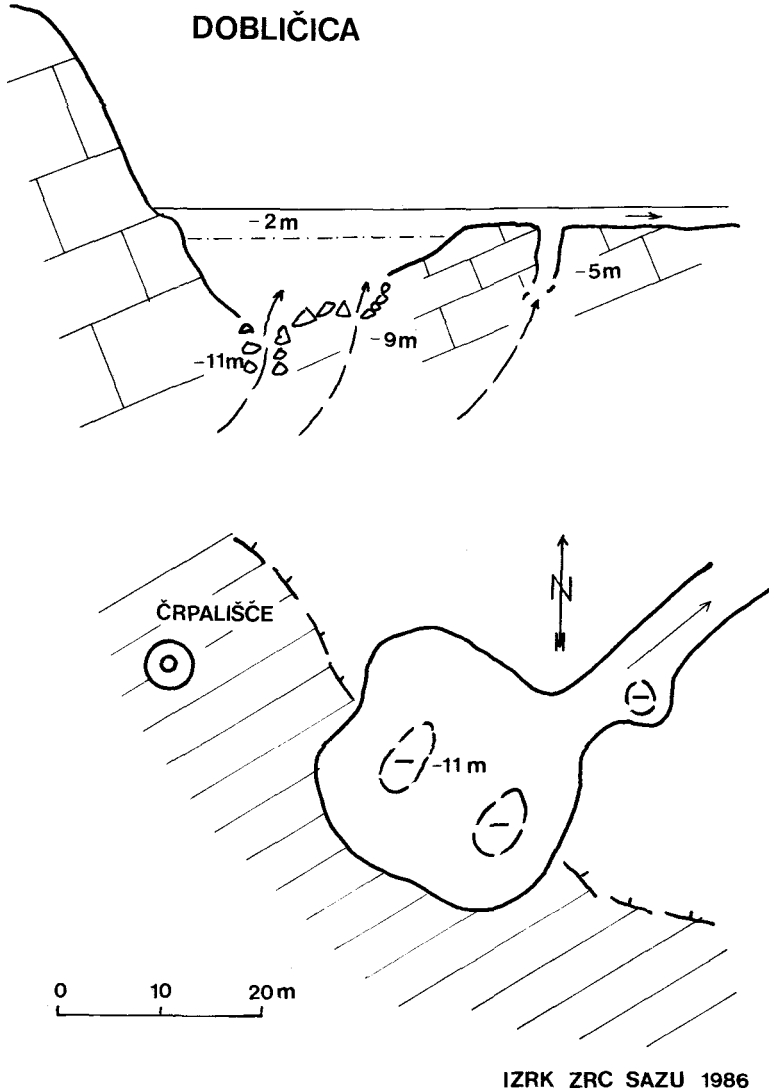
V okviru širše zastavljenih raziskav vodnih virov Bele krajine smo se leta 1986 najprej lotili priprav na izdatno črpanje vodnih zalog Dobljčice. Ta izvir je že od leta 1958 zajet za oskrbo Črnomlja, njegova minimalna izdatnost ni bila natančno izmerjena. Zaradi tehničnih napak pri zajetju niso bile dovolj izkoriščene niti normalne nizke vode. Na splošno je prevladovalo mnenje, da ima Dobljčica ob suši premalo vode, celo za kritje potreb Črnomlja, kaj šele celotne Bele krajine. Izvir ima razmeroma ugodno lego in redko naseljeno, gorato in z gozdom poraščeno zaledje, kar je pomembna prednost v primerjavi z drugimi vodnimi viri Bele krajine, ki so bolj ogroženi.

Globoko izvirno jezerce omogoča črpanje ob znižani gladini, pri roki pa je tudi energija ob vodnem zajetju. S poskusom smo hoteli ugotoviti, kakšne so možnosti za izkoriščanje zajezenih voda v zaledju izvira in kolikšne so njegove vodne zaloge. Poskus naj bi tudi nakazal obseg nadaljnjih raziskav za izkoriščanje in varovanje tega vodnega vira.

Priprava poskusnega črpanja

Ob nizki vodi sredi poletja 1986 smo ob izviroh med Otovcem in Nerajčico postavili merske late in organizirali opazovanje, da bi ugotovili morebitne spremembe gladin med črpanjem Dobljčice. Piezometriških vrtin v zaledju zaradi pomanjkanja sredstev nismo izvrtali. Dva potapljača sta preiskala izvirno jezerce in ugotovila, da bi bilo možno znižati gladino v izviru skoraj za 10 m, če bi črpalke namestili v najglobljo kotanjo (Sl.14). Posebej smo morali poskrbeti za odvod načrpane vode, da se ne bi vračala po zakraseli podlagi nazaj v izvir.

Dež proti koncu poletja je nekoliko zmotil naše načrte, v suhi jeseni pa so se vode spet znižale. Nekaj težav smo imeli pri iskanju črpal, ki bi zmogle potegniti iz izvira od 300 do 400 l/s. Imel jih je Geološki zavod v Ljubljani in z njihovimi sodelavci smo v kratkem času pripravili vse potrebno za črpanje. Dobrih 200 m od izvira je Gradbeno podjetje iz Črnomlja zgradilo jez v strugi Dobljčice, ki naj bi preprečeval vračanje vode v izvir. Po našem naročilu so izkopal 200 m dolg jarek čez njive od izvira do struge pod



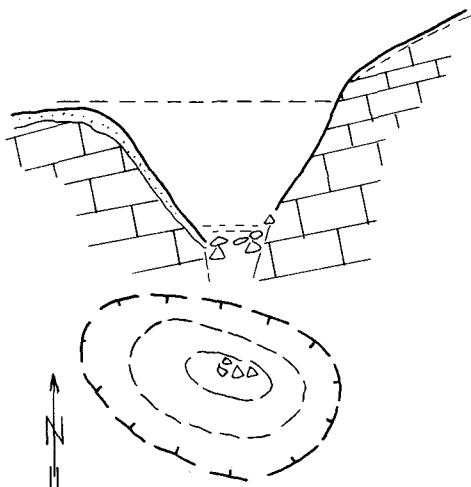
Sl. 14 Oblika kraškega izvira Dobličice

Fig. 14 The shape of Dobličica karst spring

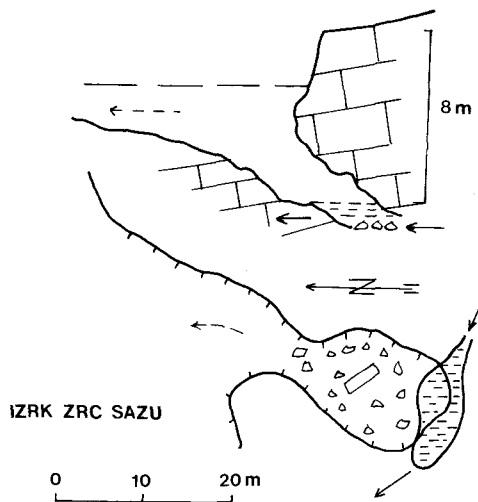
jezom (Sl.15). Po načrtu inž. B. Šetine z Vodnogospodarskega inštituta je bilo izdelano leseno korito za merjenje pretoka načrpane vode (Sl.13). Iz bližnjega transformatorja smo dobili potrebno energijo in dve električni potopni črpalki smo obesili na plavajoče kovinske sode. Gasilci in sodelavci Rudnika Kanižarica so nam priskočili na pomoč z

dodatnimi črpalkami za prečrpavanje vode v vodovodno zajetje, ko so tam črpalke zaradi znižane gladine ostale na suhem.

LJUBEŠNICA 2097



GRADNICA 2098



Sl. 15 Estaveli Ljubešnica in Gradnica v zaledju Nerajčice

Fig. 15 Estavellas Ljubešnica and Gradnica in Nerajčica background

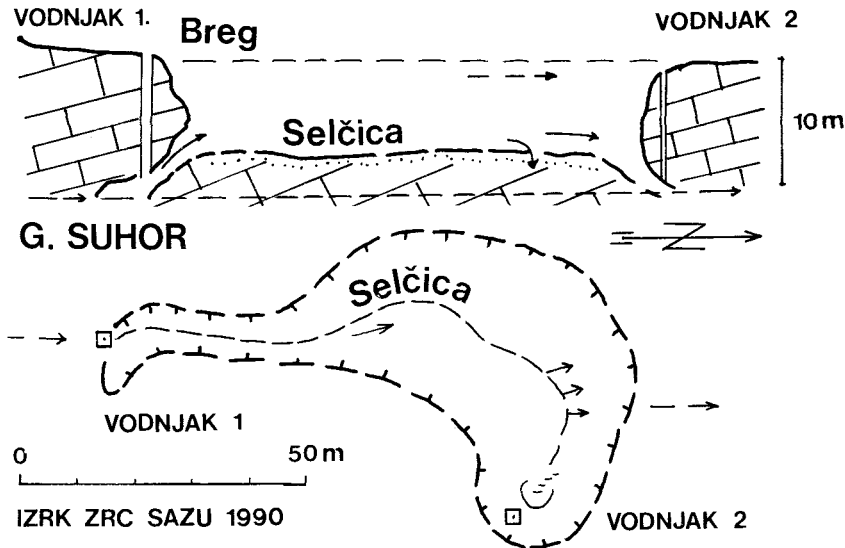
Poskusno črpanje

S črpanjem smo začeli 16. oktobra ob 8 uri in obe veliki črpalke sta dajali skupno 247 l/s. Ko se je v izviru znižala gladina za 12 cm, je upadla v vodovodnem zajetju že za 30 cm. Dodatno prečrpavanje iz izvira v zajetje ni bilo enostavno, ker se je del vode iz prepustnega umetnega vodnjaka vračal v izvir. Poleg tega pa smo imeli tudi težave z zrakom v tlačnem cevovodu, ki je zmanjševal dotok vode v vodohram. Težave v oskrbi Črnomlja so resno ogrozile naš poskus, po dogovoru s predstavniki občine pa smo vendarle nadaljevali s črpanjem. Ob tem smo spoznali pomanjkljivosti vodovodnega sistema, ki jih je upravljalec po končanem poskusu odpravil in tako zagotovil nemoteno oskrbo z vodo. To je bil tudi najvažnejši posredni rezultat naših prizadevanj.

Po 75 urah polnega črpanja s skupno količino 297 l/s se je gladina vode v izviru znižala za 2,13 m (Sl. 16). V celotnem črpalnem obdobju so zaradi okvar in prekinitev črpalke stale skupno 5 ur, posamezne prekinitve pa niso bistveno vplivale na spremembe gladine. Z zmanjšanjem črpanja na 180 l/s se je vodna gladina v izviru ustalila, kar je trajalo dobrih 5 ur. S tem smo dosegli poglobilni cilj poskusa. Nadaljnje zniževanje gladine pa v danih razmerah ni bilo več smiselno. Ko smo ustavili obe večji črpalke in dodajali

le 70 l/s vode v zajetje, se je gladina v izviru dvigala in po 100 urah dosegla prvotno prelivno višino.

G. SUHOR



Sl. 16 Suhorski Breg in Selčica v zaledju Nerajčice

Fig. 16 Suhorski Breg and Selčica in Nerajčica background

V 70 urah črpanja z 247 l/s je bilo izčrpano v odtok 62.244 m^3 , v petih urah črpanja z veliko črpalko s 110 l/s ob ustaljeni gladini pa je odteklo po strugi Dobljčice še 1.980 m^3 , skupno torej 64.224 m^3 . V tem času je bilo iz vodovodnega zajetja načrpano za oskrbo 13.200 m^3 , skupno je bilo torej iz izvira in njegovega kraškega zaledja izčrpano 77.424 m^3 vode. Med polnjenjem je bilo v 100 urah načrpano iz izvira še 22.224 m^3 . Skupno količino 99.648 m^3 vode je v 100 urah po prenehanem zniževanju gladine nadomestil naravni dotok.

Ocena izdatnosti izvira ob črpanju

Pred poskusom, ko so za oskrbo črpali okrog 70 l/s, se je v strugo Dobljčice prelivalo še dobrih 20 l/s, skupna izdatnost izvira je bila tedaj nekaj nad 90 l/s. Ob ustaljeni gladini 2 m pod prelivom Dobljčice smo črpali skupno 180 l/s. Iz tega sklepamo, da se vsaj v krajšem obdobju pri nižani gladini lahko črpa iz podzemlja še enkrat več vode, kot znaša najnižji naravni pretok. To potrjuje tudi krivulja praznjenja ob enakomernem črpanju. V prvih treh urah se je gladina zniževala za 1,33 mm/min, po 6 urah za 0,66 mm/min, po 60 urah črpanja pa samo še za 0,46 mm/min. Ti podatki kažejo, da se z znižanjem gladine v izviri poveča dotok iz zaledja, kar je ugodno za zajemanje stalnih zalog.

Kako daleč v zaledje se je znižala gladina, nismo mogli ugotoviti. V sosednjih izvirih nismo zasledili sprememb v gladinah ob znižanju v izviru Dobljčice. Gladina v 2 km oddaljenem Obršcu je bolj upadla pred kot med poskusom. Gladina v tem izviru je po dežju ob koncu črpanja tudi hitreje narastla in ponovno upadla, ko se je gladina Dobljčice še dvigala. Očitno gre za ločeno zaledje obeh izvirov. Podobno neodvisno nihanje gladine smo zabeležili tudi pri Jelševniku. Navidezno se z zniževanjem gladine v Dobljčici med črpanjem še najbolj sklada znižanje gladine v Podturnščici. Toda tudi v tem, 3,8 km od Dobljčice oddaljenem izviru se je gladina enakomerno zniževala že pred črpanjem in enako tudi med umetnim znižanjem gladine v Dobljčici. Znižanje gladine se ni pokazalo niti v sosednjih vodnjakih s kraško podtalnico v Dobljčah, pri Jerneji vasi in Brezniku. Vse to kaže, da med razmeroma kratkotrajnim črpanjem zniževanje gladine kraške vode ni doseglo sosednjih izvirov. Lahko pa se spremembe pokažejo ob daljšem in izdatnejšem črpanju. Ker pa so tudi ob suši gladine v izvirih različno visoko, je to malo verjetno.

Tabela 1: NIHANJE GLADINE V IZVIRIH MED ČRPANJEM DOBLJČICE
m abs. v. - m. a. s. l.

Datum	Ura	Dobljčica	Obršec	Jelševnik	Podturnščica	Obrh	Nerajec
13.10.	13	138,56	142,07	142,41	146,74	146,86	146,87
15.10.	8	138,56	142,01	142,41	146,70	146,86	146,87
16.10.	11	138,41	141,97	142,41	146,66	"-"	"-"
17.10.	17	137,40	141,97	142,41	146,66	"-"	"-"
18.10.	11	136,86	141,95	142,41	146,64	"-"	"-"
19.10.	17	136,48	141,94	142,41	146,62	"-"	"-"
20.10.	14	137,00	142,11	142,46	146,61	"-"	"-"
21.10.	15	137,66	142,14	142,43	146,61	"-"	"-"
22.10.	15	138,05	142,06	142,42	146,62	146,86	146,87

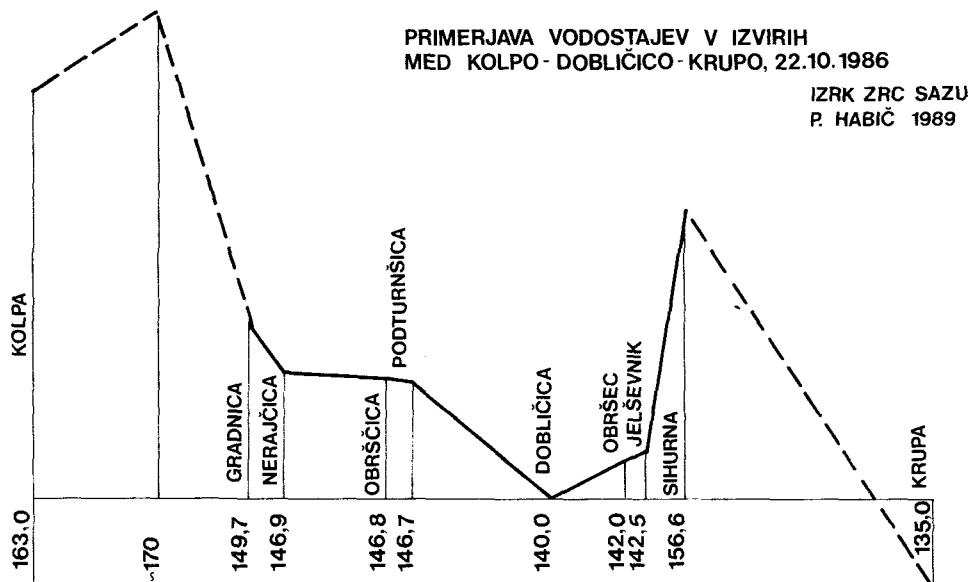
Črpalni poskus je pokazal, da so v zaledju Dobljčice precejšnje vodne zaloge. Pri znižanju za 2 m je bilo izčrpanih okrog 80.000 m³. Če bi enako znižali gladino za 4 m, bi v 150 urah iz kraškega podzemlja dobili domnevno okrog 160.000 m³ vode. Ob primer- nih tehničnih rešitvah bi lahko znižali gladino v podzemlju vsaj za 8 m in tedaj bi mogli izkoristili verjetno okrog 300.000 m³ vode. Ta količina bi zadoščala za oskrbo naselja z 10.000 prebivalci s porabo po 500 l na osebo na dan za 60 sušnih dni. Ne glede na dvome o pravilnosti te ocene o vodnih zalogah Dobljčice, preverili bi jih lahko le s ponovnim in daljšim črpanjem ob najnižjih vodostajih, pa podatki prvega poskusnega črpanja potrjuje- jo vrednost in pomen Dobljčice za oskrbo naselij v celotni Beli krajini. V njenem zaledju so izdatne zaloge, s katerimi je možno pokriti kritično porabo vode ob suši, sicer pa ima Dobljčica dovolj vode za sedanje pa tudi prihodnje potrebe.

Višina vodne gladine v sosednjih izvirih

Najnižja gladina je v Dobljici, v izvirih južno in severno od tod pa so gladine tudi za dober meter višje. Črpalni poskus leta 1986 je pokazal, da umetno znižanje gladine v Dobljici za dva metra ni vplivalo na znižanje gladin v sosednjih izvirih. S tem pa še ni rečeno, da gladine globlje v zaledju niso medsebojno povezane, le izvorni rovi na obrobju posameznih blokov so ločeni. Vsekakor je pomemben najnižji preliv iz podzemlja pri Dobljici, k njemu se z obeh strani znižujejo gladine sosednjih izvirov (Sl.17).

Tabela 2: PRIMERJAVA GLADIN V IZVIRIH MED KOLPO IN KRUPO
Dne 22. 10. 1986.

Kolpa pri Vinici (po TTN, Vrbovsko)	163,0 m
Razvodje med Kolpo in Lahinjo nad	170,0 m
Gradnica	149,7 m
Nerajčica	146,9 m
Obrščica	146,8 m
Podturnščica	146,7 m
Dobljica	140,0 m
Obršec	142,0 m
Jelševnik	142,5 m
Sihurna	156,6 m
Krupa	135,0 m



Sl. 17 Primerjava višine vodne gladine v izvirih med Kolpo, Dobljico in Krupo

Fig. 17 Comparison of water level altitude in the springs among Kolpa, Dobljica and Krupa

Iz priložene tabele in skice lahko razberemo, da obstaja med Kolpo in zaledjem pritokov Lahinje in Dobljčice tako v južnih obronkih Poljanske gore kot v samem viniškem ravniku podzemeljsko razvodje. Znano je, da le del voda iz tega območja odteka neposredno v izvire ob Kolpi. K najnižjemu prelivu ob vznožju Poljanske gore so nagnjene gladine v izvirih na obeh straneh Dobljčice, le izvir Krupe leži niže, zato ima tudi več vode. Izvir Sihurna je blizu razvodja med Dobljčico in Krupo. Ni pa izključeno, da se del voda iz skupnega zaledja razteka v oba izvira, kot je pokazalo barvanje Ponikev na Mirni gori.

FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI IZBRANIH PONOROV IN IZVIROV *

V letih od 1986 do 1990 smo vzorčevali izvire, ki so navedeni v priloženem seznamu. Prva vzorčevanja in meritve v letu 1986 in delno 1987 smo izvedli v času od avgusta do decembra, kasnejša, leta 1987 do 1990, pa v pomladanskem obdobju od marca do junija.

Izvire v porečju Krke smo vzorčevali leta 1988, delno pa tudi 1987 in 1989, le Radešico tudi leta 1990. Izvire v porečju Lahinje smo vzorčevali od 1987 do 1990, izvire ob Kolpi pa smo zajeli v glavnem dvakrat (1987/1988), le Dolski potok in Bilpo še v letu 1989. Krupo smo zajemali od 1988 dalje.

Ob zajemu vzorcev smo določali temperaturo, specifično električno prevodnost (SEP) in pH vode z elektrometričnimi meritvami. V laboratoriju smo titrimetrično določevali karbonatno, kalcijevo in celokupno trdoto ter vsebnost kloridov, spektrofotometrično pa vsebnost o-fosfatov in nitratov, občasno smo določali tudi vsebnost sulfatov s turbidimetrično metodo ter količino raztopljenega kisika. Uporabljali smo standardne metode, kot so navedene v Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1975) in v Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (1989).

Nekaj težav smo imeli pri terenskih meritvah temperature, npr. pri Dobljčici, kjer so nihanja temperature verjetno v precejšnji meri posledica samih meritev izvirne vode z brega izvira, ne pa direktno sredi izvirnega toka.

* Pripravila Janja Kogovšek

Pregled opazovanih izvirov (glej pril.1)**Porečje Krke:**

- 1 Krka - Soteska
- 2 Crkavnik
- 3 Suhorščica
- 4 Obrh (Dolenjske Toplice)
- 5 Radešica
- 6 Izvir pri Kočevskih poljanah

Porečje Lahinje:

- 47 Zdenec pri Otovcu
- 9 Sihurna
- 10 Talački Breg
- 48 Pački Brežiček
- 11 Jezero pri Jelševniku
- 12 Obršec
- 13 Dobljčica
- 14 Podturnščica
- 15 Obrščica
- 16 Ljubešnica
- 17 Gradnica
- 54 Suhorski Breg
- 19 Lahinja
- 41 Krupa

Izviri ob Kolpi:

- 23 Žlanik
- 26 Krivec
- 31 Poganec
- 33 Ušivec
- 36 Dolski potok
- 37 Šumetac
- 38 Bilpa
- 39 Kolpa
- 40 Kotnica

Ponikalnice:

- a Rinža
- b Kačji potok
- c Koprivnik
- d Željski potok
- e Ponikve na Mirni gori
- f Vrčice
- g Miklarjev zdenec
- h Topličica
- i Otovec
- j Rožnodolski potok
- k Bajer

Rezultati meritev izvirmih voda

Nekatere meritve in rezultate analiz opazovanih izvirov smo podali na sliki 18, iz katere so razvidna nihanja. Slika 19 pa podaja povprečne vrednosti. Za nekaj izvirov smo imeli le en vzorec, pri ostalih pa različno število, do 17 meritev.

**Izviri v porečju Krke: Crkavnik, Suhorščica, Obrh,
Radešica in izvir pri Kočevskih Poljanah**

V izviroh niha temperatura vode z manjšimi odkloni okoli 9°C (maksimalna izmerjena je bila 9.7°C), celokupna trdota pa okoli 210 mgCaCO₃ l⁻¹, večje razlike med izviri

pa nastopajo v razmerju Ca/Mg. Izvira Crkavnik in izvir pri Suhorju imata razmerje Ca/Mg okoli 10, Obrh in izvir pri Kočevskih Poljanah pa okoli 20 z znatnimi nihanji preko leta.

Radešico smo na izviru vzorčevali 8 krat. Njena temperatura je nihala med 9.1 in 9.7°C, razmerje Ca/Mg od 4.3 do 6.3, celokupna trdota pa okoli 225 mgCaCO₃ l⁻¹. Nižje razmerje Ca/Mg v primerjavi z naštetimi izviri je posledica višje vsebnosti magnezija v Radešici. Majhna nihanja naštetih parametrov kažejo na ustaljen režim izvira, ki ga pogojuje njegovo zaledje.

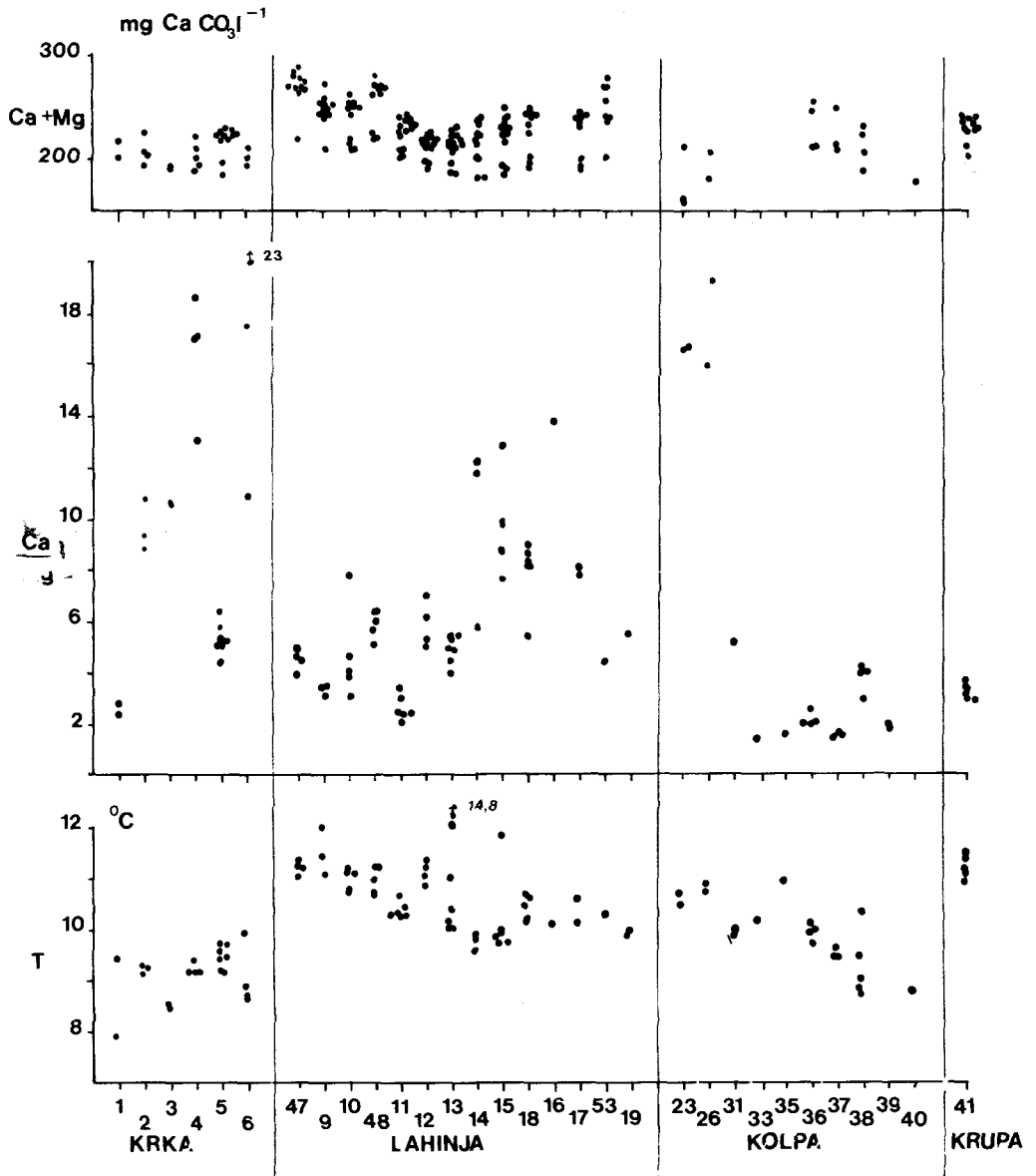
Ob višjih pomladanskih vodah smo izmerili povišano koncentracijo sulfatov v Crkavniku (34 mg l⁻¹) in v Radešici (14 mg l⁻¹), ob nižjem vodostaju pa le v Crkavniku. Izviri niso onesnaženi glede na kloride, nitrate, o-fosfatov, kar se odraža tudi v nizki SEP, z izjemo Radešice, ki vsebuje od 0.05 do 0.6 mg PO₄³⁻ l⁻¹. Iz tabele 3 so razvidni rezultati meritev in analiz vzorcev, ki smo jih zajeli 10.3.1988.

Porečje Lahinje

Izviri: Sihurna, Talački Breg, Pački Brežiček in Zdenec pri Otovcu

Ob vzorčevanju Sihurne se je voda vedno zadrževala v izvorni kotanji pod prelivnim robom, medtem ko je voda Talaškega Brega in Paškega Brežička iztekala in njuna temperatura je le malo nihala okoli 11°C. Odstopala je le temperatura Sihurne. Razmerje Ca/Mg je bilo pri Sihurni 3, pri Paškem Brežičku 6 in se je le malo spreminjalo; pri Talaškem Bregu pa smo izmerili vrednosti od 3 do 8. Celokupna trdota Sihurne in Talaškega Brega je nihala okoli 250 mgCaCO₃ l⁻¹, Paškega Brežička pa okoli 270 mgCaCO₃ l⁻¹ z manjšimi odstopanji.

Zdenec pri Otovcu, ki že po nekaj metrih za izvirom ponika, ima dokaj stalno temperaturo (11.0-11.3 °C), razmerje Ca/Mg 3.9-4.8 in celokupno trdoto 275 mg CaCO₃ l⁻¹ in dokaj sovпада z značilnostmi zgoraj naštetih izvirov. Večja koncentracija nitratov, o-fosfatov in kloridov, ki nakazuje onesnaženje, je bila prisotna na vseh štirih zajemnih mestih. Najbolj je onesnažen Zdenec pri Otovcu. Vseboval je povprečno 5mg l⁻¹ kloridov, 0.25 mg l⁻¹ o-fosfatov in 7.3 mg l⁻¹ nitratov. Onesnažen je tudi bližnji izvir Planinc, dne 13. avgusta 1990 je vseboval 13 mg l⁻¹ kloridov, 0.16 mg l⁻¹ o-fosfatov, 18 mg l⁻¹ nitratov in 16 mg l⁻¹ sulfatov. Bližnja okolica izvirov je poseljena in človekova dejavnost v njihovem zaledju vpliva na slabšo kvaliteto izvirske vode.



Sl. 18 Celokupna trdota, Ca/Mg in temperatura izvirov v Beli krajini (številke izvirov po seznamu in pril. 1)

Fig. 18 Total hardness, Ca/Mg and springs temperature in Bela krajina (the numbers of springs according to list and Annex 1)

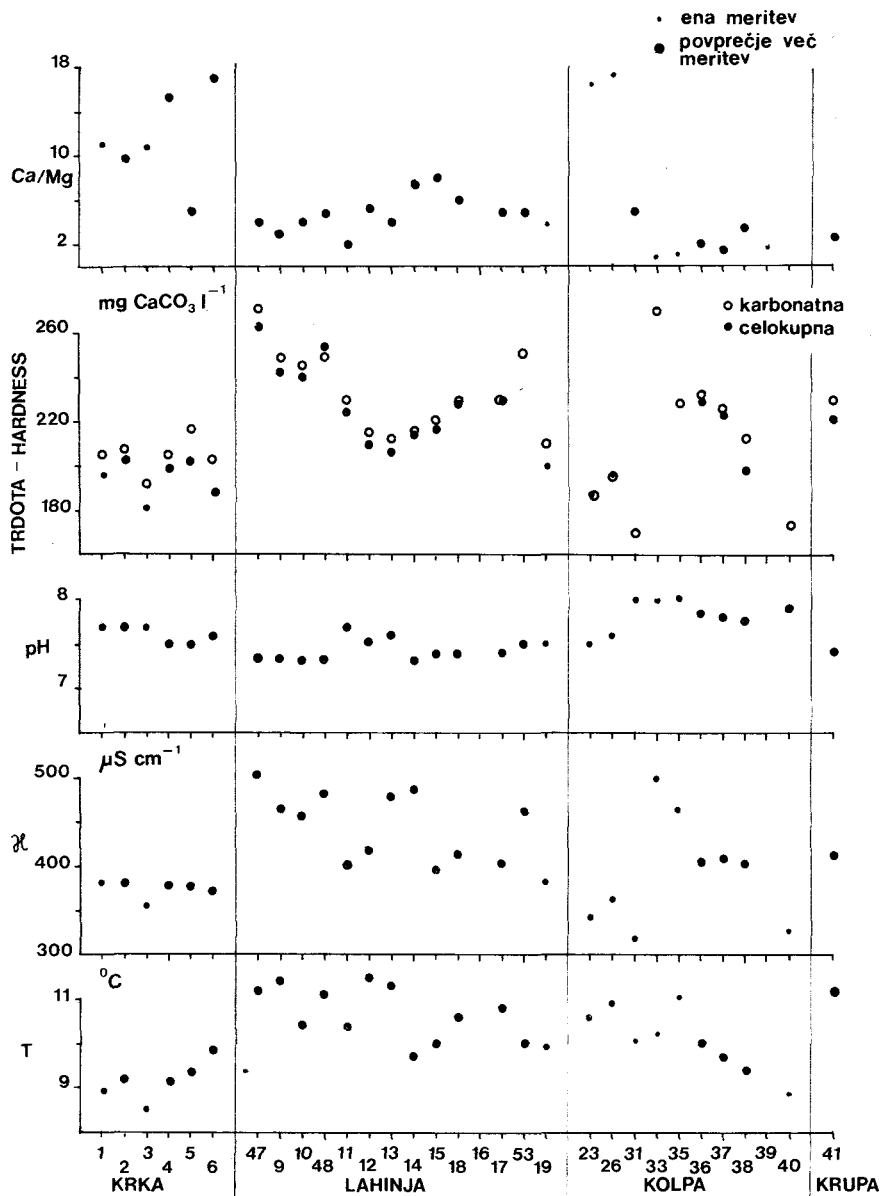


Fig. 19 Average values of temperature, specific electric conductivity, pH, hardnesses and Ca/Mg of the springs in Bela krajina

Tabela 3

Porečje KRKE

Čas zajema: 10. 3. 1988

Mesto	T	SEP	pH	Karb.	Ca	Ca+Mg	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Krka-Soteska	7.9	420	8.1	219	157	218	4	1.3	9.5	0.16
Crkavnik	9.2	382	7.7	196	184	205	2	0.4	3.4	0.01
Suhorščica	8.5	355	7.7	181	175	192	1	0.5	18.5	0.06
Obrh-D.Topl.	9.2	388	7.5	199	192	203	2	0.4	11.5	<0.01
Radešica	9.2	407	7.6	208	179	221	3	0.7	13.5	0.12
Koč. Poljane	8.7	370	7.5	195	186	203	1	1.2	10.5	0.09
Krupa(6.4.88)	10.9	382	7.9	201	159	205	2	4.4	3.0	0.04

1 temperatura v °C

2 SEP v $\mu\text{S cm}^{-1}$ 4 karbonatna trdota v $\text{mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ 5 kalcijeva trdota v $\text{mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ 6 celokupna trdota v $\text{mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ 7 kloridi v $\text{mgCl}^{-1} \text{ l}^{-1}$ 8 nitrati v $\text{mgNO}_3^{-1} \text{ l}^{-1}$ 9 sulfati v $\text{mgSO}_4^{2-1} \text{ l}^{-1}$ 10 o-fosfati $\text{mgPO}_4^{3-1} \text{ l}^{-1}$

Tabela 4

Porečje LAHINJE

Čas zajema: 20. 5. 1987

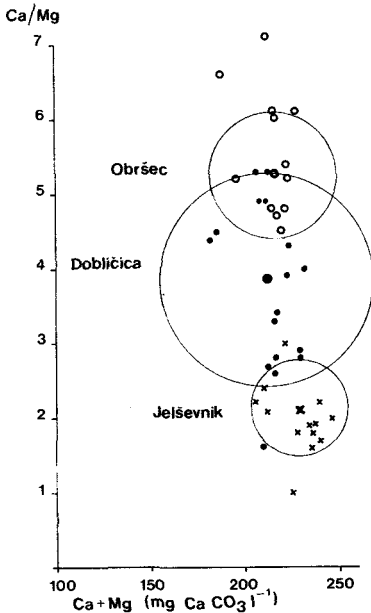
Mesto	T	SEP	pH	Karb.	Ca	Ca+Mg	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Otovec	11.1	426	7.4	224	186	222	4	7.7	-	0.13
Sihurna	11.6	408	7.4	211	162	209	3	7.5	-	0.11
Tal. Breg	11.0	401	7.4	214	172	212	2	7.9	-	0.03
Pač. Brež.	11.0	429	7.3	227	182	226	3	16.2	-	0.19
Jelševnik	10.4	375	7.6	211	146	212	1	1.0	-	<0.01
Obršec	11.5	373	7.6	190	164	189	3	15.3	-	0.04
Dobličica	11.0	338	7.8	186	152	186	1	0.9	-	0.01
Podturnšč.	9.6	331	7.2	181	158	180	1	1.2	-	0.01
Obrščica	9.9	342	7.4	188	166	187	1	1.2	-	<0.01
Gradnica	10.8	362	7.6	200	170	201	2	6.0	-	<0.01
Nerajčica	10.5	359	7.4	198	174	198	1	3.0	-	0.03
Suh. Breg	10.3	369	7.6	200	172	200	1	4.4	-	<0.01

Izviri Dobljčice, Obršca in Jezera pri Jelševniku

V letih 1986-90 smo Dobljčico vzorčevali 17-krat, Jelševnik 16-krat in Obršec 12-krat. Jesenske vode smo zajeli leta 1986 in 1987, spomladanske od 1987 do 1990. Med črpalnim poskusom smo prve tri izvire ter Otovec, Sihurno, Talački Breg in Pački Brežiček ter Podturnščico, Obrščico, Nerajčico, Gradnico, Suhorski Breg in Krupo zajeli 7-krat, najprej 21.8. in 3.10.1986, nato v sušnem vremenu pred črpalnim poskusom 13.10.1986, dne 17.10.1986 med črpanjem, ko je voda v izviru Dobljčice upadla približno za 1 m, in nato 22.10.1986 po končanem črpanju, ko se je gladina izvira dvigala. Kasneje smo vzorčevali po dežju 3.11.1986 in še 18.11. 1986. Iz tabele 4 so razvidni rezultati meritev in analiz zajete serije vzorcev navedenih izvirov 20.5.1987.

Temperatura Jelševnika (10.2 - 10.6°C) in Obršca (10.8 - 11.3 °C) je dokaj stalna, medtem ko v Dobljčici niha med 10.0 in 14.8°C. To je v veliki meri posledica merjenja na robu izvirnega jezera, kjer je voda pod vlivom zunanje temperature.

Razmerje Ca/Mg Jelševnika je nihalo med 1.6 in 3.5 (povprečna vrednost 2.1), Dobljčice med 2.7 in 5.5 ob povprečni vrednosti 3.9 ter Obršca med 4.5 in 7.2 s povprečno vrednostjo 5.3. Najmanjše je nihanje v Jelševniku, večje pa v Dobljčici in Obršču. Najnižje vrednosti smo zabeležili pri vseh treh izviroh avgusta 1986, ko so bile med njimi tudi najmanjše razlike (Jelševnik 1.0, Dobljčica 1.6 in Obršec 2.2). Izgleda, da je to značilno za nizke, počasi iztekajoče vode, ko v zaledju izvirov ni izdatnejših padavin. Razmerje Ca/Mg je prikazano na sliki 20.

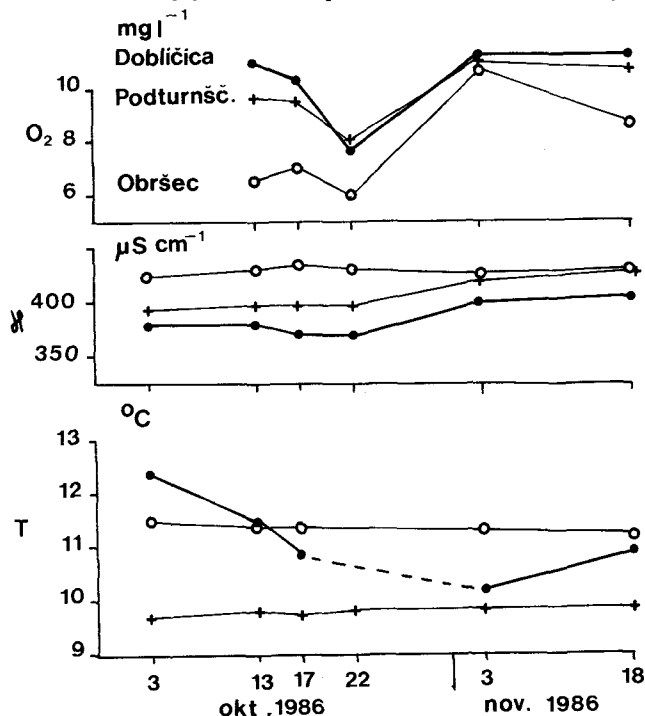


Sl. 20 Nihanje razmerja Ca/Mg v Dobljčici, Jelševniku in Obršču

Fig. 20 Oscillations of Ca/Mg rate in Dobljčica, Jelševnik and Obršec

Jelševnik vsebuje več magnezija kot Dobljčica in tudi njegova celokupna trdota je nekoliko višja. Celokupna trdota Dobljčice in Obršca le malo niha okoli vrednosti $215 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Tudi karbonatna trdota obeh izvirov je praktično enaka. Le SEP Obršca je višja, kar pa je posledica višje vsebnosti kloridov in o-fosfatov. Stabilnost merjenih parametrov izvirov je značilno za zaledje, v katerem se močno izravnavajo padavinski vplivi.

Analizirani so bili tudi vzorci med črpalnim poskusom na Dobljčici. Dne 13.10.1986 smo zajeli nizke vode pred pričetkom črpanja, 17.10. v času črpanja in 22.10. po koncu, ko se je vzpostavljalo začetno stanje. Temperatura Dobljčice je 22.10. močno narasla, hkrati pa v Jelševniku za 0.7°C . Obenem smo zabeležili zmanjšanje vsebnosti raztopljenega kisika za $2.6 \text{ mgO}_2 \text{ l}^{-1}$. Podoben upad kisika smo zabeležili le še v Jelševniku in v Podturnščici za 1.5 mg l^{-1} ter pri Obršču za $1 \text{ mgO}_2 \text{ l}^{-1}$. Te rezultate podaja tudi slika 21. Iz tega bi lahko sklepali, da je črpanje povzročilo v Dobljčici dotok nove vode z drugačnimi značilnostmi. Vzporedno nihanje vsebnosti raztopljenega kisika bližnjih izvirov pa morda le nakazujejo določeno povezanost njihovih zaledij.



Sl. 21 Temperature, specifična elekt. prevodnost in raztopljeni kisik v Dobljčici, Obršču in Podturnščici ob poskusnem črpanju

Fig. 21 Temperature, specific electric conductivity and dissolved oxygen in Dobljčica, Obršec and Podturnščica during test pumping

Dobljčica je vsebovala največ do 4 mg l^{-1} kloridov, čeprav je povprečna vrednost

meritev 2 mg l^{-1} , do 0.1 mg l^{-1} o-fosfatov ob povprečni vrednosti 0.03 mg l^{-1} in do 7 mg l^{-1} nitratov, s povprečno vrednostjo le 2.9 mg l^{-1} . Podobne povprečne vrednosti kloridov, o-fosfatov in nitratov je imel tudi Jelševnik. Višje vrednosti naštetih parametrov se pojavljajo v jesenskem obdobju; po padavinah v začetku oktobra pa smo ugotovili njihov upad ob sočasnem porastu vsebnosti raztopljenega kisika, kar si razlagamo z dotokom nove vode.

Tudi podrobnejša analiza vzorca Dobljčice konec oktobra 1986, ki jo je opravil Zavod za socialno medicino in higieno Novo mesto, je pokazala, da voda v kemičnem pogledu odgovarja pravilniku o higieni neoporečnosti vode, ki je namenjena za javno preskrbovanje prebivalstva kot voda za pitje ali za izdelavo živil, namenjenih za prodajo.

Obršec ima bolj onesnaženo vodo, saj povprečna vsebnost kloridov znaša 5 mg l^{-1} , povprečna vsebnost o-fosfatov 0.17 mg l^{-1} in povprečna vsebnost nitratov 7 mg l^{-1} . Preučiti je potrebno še izvor tega onesnaženja, saj sta izvira Dobljčice in Jelševnika v neposredni bližini in morda izpostavljena skupnemu viru onesnaženja.

Bakteriološka preiskava narasnih izvirov od Otovca do Suhorskega Brega in Krupe je 3.11.1986 po možnem deževju pokazala v vseh primerih oporečno vodo s povečanim številom vseh živih bakterij, skupnih koliformnih bakterij in povečano vsebnostjo streptokokov fekalnega izvora. V nekaterih primerih so bile prisotne tudi koliformne bakterije fekalnega izvora. Najmanj je bila tedaj onesnažena Obrščica.

Dobljčico smo zajeli za bakteriološko analizo trikrat. Najprej 19.10.1986 v času črpanja, ko je bila gladina Dobljčice najnižja in nato 23.10.1986 po vrnitvi gladine do preliva. Izvida se ne razlikujeta. V obeh primerih surova kraška voda ni ustrezala higienskimi predpisom za pitno vodo, ker je vsebovala preveliko število klic in koliformnih klic ter tudi patogene in fekalne klice (*E.coli*, *Str.faecalis*). Dne 3.11.1986, ko je Dobljčica po nočnem dežju narasla, ni vsebovala koliformnih bakterij fekalnega izvora, bili pa so prisotni streptokoki fekalnega izvora. Zaradi teh neugodnih bakterioloških lastnosti je potrebno kraške vode tudi drugod pred uporabo razkužiti.

Izviri Podturnščice, Obrščice in Nerajčice ter Suhorski Breg, Gradnica in Ljubčnica

Vodi Podturnščice in Obrščice imata po merjenih parametrih sorodne lastnosti. Temperatura Podturnščice niha od 9.5°C do 9.9°C , Obrščice pa do 10.1°C . Povprečna karbonatna trdota je bila pri obeh izviroh $215 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ in je zelo podobno nihala. Povprečna celokupna trdota Podturnščice je bila enaka karbonatni, pri Obrščici $221 \text{ mgCaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Temu so morda delno vzrok nekoliko višje vsebnosti o-fosfatov in nitratov. Obrščica je imela tudi nekoliko višjo SEP. Sorodno je tudi njuno povprečno razmerje Ca/Mg (7.5 oz. 8.1). Po SEP in trdotah se le malo razlikujeta od Dobljčice, kar nakazuje podobnost njihovih zaledij.

Nerajčica ima višjo temperaturo, od 10.2 do 10.9°C , SEP, povprečna vrednost $413 \mu\text{S cm}^{-1}$, višjo karbonatno in celokupno trdoto. Povprečna vsebnost kloridov je 3 mg l^{-1} , o-fosfatov 0.05 mg l^{-1} in nitratov 3.3 mg l^{-1} , torej v območju koncentracij izvirov Podturnščice in Obrščice. Zelo sorodna je vodi Gradnice, nekoliko se razlikuje le v razmerju Ca/Mg.

Tudi Lahinja je podobna Gradnici in Nerajčici, ki smo jo vzorčevali le dvakrat. Podobno ugotavljamo za onesnažen Suhorski Breg, ki ima povišano SEP, ob nizkem vodostaju več kloridov (do 15 mg l^{-1}), o-fosfatov (do 0.5 mg l^{-1}) in nitratov (do 7.2 mg l^{-1}) ter malo raztopljenega kisika (minimum je 2.5 mg l^{-1} , kar pomeni le 23% nasičenost). Izvor onesnaženja je v vasi, ki leži tik nad izviro. Padavine pomenijo razredčitev onesnažene vode in povečanje raztopljenega kisika v njej.

Krupa

Podrobnejše kemične raziskave Krupe so bile opravljene v okviru priprav na zajetje in po odkritju onesnaženosti s PCB (D. NOVAK, 1971, 1984, 1986 in 1989; D. PLUT, 1988). Naše raziskave so bile povezane s sledenjem voda v zaledju Dobličice. Tedaj je imela Krupa na izviro temperaturo od 10.7 do $11.5 \text{ }^\circ\text{C}$ - povprečna 11.1°C , povprečna SEP je $411 \text{ } \mu\text{S cm}^{-1}$, karbonatna trdota 221 mg l^{-1} in celokupna trdota 229 mg l^{-1} . Voda je vsebovala povprečno tudi 2.8 mg l^{-1} kloridov, 0.09 mg l^{-1} o-fosfatov in 4.1 mg l^{-1} nitratov. Najvišje vrednosti o-fosfatov in kloridov so bile ob jesenskih nizkih vodah.

Izviri ob Kolpi

Od izvirov ob Kolpi smo vzorčevali izvir Kotnice(40) (D. NOVAK, 1969; 1971),

Tabela 5
Ob Kolpi
Čas zajema: 10.3.1988

Mesto	T	SEP	pH	Karb.	Ca	Ca+Mg	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Žlanik	10.5	301	7.7	157	149	158	1	0.5	7.3	0.01
Krivec	10.8	347	7.8	182	174	183	1	-	10.0	0.02
Poganac	10.0	317	8.1	149	142	170	3	-	9.0	0.02
Ušivec	10.2	501	8.0	288	160	270	2	-	12.5	0.03
Dol.p.	9.8	390	8.0	209	143	212	1	0.8	9.2	0.05
Šumetac	9.6	382	7.9	207	128	209	2	0.5	8.0	0.03
Bilpa	8.9	415	7.9	199	164	207	6	1.9	15.7	0.31
Kolpa	6.3	288	8.7	151	101	155	2	1.5	6.9	0.05

1 temperatura v $^\circ\text{C}$

2 SEP v $\mu\text{S cm}^{-1}$

4 karbonatna trdota v $\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$

5 kalcijeva trdota v $\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$

6 celokupna trdota v $\text{mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$

7 kloridi v $\text{mg Cl}^{-1} \text{ l}^{-1}$

8 nitriti v $\text{mg NO}_2^{-1} \text{ l}^{-1}$

9 sulfati v $\text{mg SO}_4^{2-} \text{ l}^{-1}$

9 o-fosfati $\text{mg PO}_4^{3-} \text{ l}^{-1}$

Bilpo (39), Šumetac (37), Dolski potok (36), Tropotec (30), Krivec (26) in Žlanik (23). Rezultate analiz izvirov, zajetih 10.3.1988, podaja tabela 5.

Glede na razmerje Ca/Mg bi te izvire lahko razdelili v dve skupini z bistveno različnim zaledjem. Žlanik in Krivec imata razmerje od 16 do 19, ostali izviri pa od 1.5 do 4.0. Šumetac ima le malenkost nižjo karbonatno in celokupno trdoto kot Dolski potok, vendar večjo vsebnost magnezija ob nižjem kalciju, kar da nižje razmerje Ca/Mg.

Bilpa ima za 20 mg $\text{CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ nižjo celokupno trdoto in za 30 mg $\text{CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ nižjo karbonatno trdoto, nižja vsebnost magnezija pogojuje višje razmerje Ca/Mg. Nekoliko povišani kloridi (do 6 mg l^{-1}), o-fosfati (do 0.5 mg l^{-1}) in nitrati (do 8.9 mg l^{-1}), se odražajo tudi v razliki med celokupno in karbonatno trdoto in nakazujejo onesnaženje, ki ga pri drugih izviri ob Kolpi nismo zabeležili. Pri vseh izviri so jeseni in pozimi višje ter spomladi nižje celokupne in karbonatne trdote.

Primerjava ponornih in izvirnih voda

V okviru priprav za sledilne poskuse smo analizirali tudi ponikalnice, v katere smo kasneje vlili sledila. V letih 1987 in 1988 smo zajemali vodo Željnškega potoka, Rinže, Kačjega potoka in ponikalnice na Koprivniku. Željnški potok in Rinža sta imela razmerje Ca/Mg od 5.2 do 8.6 s karbonatno trdoto do 224 mg $\text{CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Celokupna trdota Rinže je bila nekoliko višja od karbonatne, Željnškega potoka pa tudi za 160 mg $\text{CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ višja, kar je odraz visoke vsebnosti sulfatov v njegovi vodi. Obe vodi sta onesnaženi, kar se pri Rinži kaže predvsem v povišanih o-fosfatih, pri Željnškem potoku pa še v povišanih nitratih.

Potok v Koprivniku, še bolj pa Kačji potok vsebujeta malo karbonatov in imata vzporedno nizke celokupne trdote. To so predhodno nakazale tudi nizke vrednosti SEP. Njuno razmerje Ca/Mg je stalno (0.8 - 1.0), voda potoka v Koprivniku pa je tudi onesnažena.

Voda s tako nizkimi trdotami se pri podzemeljskem toku v krasu odvisno od kamnin bistveno spremeni in otežuje sklepanje o podzemeljski povezanosti. Sulfati, ki nastopajo v visoki koncentraciji le v Željnškem potoku, bi bili lahko naravno sledilo, če pri podzemeljskem toku ne bi prišlo do prevelikih razredčitev in njihovega izločanja. Povišane koncentracije sulfatov smo opazili ob višjem vodostaju v Crkavniku in izviru Radešice, ob nižjem vodostaju pa le v Crkavniku. To kaže na verjetnost odtekanja Željnškega potoka proti Crkavniku in Radešici, vendar pa je bilo opravljeno premalo meritev za bolj zanesljivo sklepanje.

Bilpa kaže znake onesnaženja. Ker ima svoje zaledje severno od Kolpe, ki je slabo poseljeno in tam ni večjih onesnaževalcev, sklepamo, da jo onesnažuje predvsem Rinža.

Miklarjev zdenec je imel maja 1989 razmerje Ca/Mg 4.6 in celokupno trdoto 179 mg $\text{CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Nekoliko višje razmerje Ca/Mg in trdote smo zabeležili pri Dobljčici in Obršču, vode Jelševnika pa so v tem znatno odstopale. Zato bi lahko sklepali na sorodnost vode Miklarjevega studenca ter Dobljčice in Obršca.

Voda v Ponikvah je bolj trda predvsem zaradi večje vsebnosti magnezija in ima razmerje Ca/Mg okoli 1.4 ob celokupni trdoti $240 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$. Od bližnjih izvirov ima nizko razmerje Ca/Mg Črmošnjica, ki se s ponorno vodo zelo dobro ujema tudi v SEP in trdotah. Vodi imata soroden izvor. Ker z barvanjem njuna zveza ni bila potrjena, imata najbrž enako dolomitno zaledje. Voda v Kočevskih Poljanah je bistveno drugačna. Ker je dokazana njuna zveza, se v podzemlju voda s Ponikev meša še z drugimi vodami.

Ponikalnico na Vrčicah smo zajeli le enkrat - maja 1989. Označuje jo razmerje Ca/Mg 1.05, kakršno ima tudi voda Črmošnjice, ki pa ima nekoliko nižje trdote. Ponorna voda z Vrčic in Ponikev odteka v Krupo, ki se po kemičnih lastnostih sicer nekoliko razlikuje. V izdatnejši Krupi se vpliv manjših dotokov zabriše in zato po kemični sestavi ni mogoče predvideti medsebojne povezanosti.

Ponikalnici v Rožnem dolu in pri Bajerju imata nizko razmerje Ca/Mg, okoli 1.0, in visoke trdote. Od analiziranih izvirov v okolici bi ju lahko morda vzporejali z izvirom pri Lakovnicah, ki ima razmerje 2 ob višjih trdotah. Sušica ima višje razmerje Ca/Mg (okoli 4) in nižje trdote, podobno kot tudi Krupa, le da so razlike manjše.

Otovec in bližnja Sihurna, Pački Brežiček in Talački Breg so si kemično zelo podobni. Z barvanjem pa je dokazana le zveza Otovca s Pačkim Brežičkom.

PREGLED DOSEDANJIH SLEDENJ

Pregled doslej znanih podzemeljskih vodnih zvez na Dolenjskem je podal D. NOVAK (1987; 1970). Povzel je izsledke starejših sledenj, ki jih je za obdobje do leta 1945 kritično ocenil že A. ŠERKO (1946). Opozoril je tudi na potrebo po novih sledilnih poskusih, ki naj bi bili tako zastavljeni, da bi z njimi spoznali še druge značilnosti kraške hidrologije, ne le zveze med ponori in izviri. V zaledju Dobljčice in na razvodju med Krko in Kolpo v tistem času še ni bilo izvedeno nobeno sledenje.

Drugi prikaz sledenj ponikalnic v Sloveniji je objavil I.GAMS (1965). V njem je zajel izsledke raziskav v obdobju od 1945 do 1965, ko so bili na Dolenjskem obarvani požiralniki Rakitnice (1955) in Rinže (1956). Rakitnica je potrebovala 170 ur za 20,2 km zračne razdalje do Tominčevega studenca ob Krki pri Podgozdu. Barvanje je bilo izvedeno sredi julija, ko še niso bile posebno nizke vode.

Rinža je bila obarvana prvič leta 1954 in nato ob koncu avgusta 1956 pri razmeroma nizkih vodah. V poročilu o tem barvanju (N.ČADEŽ, 1956) beremo, da so Rinžo barvali leta 1954, ko naj bi dokazali njeno zvezo z Dolskim potokom, Dobljčico, Radešico, Obrhom, Crkavnikom, Tominčevim studencem in Šico. Obarvani pa menda niso bili izviri Kotnice, Bilpe, Šumetca in Krupe. Iz poročila ne izvemo, kdo je to barvanje opravil. Rezultati pa so že takrat vzbujali dvome. Čadeževi se je zdelo zelo nenavadno, da bi se Rinža cepila kar v tri tako različne smeri in tudi prečkala vodni tok med Željnskimi jamami in Radešico. Barva naj bi se leta 1954 prvič pojavila šele po enem mesecu, zadnja sled barvila pa naj bi bila zabeležena še dva meseca kasneje. Po mnenju Čadeževe so

takšni rezultati posledica neizkušenosti pregledovalca vzorcev, ki ni razlikoval odtenkov barv uležane vode in Na-fluoresceina. Barva je bila namreč ugotovljena le v vzorcih, ki so bili pregledani šele po več mesecih, ne pa v onih, ki so bili sproti pregledani.

Zaradi teh nejasnosti se je Hidrometeorološki zavod v Ljubljani leta 1956 odločil za ponovno barvanje Rinže. Opazovali so jamo v Šahnu, Kesel v Kočevju, Kotnico, Bilpo, Šumetac, Dolski potok, Obrh pri Dragatušu, Dobljčico, Jelševnik, Krupo, izvir pri Kočevskih Poljanah, Radešico, Obrh, Crkavnik, Tominčev studenec, Šico pri Dvoru in Studenec pod Stavčjo vasjo.

V ponore Rinže pri hišah št.4 in 5 v Kočevju so dne 30. junija 1956 ob 18 uri vlili 33 kg uranina (Vodomer pri Mahovniku H = 51 cm). Bližnje izvire so opazovali že od 1.8.(?), večino drugih pa od 2.9.1956 dalje. Vzorce so zajemali 2 krat dnevno. Barva se je pojavila v Jami v Šahnu že 1. septembra ob 24 uri, do začetka oktobra pa je niso zasledili nikjer drugod. Prvo sled so ugotovili v Bilpi 13. oktobra, višek 30. oktobra, po 11. novembru pa je koncentracija naglo padla in nato je do konca opazovanja, 15. novembra 1956, enakomerno pojemala.

Razmeroma pozen pojav barve v Bilpi, šele po 43 dneh in pol, val pa je trajal le 33 dni, povezuje Čadeževa s sušnim obdobjem, nagel upad koncentracije sledila pa naj bi povzročile izdatne padavine. V poročilu ni nobene navedbe o načinu pregledovanja vzorcev iz drugih opazovanih izvirov, zato ni pojasnjeno morebitno raztekanje Rinže v več smeri.

Ker takratno optično ugotavljanje sledil v vzorcih ni bilo zanesljivo, zlasti ob velikih razredčenjih, smo se lotili ponovnega sledenja Rinže. Poleg podzemeljskih zvez Rinže z Bilpo pa smo želeli hkrati preveriti še zveze drugih ponikalnic na Kočevskem. D.NOVAK (1987) sicer omenja barvanje potoka pri Klinji vasi spomladi 1985, s katerim naj bi bila zanesljivo dokazana zveza s Tominčevim studencem in Radešico, nezanesljiv pa je po njegovem pojav sledila v Obrhu. Barvanje je bilo menda izvedeno ob visokih vodah, zato je razumljiv razmeroma hiter pretok proti Tominčevemu studencu, počasnejši pa proti Radešici.

Zveza Željskega potoka je bila le posredno dokazana s premogovimi drobci, ki so se iz odplak dnevnega kopa pri Kočevju pojavili v izvirih Radešice (N. ČADEŽ, 1963). Drugi potoki na Kočevskem dotlej niso bili barvani, ali pa o sledenjih nimamo poročil. D. NOVAK (1984a) je dokazal zvezo Črmošnjice, ki izgublja vodo pod Občicami, z izvirom Radešice.

KOMBINIRANI SLEDILNI POSKUS LETA 1988

Po razpoložljivem znanju o geološki zgradbi nismo mogli predvideti hidrogeološkega razvodja med ponikalnicami na Kočevskem in izviri v Beli krajini. Geomorfološke raziskave so ugotovile izdatno zakraselost celotnega površja in opozorile na tektonsko zasnovanost poglavitnih morfoloških značilnosti v zaledju Dobljčice. Iz strukturnih potez v kraškem reliefu smo sicer sklepali na morebitno zaledje izvirov ob vzhodni Poljanske

gore. Ker pa je bila že znana prečna podzemeljska zveza kočevskih ponikalnic pod Rogom z izviri ob Krki, nismo smeli prezreti tudi možnosti, da se del kočevskih voda preliva pod Poljansko goro v izvire na zahodnem obrobju nizke Bele krajine.

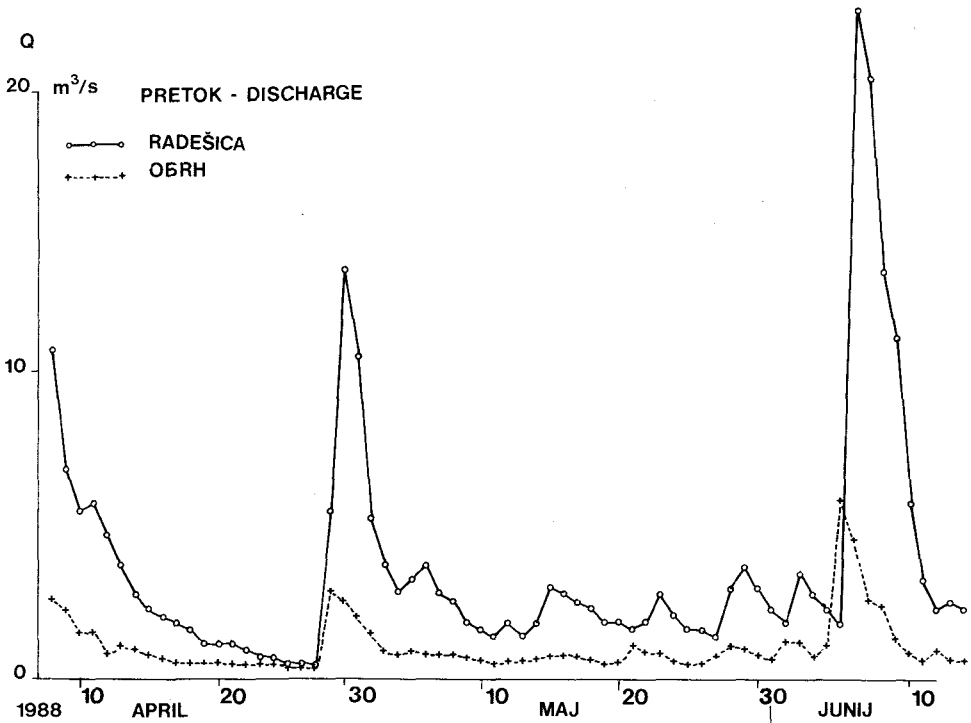
Kemične analize kraških izvirov ob Krki, Kolpi in Lahinji so sicer nakazovale precejšnjo sorodnost voda, vendar samo po njih ni bilo mogoče zanesljivo ugotoviti medsebojnih zvez med posameznimi ponori in izviri. Doslej raziskani speleološki objekti niso omogočili neposrednega dostopa do podzemeljskih voda v območju Poljanske gore in Kočevskega Roga. Večina jam je iz starejših obdobij korozijskega in erozijskega izvotljevanja tega krasa. Krajši odseki aktivnih ponornih jam na Kočevskem so značilni le za ožja ponorna območja in ne omogočajo jamarskih pogledov globlje v podzemlje.

Po kritični presoji vseh dosedanjih sledenj in predhodnih raziskav smo izbrali za prvi kombinirani sledilni poskus v širšem zaledju Dobljčice štiri ponikalnice. Dobljčici najbližja je ponikalnica na Koprivniku. Njen položaj se nam je zdel ključnega pomena za razmejitve zaledja s Kolpo. Drugo pomembno ponorno območje je na vzhodnem obrobju nepropustnih permskih in triasnih plasti med Mozljem in Knežjo Lipo. Tam smo izbrali Kačji potok kot najprimernejšo ponikalnico v predelu med Krko in Kolpo ter belokrajnskimi izviri. Tretja ponikalnica na Kočevskem, ki bi lahko odločilno ogrozila izkoriščanje Dobljčice za oskrbo, je onesnažena Rinža. Po razpoložljivih podatkih ni bilo mogoče zanesljivo izključiti morebitnega odtoka njenih voda proti Beli krajini. S četrto ponikalnico v širšem zaledju Dobljčice smo želeli preveriti vpliv onesnaženega Željskega potoka iz vzhodnega obrobja Kočevskega polja na pripadajoče izvire. S sočasnim sledenjem na vseh štirih mestih naj bi spoznali poleg zvez tudi nekatere hidrološke značilnosti nedostopnega kraškega podzemlja. Zaporedno sledenje ob različnih vremenskih razmerah namreč ne nudi dovolj primerljivih podatkov.

Pred sledenjem smo nekaj časa spremljali vodne razmere izbranih ponikalnic, ki razen Rinže nimajo merskih postaj. Po naročilu je Hidrometeorološki zavod opravil hidrometrične meritve pretokov ob začetku in koncu sledenja. Vodostaje v izbranih izviri so spremljali sodelavci Vodnogospodarskega inštituta, ki so opravili tudi nekaj meritev pretokov in sestavili pretočne krivulje (Poročilo VGI za leto 1988).

Za začetek sledilnega poskusa smo izbrali upadajoče spomladanske vode, ko so bili pretoki ponikalnic še primerni za normalen odtok sledil v podzemlje. Iz priloženega hidrograma je razvidno (Sl.22), da so po dežju v začetku aprila, ko smo izvedli barvanje, vode enakomerno upadale, nato pa je dež ob koncu aprila znatno povečal pretoke. V maju so pretoki sprva upadali in nato nihali v skladu s suhimi in deževnimi obdobji do konca opazovanja. V splošnem cenimo, da so bile vodne razmere med sledenjem ugodne, zato so tudi izsledki v tem pogledu značilni.

Med 9. aprilom in 18. junijem 1988 smo organizirali zajemanje vzorcev vode dvakrat dnevno v naslednjih izviri: Krka pri Soteski (1 - številke v Pril.1), Crkavnik (2), Obrh (4), Radešica (5), Kočevske Poljane (6), od 26. aprila dalje smo dodatno zajemali tudi Tominčev studenec (42). Na zahodnem obrobju Bele krajine smo zajemali vzorce v Jelševniku (11), Dobljčici (13), Podturnščici (14), Obrščici (15) in Nerajčici (18). Ob Kolpi



Sl. 22 Hidrogram Radešice in Obrha od aprila do junija 1988
 Fig. 22 Radešica and Obrh hydrogram from April until June 1988

smo vzorčevali izvire: Tropotec pri Spodnjih Radencih (31), Dolski potok (36), Šumetac (37), Bilpo (38) in Kotnico (40). Za vsak primer smo vzorčevali tudi Krupo (41), ki je sicer odmaknjena od ožjega zaledja Kočevskega Roga in Poljanske gore. Vzorčevanje je bilo na vseh mestih skrbno, redno in zanesljivo in vsem opazovalcem se za njihov trud še posebej zahvaljujemo. Vsak teden smo obšli vse izvire ter vzorce prepeljali v analizo na Hidrometeorološki zavod in Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani. Analize vzorcev na fluorescenčna barvila je opravila inž. Martina Zupan po ustaljeni metodi s fluorescenčnim spektrofotometrom Perkin Elmer 204. Sledenje s fagi in analize bakteriofagov v vzorcih pa je opravil mag. M. Bricelj. Skupno je bilo zajetih dvakrat po 1388 vzorcev, na fluorescenčna sledila je bilo analiziranih 610, na bakteriofage pa 602.

Sledenje ponikalnice na Koprivniku

Koprivnik je kraška uvala v rajhenavskem podolju med Kočevsko Malo goro in Rogom. V dnu globeli je več požiralnih rup in vanje odtekajo po plitvih strugah visoke vode iz strmega vzhodnega dolomitnega brega nad vasjo Koprivnik (Sl.23).

Za sledenje smo izbrali skrajni južni požiralnik. Potoček je v začetku aprila ponikal že v prvi, delno s smetmi zapolnjeni rupi. V njenem obodu smo skupali plitev, okrog 50 m dolg jarek, da je voda dosegla zadnji večji požiralnik. Potok z okrog 10 l/s je v njej 8. aprila 1988 nemoteno ponikal. Ob 12 uri smo (A. MIHEVC, M. KAVČIČ in P. HABIČ) vanj vlili 21 kg raztopljenega rodamina. Ker se je nekaj barve zadržalo še v ilovnati požiralni rupi, smo s traktorsko cisterno pripeljali iz bližnje farme še 10 m³ vode in tako v poldrugi uri sprali sledilo v podzemlje (Sl.24).

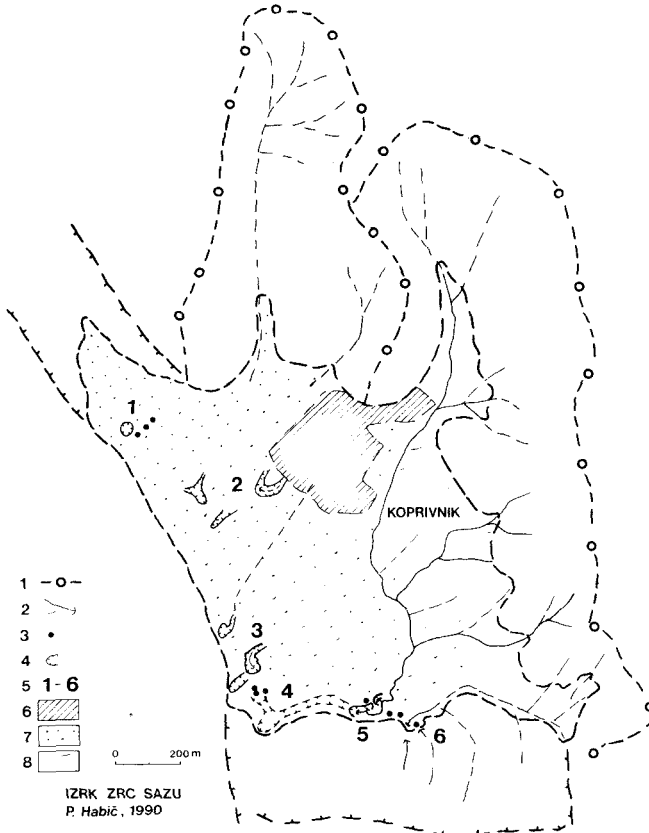


Sl. 23 Ponikalnica na Koprivniku z zanimivim naravnim oknom pred požiralnikom

Fig. 23 Sinking flow on Koprivnik with interesting natural window before the swallow-hole

Prvo obvestilo o vidno obarvani vodi je prišlo iz Dolskega potoka. Rodamin se je pojavil v njem 19. aprila ob 7.30 s koncentracijo 0.02 mg/m³. Za 10.8 km zračne razdalje od Koprivnika do Dolskega potoka je potrebovala obarvana voda 258 ur. Prvi vrh barvnega vala je bil zabeležen 21. aprila ob 19.30, s koncentracijo 3,2 mg/m³, drugi pa 23. aprila ob 7.30 s koncentracijo 3,6 mg/m³. Naslednje dni je koncentracija upadala, le 28. aprila je začasno narasla. Ko so 30. aprila vode močno narasle, rodamina ni bilo

več zaslediti. Ob ponovnem upadanju voda pa se je med 7. in 17. majem barva še petkrat pojavila (Sl.25), nato pa je v vzrocih do 17.junija, ko smo nehali vzorčevati, ni bilo več.



Sl. 24 Hidrografska skica Koprivnika

1 - orografsko zaledje potokov na dolomitu, 2 - ponikalnica, 3 - manjši požiralniki, 4 - večje požiralne rupe, 5 - skupine požiralnikov, obarvan je bil požiralnik št. 5, 6 - naselje, 7 - ilovnato gruščnata naplavina v dnu uvale, 8 - vršaj ob vznožju strmih bregov

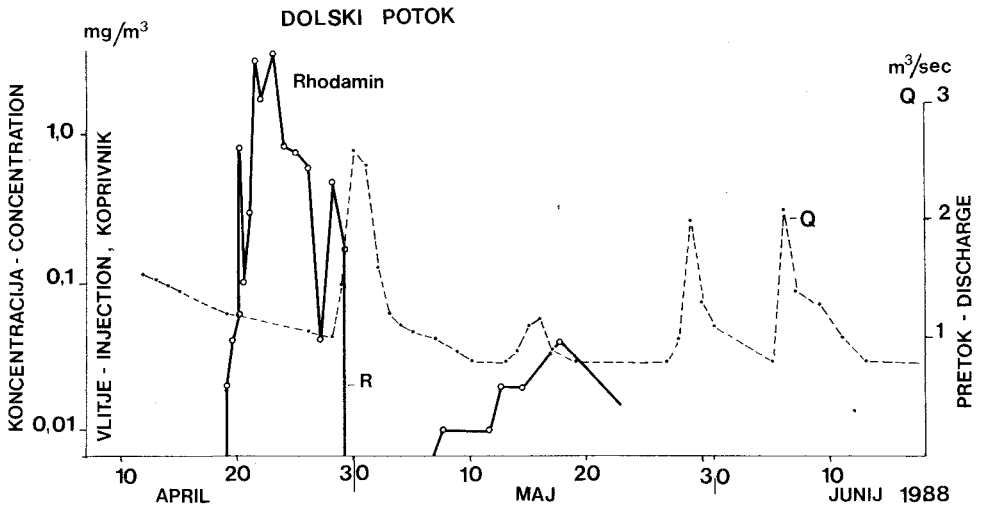
Fig. 24 Koprivnik hydrographic sketch

1 - orographic background of brooks from dolomite, 2 - sinking stream, 3 - smaller swallow holes, 4 - bigger swallets, 5 - group of swallow holes, no. 5 was dyed, 6 - settlement, 7 - loam rubble sediment on the bottom of ouvala, 8 - fan at the foot of steep hills

Navidezna hitrost vode s Koprivnika do Dolskega potoka znaša ob prvem pojavu sledila 1,16 cm/s, do vrha barvnega vala pa 0,94 cm/s. Če primerjamo krivuljo koncentracije sledila v Dolskem potoku s krivuljo pretoka, se pokaže, da je rodamin dosegel izvir še

pred naraslim vodnim valom, ki je sledil dežju po 28.aprilu in dosegel vrh 1.maja. Koncentracija sledila se je po vrhu vodnega vala sprva le nekoliko znižala, nato pa je hitro upadla pod mejo določljivosti.

Hidrološko je pomembno nekajdnevno vmesno znižanje koncentracije že takoj ob začetku barvnega vala in nato dva dni po vrhu vodnega vala. To znižanje gre morda na račun nekega vmesnega podzemeljskega pritoka. Z njim bi lahko pojasnili tudi vmesno razredčenje sledila med prvim izrazitejšim in drugim nižjim barvnim valom. Sekundarni barvni val bi lahko bil tudi posledica izpiranja sledila iz okolice požiralnika ob naraslih vodah po dežju 28.aprila. Po barvanju ob nizkih vodah se namreč zaradi upadanja pretoka in absorbcije nekaj sledila zadrži v požiralniških visečih kotanjah, od koder ga lahko odplavijo šele narasle vode. Hitrost potovanja drugega vala je namreč precej podobna prvemu.



Sl. 25 Krivulja koncentracije rodamina in pretoki Dolskega potoka po barvanju na Koprivniku od aprila do junija 1988

Fig. 25 The curve of Rhodamine concentrations and Dolski potok discharge after dyeing on Koprivnik from April until June 1988

Rodamina iz Koprivnika nismo zasledili v nobenem drugem opazovanem izviru. Po približni pretočni krivulji smo izračunali, da je v Dolski potok odteklo le okrog 30% vlitega sledila. Glede na nizko ocenjene pretoke ob višku vodnega vala, ko dejanske vrednosti niso bile merjene, lahko cenimo, da se je vrnilo vsaj 50% rodamina. Na podlagi prikazanih rezultatov in znanja o hidrogeoloških razmerah sklepamo, da se celotno podolje Koprivnika, Nemške Loke in Poljanske doline podzemeljsko odteka v Dolski potok. Sosednji izvir Tropotec pri Radencih vzhodno od Dolskega potoka in Šumetac na zahodni strani pa morata imeti lastno zaledje, v katerem se vode ločeno pretakajo. Sklenjen barvni val v Dolskem potoku nakazuje tudi razvito vodno žilo iz Koprivnika proti Kolpi (Sl.26).



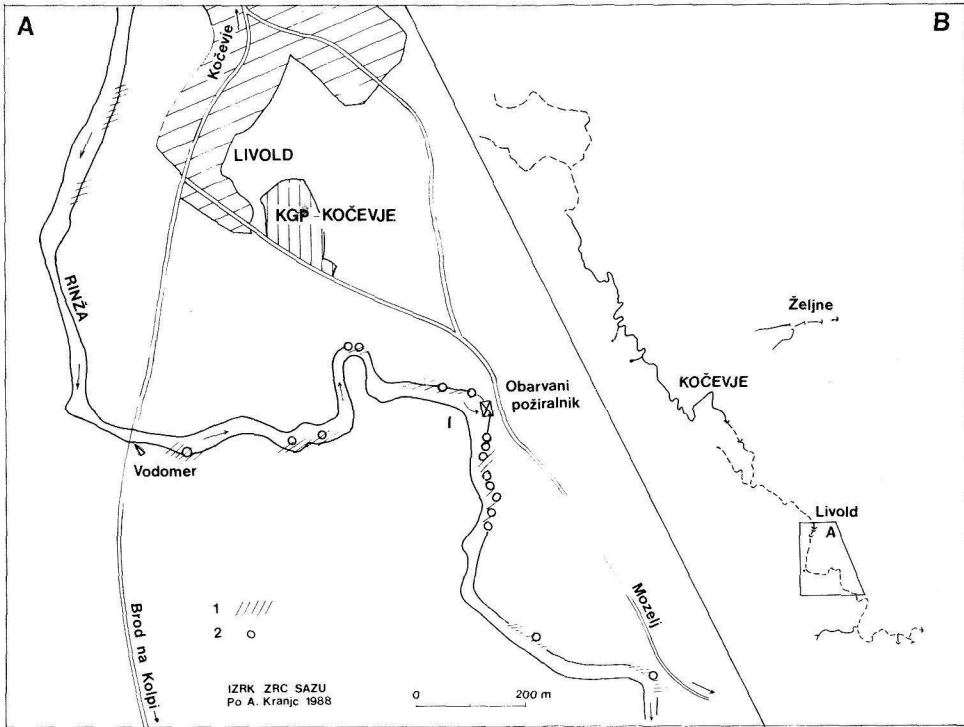
Sl. 26 Dolski potok v dolini Kolpe pod Starim trgom
Fig. 26 Dolski potok in Kolpa valley under Stari trg

Sledenje Rinže

Ponikalnica Rinža izgublja vodo v številnih požiralnikih med Kočevjem, Livoldom in Mozljem. Požiralnike in ponorne rupe v strugi Rinže je podrobno kartiral A.KRANJC (1972;1987) in zabeležil 23 požiralnih mest. Nekatera požirajo le visoko vodo, druga pa leže nizko v strugi in so stalno delno ali v celoti zalita. Ob visokih vodah se tok Rinže podaljša tja proti Mozlju, ob nizkih pa vsa voda izgine že v Kočevju (Sl.27).

Ob sledenju dne 12.aprila 1988 je Rinža tekla do obzidanega in z železno mrežo prekritega požiralnika 600m južno od Livolda ob cesti proti Mozlju. Ob 12.30 uri so M. KRANJC, J.KOGOVSĚEK in L. DRAME vlili vanj 25 kg raztopljenega uranina, ko je pretok Rinže po vodomeru pri mostu čez Rinžo pod Livoldom pri $H=117$ znašal $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$. V obarvani požiralnik je teklo le še 30 l/s .

Prva sled uranina se je pojavila v $11,5 \text{ km}$ oddaljenem izviru Bilpe ob Kolpi 29.aprila 1988 ob 7.30, to je po 4o3 urah (Sl.28). Navidezna hitrost 0.79 cm/s je za dobro tretjino manjša kot pri sicer precej manjšem potoku s Koprivnika. Koncentracija je od prvega vzorca z $0,006 \text{ mg/m}^3$ enakomerno naraščala in dosegla višek 1. maja ob 19 uri z 14 mg/m^3 . Vrh barvnega vala se je raztegnil na več dni in koncentracija sledila je počasi padala do 7.maja, nato pa se je med 9.in 11. majem znova nekoliko povečala. Po drugem višku se je zelena barva v Bilpi vse bolj redčila do 7. junija, ko je po novem dežju padla



Sl. 27 Ponori Rinže, A - ponori pri Livoldu, I - obarvani požiralnik, B - celotni tok Rinže
 Fig. 27 Rinža ponors, A - ponors near Livold, I - dyed swallow holes, B - entire Rinža flow

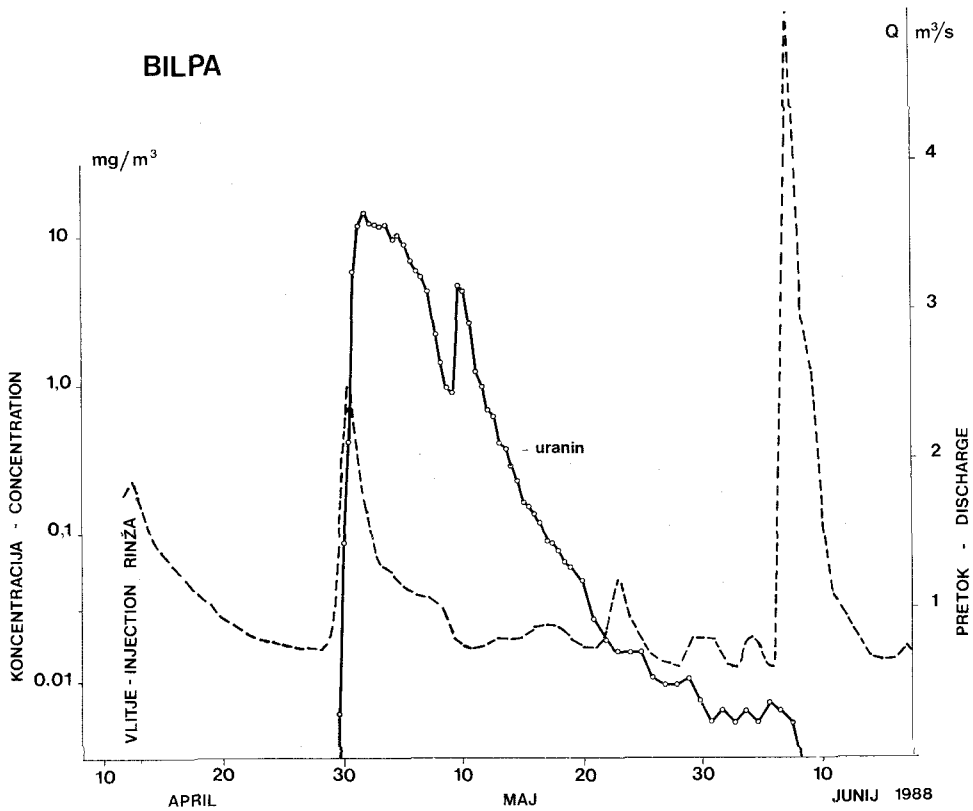
pod mejo določljivosti. Kaže, da je nov vodni val temeljito počistil podzemlje, saj v naslednjih desetih dneh ni bilo več sledi uranina (Sl.29).

Dež ob koncu aprila je vsekakor pospešil podzemljsko pretakanje obarvane Rinže in prispeval k oblikovanju sklenjenega barvnega vala. Drugi barvni vrh okrog 10.maja si razlagamo podobno kot pri Koprivniku z ojačanim spiranjem sledila iz ponornega območja. Tudi Rinža je namreč po vlitju uranina skrajševala svoj površinski tok in ponikala v požiralnikih tik ob Livoldu in pod Kočevjem. Po izdatnejšem dežju v juniju pa se je njen površinski tok spet podaljšal celo prek obarvanega požiralnika.

Sledenje Kačjega potoka*

Med Mozljem in Knežjo Lipo je sredi kraške planote do 100 m višji pas fluvialnega reliefa, s katerega odteka voda v 28 ločenih ponikalnic na severni in južni strani nizkega, 6 km dolgega hrbita z imenom Šibje (Staudach). Hrbet je zgrajen iz nepropustnih per-

*Sledenje s fagi je izvedel mag.Mihael Bricelj



Sl. 28 Krivulja koncentracije uranina in pretoki Bilpe po barvanju Rinže od aprila do junija 1988
 Fig. 28 The curve of Uranine concentrations and Bilpa discharges after Rinža dyeing from April until June 1988

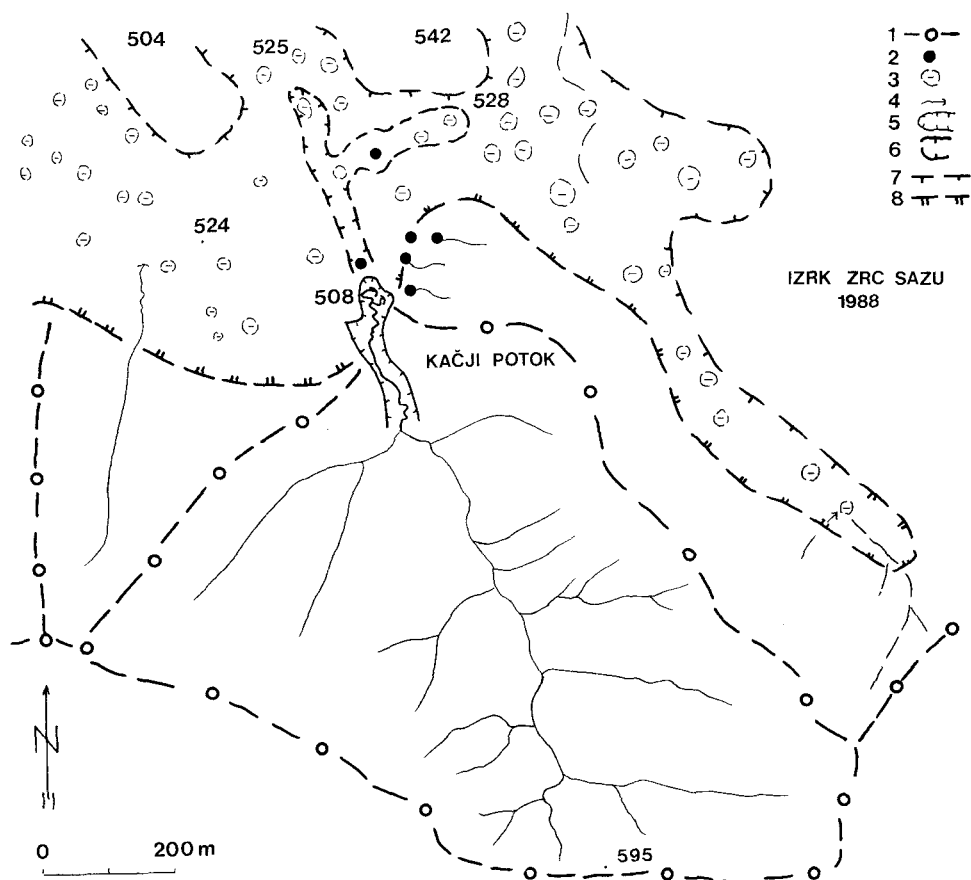
mijskih klastitov, glinovcev s peščenjaki in dolomiti. Po predhodnih preučitvah (F. ŠUŠTERŠIČ, 1987) naj bi te kamnine predstavljale hidrogeološko zaporo in usmerjale odtekanje proti Krki na eni ter proti Kolpi na drugi strani. Kot najprimernejšo ponikalnico smo izbrali največji potok, ki ponika južno od vasi Kačji Potok, nekako na sredi med Koprivnikom in Željnam. Dolina Kačjega potoka je dolga dober kilometer, celotno porečje pa meri okrog 60 ha. Zaključni se z izrazito plitvo slepo dolino ob stiku nepropustnih peščenjakov s triasnim dolomitom. Proti severozahodu se nad požiralnikom nadaljuje uravnano vrtačasto površje v apnencih, ki so ga oblikovale površinske vode v starejših fazah razvoja. Na dnu slepe doline je naplavljen peščena ilovica in v njej je več požiranih rup. Ob visokih vodah se slepa dolina napolni z vodo, ki pa se normalno ne preliva čez rob, čeprav lahko po zakrselem površju sledimo podaljšani strugi potoka (Sl.30).



Sl. 29 Izvir Bilpe ob strugi Kolpe

Fig. 29 Bilpa spring near Kolpa riverbed

Ničelni vzorci vode so bili vzeti iz ponorov in opazovanih izvirov na dan vlitja sledil. Za določitev ozadja salmonelnih bakteriofagov so bili vzorci obdelani z MPN metodo in metodo direktnega agarskega preliva. Metoda MPN je pokazala rahlo ozadje pri izviroh Radešice (51 pfe/100 ml), Obrščice (51 pfe/100 ml), Nerajčice (51 pfe/100 ml), Tropotca (10 pfe/100 ml), Kotnice (51 pfe/100 ml), Krupe (51 pfe/100 ml) ter Željskega potoka (51 pfe/100 ml) in Rinže (51 pfe/100 ml). Pozitivni rezultat z metodo agarskega preliva se je pojavil tudi pri izviroh Jelševnika (5 pfe/ml), Nerajčice (1 pfe/ml), Dolskega potoka (0,3 pfe/ml), Kotnice (0,6 pfe/ml) in pri ponoru Željskega potoka (0,3 pfe/ml). Prisotnost salmonelnih fagov v vodi ne predstavlja pomembnejšega ozadja, ki bi motilo sledilni poskus, je pa znak močnega fekalnega onesnaženja, ki po vsej verjetnosti izvira iz prašičjih farm.



Sl. 30 Morfološko hidrografska skica Kačjega potoka

1 - površinsko razvodje, 2 - grezi, 3 - vrtače, 4 - ponikalnica, 5 - slepa dolina, 6 - stara slepa dolina 7 - kraški rob suhe doline, 8 - rob nepropustnega površja

Fig. 30 Morphological hydrographical sketch of Kačji potok

1 - superficial watershed, 2 - sinkholes, 3 - dolines, 4 - sinking flow, 5 - blind valley, 6 - old blind valley, 7 - karst border of dry valley, 8 - the border of impermeable surface

V Kačji potok s pretokom 8 l/s sta M. BRICELJ in M.ŠIŠKO dne 12.aprila 1988 ob 11.45 uri vliła 15640 ml fagne juhe s skupnim titrom $4,2 \times 10^{15}$ pfe. Prvi fagi so se pojavili 26. aprila ob 7 uri v 19 km oddaljenem izviru Radešice, torej po 331 urah, vrh sledilnega vala z 70,4 pfe/ml je dosežen 1.maja ob 7 uri s 70,4 MAP-pfe/ml, po 451 urah. Konec vala je bil zabeležen 15.junija ob 7 uri. Izračunana težiščnica vala znaša 511,4 ure. Navidezna hitrost do začetka sledila v Radešici je bila 1,61 cm/s, do pojava najvišje koncentracije pa 1,18 cm/s. To je največja hitrost zabeležena v tem kombiniranem sledilnem poskusu (Sl.31).



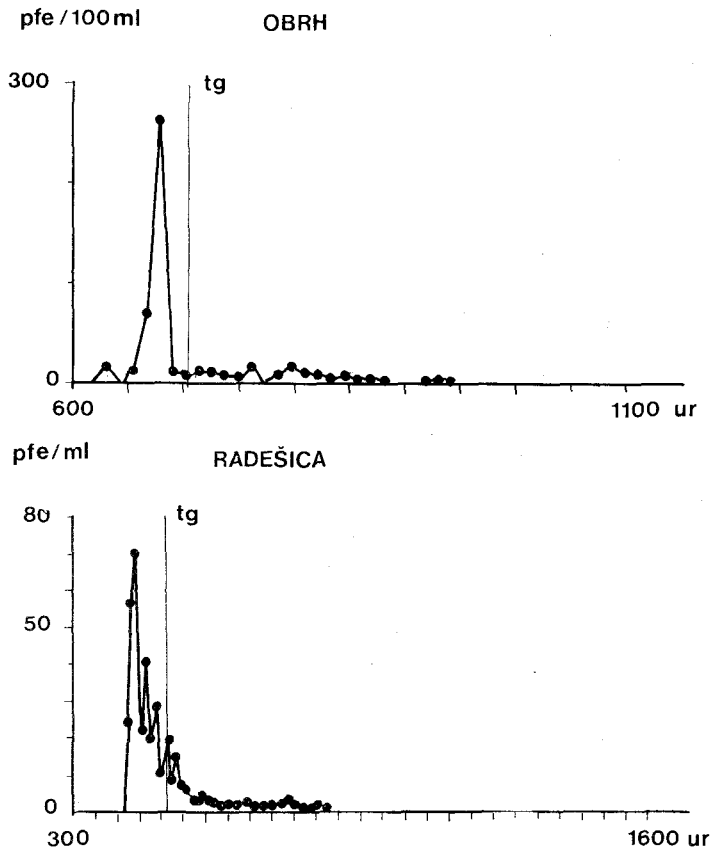
Sl. 31 Radešica tik pod izvirov pri Podturnu
 Fig. 31 Radešica close to the spring near Podturen

V izvirov Obrha so se prvi fagi pojavili 8. maja ob 19 uri, vrh sledilnega vala z 266 pfe/100 ml 10. maja ob 19 uri in konec vala 20. junija ob 7 uri. Izračunana težiščnica vala znaša 704,6 ure. Prvi fagi so se torej pojavili šele po 619 urah, vrh sledilnega vala pa po 679 urah. Manjše hitrosti 0,89 in 0,82 cm/s za pretakanja med Željnjami in Obrhom so bolj podobne hitrostim drugih ponikalnic iz Kočevskega polja proti Krki in Kolpi.

V analiziranih vzorcih iz drugih opazovanih izvirov, zajetih od sredine aprila do sredine maja, ni bilo fagov, iz česar sklepamo, da vode Kačjega potoka odtekajo le v Radešico in Obrh (Sl.32).

Sledenje Željnskega potoka

Na vzhodnem obrobju Kočevskega polja je v plitvem krasu med Klinjo vasjo in Željnjami več manjših ponikalnic. Vode se stekajo z vzhodnega območja nepropustnih terciarnih plasti pri Kočevju. Na severozahodni strani je ponorno območje treh Vodnih jam pri Klinji vasi, vanje se odteka voda z okrog 18 ha površine, med drugim tudi odtok iz bližnje svinjske farme, ki je že popolnoma onesnažil podzemlje tja do izvirov Radešice.



Sl. 32 Krivulja koncentracije fagov v Obrhu in Radešici po sledenju Kačjega potoka od aprila do junija 1988

Fig. 32 The curve of phages concentrations in Obrh and Radešica after tracing of Kačji potok from April until June 1988

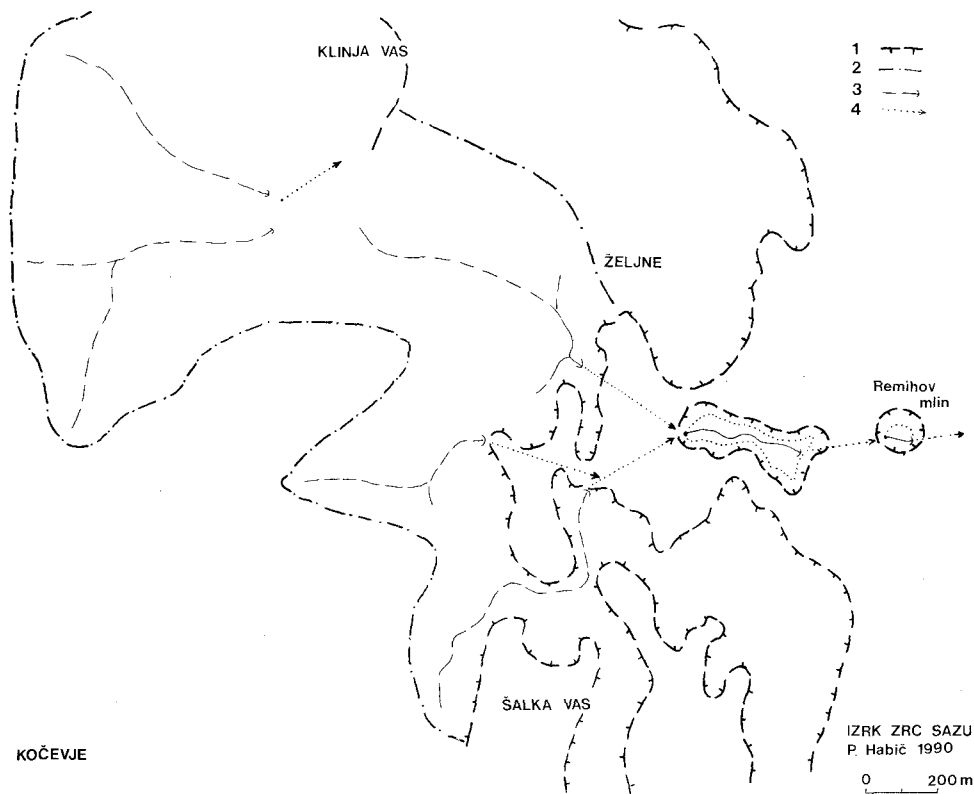
Drugo požiralno območje je povezano s spletom 1600 m dolgih Željnskih jam (kat.št.12). V tamkajšnjem podzemlju se združijo trije potoki, ki zbirajo vodo z okrog 80 ha površja. Željnske jame sestavlja več ločenih delov, ki so hidrološko med seboj povezani (A. KRANJC 1972). V speleološkem pogledu ločimo starejše prostornejše rove, nad katerimi se je strop na več krajih udrl in tako so podori prvotni jamski sistem razdelili na več jam. Mlajši rovi so izoblikovani ob današnjih tokovih in so že na debelo zasuti s premogovimi odpadki iz nekdanjega kočevskega premogovnika pri Šalki vasi. Jugovzhodno od Željnj je območje plitvega kontaktnega krasa brez izrazitih ponikalnic. Vode se verjetno podzemeljsko stekajo v Željnski potok (Sl.33).



Sl. 33 Željnski potok v udornici pred Remihovim mlinom z naplavinami premogovega prahu iz rudnika pri Kočevju

Fig. 33 Željne brook in collapse doline before Remih mill with coal dust sediments from the mine near Kočevje

Za kombinirani sledilni poskus smo izbrali ponor Željnskega potoka pri podrtem Remihovem mlinu v zadnji udornici pri Željnah. V okrog 20 m globoki udorni vrtači je nekaj čez 100 m dolgo naplavljenno dno, v katerega si je potok, ki izvira na zahodni, ponika pa na vzhodni strani vrtače, zarezal do 3 m globoko strugo. Voda izginja v manjšo jamo, ki je bila pred leti očiščena in zavarovana z železnimi grabljami (Sl.34).



Sl. 34 Morfološko hidrografska skica Željnskega potoka pri Kočevju

1 - kraški rob, 2 - površinsko razvodje, 3 - ponikalnica, 4 - podzemeljski tok, obarvan je bil požiralnik pri Remihovem mlinu

Fig. 34 Morphologic hydrographical sketch of Željne brook near Kočevje

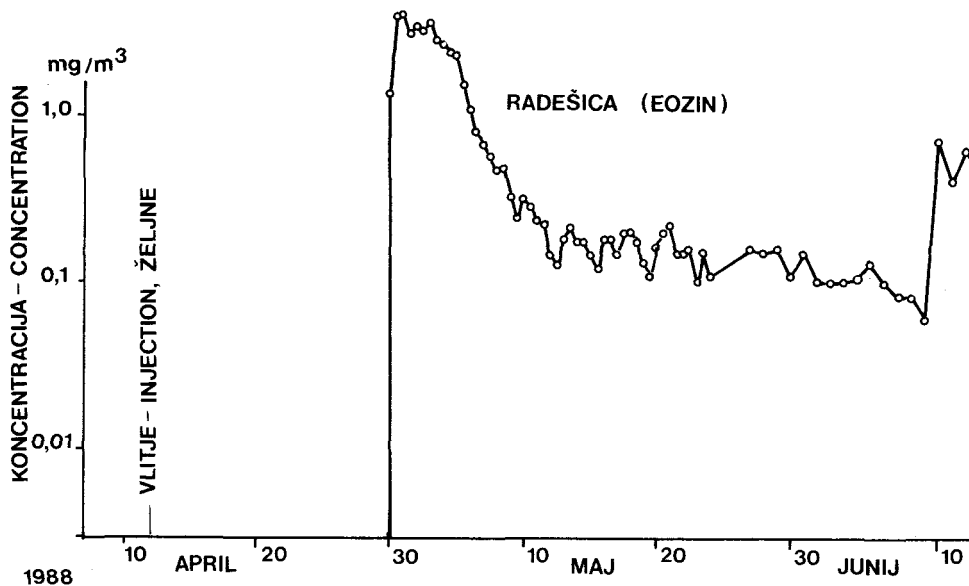
1 - karst border, 2 - superficial watershed, 3 - sinking flow, 4 - underground flow, the swallow hole near Remih mill was dyed

V omenjeni požiralnik sta 12. aprila ob 13 uri T. SLABE in A. VADNJAL vtila 25 kg raztopljenega eozina. Ob vlitju je imel potok pretok 60 l/s. V naslednjih dneh so vode sicer upadale, vendar je bil požiralnik pri Remihovem mlinu ves čas aktiven. Deževje ob koncu aprila je tudi v podzemlju Kočevskega Roga pospešilo odtokanje sledila.

Prva sled eozina se je pojavila v 14,7 km oddaljenem izviru Radešice 30. aprila ob 7 uri, v razmeroma visoki koncentraciji 1,3 mg/m³. Vrh barvnega vala se je pojavil že naslednji dan, 1. maja 1988 ob 7 uri. Skozi podzemlje Kočevskega Roga je sledilo potovalo 17 dni ali 426 ur, in sicer do začetka barvnega vala s hitrostjo 0,98 cm/s, do vrha vala pa z 0,84 cm/s. Celotni barvni val se je raztegnil na več kot 1200 ur. Vrh sledilnega vala s koncentracijo 3,85 mg/m³ je v primerjavi z največjo koncentracijo sledilnega vala v Bilpi

nižji, vendar je val daljši, saj so se razmeroma visoke koncentracije zadrževale še ves maj do začetka junija. Po 9.juniju pa se je pojavil drugi vrh, ki se je nadaljeval še po prenehanju vzorčevanja, saj je bilo v zadnjem vzorcu z dne 18.junija eozina še okrog $0,1 \text{ mg/m}^3$. Barvni val je torej trajal več kot 50 dni, torej trikrat dalj od časa po vlitju, do prvega pojava sledila v izviru (Sl.35).

Na podlagi razpoložljivih podatkov o pretokih Radešice, dobljenih po vodomerni postaji Hidrometeorološkega zavoda Slovenije, smo izračunali, da se je pojavilo v tem izviru okrog 45% vlitega eozina. Ta delež najbrž ne bi bil bistveno večji, če bi dodali še neopazovani končni del vala. Pričakovali smo, da se bo pojavilo sledilo tudi v izviru Obrha, ki je le 1 km oddaljen od Radešice. To še toliko bolj, ker so se v Obrhu pojavili fagi iz Kačjega potoka. Vrh sledilnega vala fagov v Obrhu se je pojavil skoraj 14 dni za vrhom v Radešici in se časovno ujemal z drugim vrhom eozina v Radešici. Odsotnost eozina v Obrhu si lahko razlagamo z veliko razredčenostjo. Koncentracija fagov v Obrhu je bila namreč 25 krat nižja kot v Radešici. Pri eozinu pomeni 25 krat nižja koncentracija že mejo določljivosti. Ne glede na to ostaja odprto vprašanje, zakaj se niti fagi niti eozin niso pojavili v Obrhu istočasno s prvim valom v Radešici. Pretakanje voda v podzemlju Roga in v zaledju obeh izvirov še ni dovolj pojasnjeno.



Sl. 35 Krivulja koncentracije eozina v Radešici po barvanju Željnskega potoka od aprila do junija 1988

Fig. 35 The curve of Eosine concentrations in Radešica after Željne brook dyeing from April until June 1988

Tabela 6: PREGLED TRAJANJA SLEDILNIH VALOV IN HITROSTI PRETAKANJA VODA.

Ponor/ Sledilo Izvir	dH m	D km	G ‰	t ₁ h	t ₂ h	v ₁ cm/s	v ₂ cm/s	T h
Koprivnik/ Rodam.								
Dolski potok	420	10.8	38.9	258	318	1.15	0.94	672
Rinža/ Uranin								
Bilpa	264	11.5	23.0	403	463	0.79	0.69	936
Željne/ Eozin								
Radešica	290	15.0	19.7	426	450	0.98	0.84	1200
Kačji potok/Fagi								
Radešica	365	19.2	19.0	331	451	1.61	1.18	1200
Kačji potok/Fagi								
Obrh	365	20.0	18.3	619	679	0.89	0.82	288

dH - višinska razlika med ponorom in izvirov v metrih

D - razdalja med ponorom in izvirov v km

‰ - strmec v promilih

t₁ - čas do prvega pojava sledila v urah

t₂ - čas do vrha sledilnega vala v urah

v₁ - navidezna hitrost do prvega pojava sledila v cm/s

v₂ - navidezna hitrost vrha sledilnega vala v cm/s

T - dolžina sledilnega vala v urah

SLEDENJE V ZALEDJU DOBLIČICE LETA 1989

Na območju Kočevskega Roga in Poljanske gore med Koprivnikom in Dobljčami so znani le majhni studenci, ki solzijo iz dolomitnih vložkov med povsem zakraselimi apnenčevimi skladi. Ti studenci so bili nekdanj pomemben vir pitne vode gozdarjem in pastirjem, oskrbovali pa so tudi manjše kočevske zaselke sredi gozdnate planote.

Nekaj studencev je razporejenih ob robu plitvih kraških globeli, ki so predstavljale kulturne oaze sredi gozda. Na izkrcenih površinah v dnu globeli so bili nekoč pašniki. Ponekod so ob studencih še lovske in gozdarske kočje ter hlevi za živino. Na območju Mirne in Poljanske gore so znani naslednji viri žive vode: Ponikve, Resa, Travnik, Ribnik, Štale, Gričice, Golobinjek, Planina, Sredgora, Topličice, Ovčjak, Nakelski zdenec, Šternica, Štirje studenci, Miklarski zdenec, Pri vrbi, Kozlov zdenec, Brula, Pod Vugelnice, Grobak, Škalve in Lipovec.

Izmed navedenih smo za drugi kombinirani sledilni poskus izbrali Ponikve na Mirni gori in Zdenec pri Miklarjih. Za tretje sledilo, ki smo ga imeli na voljo, smo izbrali poni-kalnico pri Vrčicah v podolju nad Črmošnjicami vzhodno od Mirne gore. Mesta za vlitje

sledil so bila izbrana na podlagi predhodnega študija geoloških, geomorfoloških in speleoloških razmer. Za ponikalnico na Vrčicah smo domnevali, da lahko odteka v Krupo, Dobljčico, ali Črmošnjico. Njena lega in količina vode sta bili razmeroma ugodni, zato smo pričakovali koristne podatke. V Ponikvah na Mirni gori je izginjala v podzemlje majhna vodica, kar ni bilo ugodno za sledenje. Pomembna pa je lega Ponikev na prehodu Kočevskega Roga v Poljansko goro. Tu smo pričakovali razvodje med Dobljčico in Radešico. Tretji požiralnik pri Miklarjevem zdencu je bil vključ v majhnemu pretoku primeren predvsem s svojo lego v ožjem zaledju Dobljčice na Poljanski gori. Ker leži blizu ceste, smo pretok lahko umetno povečali z dovozom vode.

Pregled vzročevanja izvirov

V opazovanje in vzročevanje so bili vključeni naslednji izviri: Radešica (5), izvir pri Kočevskih Poljanah (6), Izvir Črmošnjice v Srednji vasi (8), Krupa (41), Jelševnik (11), Dobljčica (13), Obrščica (15) in Sušica (43). Vzročevanje je trajalo od 9. maja do 5. julija, pri Dobljčici do 10. julija, pri Sušici pa le do 30. junija. Vzroci so bili vzeti enkrat dnevno, le pri Dobljčici dvakrat.

Tabela 7: PREGLED VZROČEVANJA IN ANALIZ

Št. izv.	Ime izvira	Čas vzorč.	Št.vzor.	Anal/barv	Anal/fag
1	Radeščica	9.5.-30.6.	53	31	26
2	Koč. Poljane	9.5.-29.6.	43	26	26
3	Sred. vas	9.5.- 5.7.	58	26	26
4	Krupa fag.	9.5.- 1.7.	54	30	54
4a	Krupa kol.	9.5.- 3.6.	0	0	26
5	Jelševnik	9.5.-30.6.	52	56	26
7	Obrščica	9.5.-26.6.	49	25	0
8	Sušica	9.5.-30.6.	41	0	14
9	Dobljčica	10.5.-10.7.	116	85	16
	slepi vzorci	9.5.	9	9	9
skupno			475	288	214

Skupno je bilo zajetih 475 vzorcev, za analize barvil pa izbranih v okviru finančnih možnosti le 288 in za fage 214 vzorcev. Analize fluorescenčnih barvil je opravila po ustaljenih metodah s spektrofotometrom Perkin Elmer 204 inž. M. Zupan iz Hidrometeorološkega zavoda, analize bakteriofagov pa je opravil mag. M. Bricelj s sodelavci na Inštitutu za biologijo Univerze v Ljubljani.

Sledenje smo izvedli ob spomladanskem upadanju voda. Pri majhnih ponikalnicah v takih razmerah sledila zastajajo. Zato smo v želji, da bi pospešili odtekanje sledil, dve ponikalnici še dodatno zalili s pripeljano vodo. Po sušnih dneh v začetku maja je prišlo

izdatno deževje, saj so vode po 13.maju izredno narastle, kar je pospešilo pretakanje sledil skozi podzemlje.

Ničelni vzorci so bili zajeti v opazovanih izviri in ponorih isti dan, kot smo vlili sledila. V nobenem od ničelnih vzorcev niso bila prisotna uporabljena sledila. Iz analize drugih vzorcev izhaja, da so se sledila pojavila v časovnem zaporedju in koncentracijah, ki dovoljujejo zanesljiv sklep o ugotovljenih zvezah med požiralniki in izviri, nakazane pa so tudi dvomljive zveze.

Zveza ponikalnice Rečice pri Vrčicah s Krupo*

V črmošnjiškem podolju ob vzhodnem robu Kočevskega Roga je med Črmošnjicami in Vrčicami blok triasnega dolomita. V njem je površinsko razvodje pri Brezju (538) med Divjim potokom v povirju Črmošnjice, ki se steka v Krko, in ponikalnico Rečico, ki ponika pri Vrčicah v višini med 475 in 480 m. Voda se izgublja na več mestih v strugi že



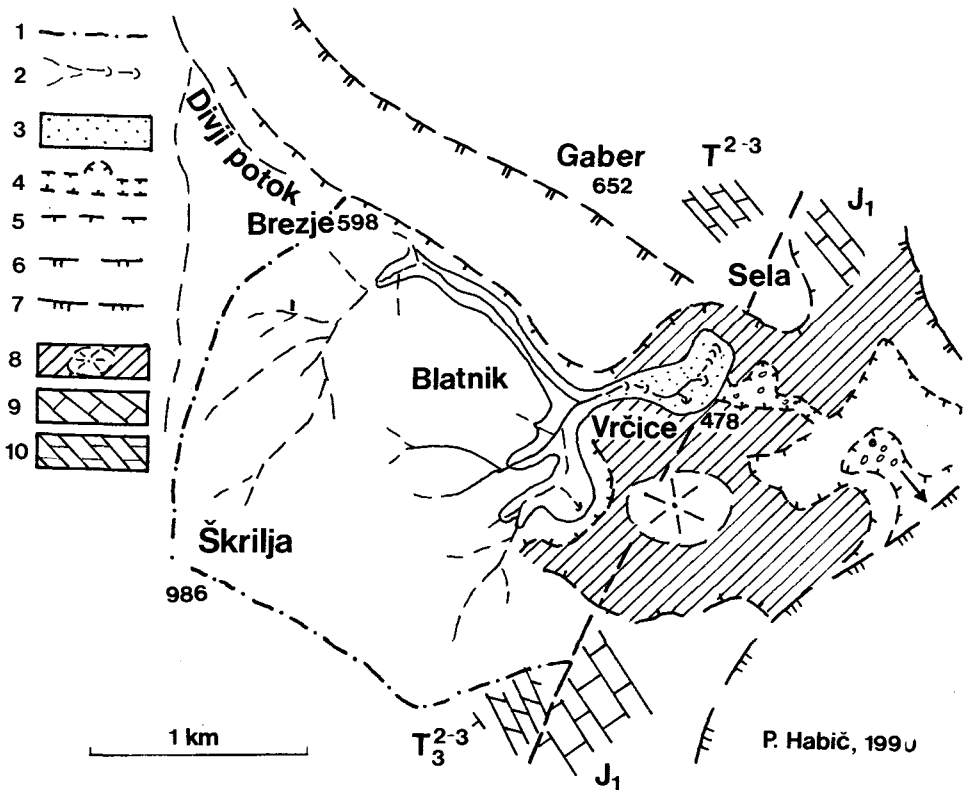
Sl. 36 Pogled na ponorno območje Rečice pri Vrčicah. Pomembnejše požiralnike označuje grmovje med njivami, Rečica pa ponika tudi v dolini nad cerkvijo.

Fig. 36 View to ponor area of Rečica near Vrčice. Important swallow holes are marked by bushes among the fields, Rečica sinks in the valley above the church

*Sledenje s fagi je izvedel mag. M. BRICELJ

skoraj kilometer prej in le visoke vode dosežejo skrajne požiralnike južno od Sel (Sl.36). Ponikalnica pri Vrčicah zbira vodo z vzhodnega vznožja dolomitne Mirne gore (1047) in Škrilja (1012). Manjši studenci pri Blatniku so zajeti za črnomaljski in semiški vodovod.

Na dan sledenja 10.5.1989 je Rečica izginjala v pokritem delu struge pri domačiji nasproti cerkve v Vrčicah. Struga je v tem delu obzidana in prekrita z betonskimi ploščami, da imajo pri hiši več prostora. Na pritočni strani je imel potok okrog 5 l/s, na spodnji strani ob cesti Vrčice - Planina pa je bila struga suha (Sl.37).



Sl. 37 Morfološko hidrografska skica ponikev pri Vrčicah

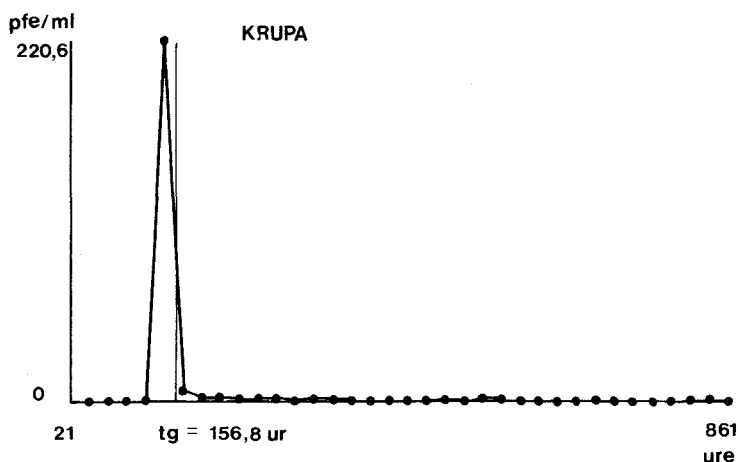
1 - površinsko razvodje med pritoki Krke in Kolpe, 2 - ponikalnica s ponori, 3 - naplavljenno dno slepe doline, 4 - suha dolina, 5 - spodnji rob rebri, 6 - vimolska reber, 7 - semiška reber, 8 - del višjega ravnika, 9 - jurski apnenec, 10 - triasni dolomit

Fig. 37 Morphologic hydrographic sketch of swallets near Vrčice

1 - superficial watershed among the tributaries of Krka and Kolpa, 2 - sinking flow with ponors, 3 - alluvium bottom of dry valley, 4 - dry valley, 5 - lower border of slope, 6 - Vimole slope, 7 - Semič slope, 8 - a part of higher plain, 9 - Jurassic limestone, 10 - Triassic dolomite

V potok pri Vrčicah sta mag.M.BRICELJ in mag. G. KOSI, sodelavca Inštituta za biologijo Univerze v Ljubljani, lo.5.1989 ob 11 uri vliła pripravljeno količino bakteriofagov P22H5 (5.1×10^{15} pfe), vzporedno za primerjavo pa še 3×10^{13} kolifagov T 7. Sledilo je takoj odtekle v podzemlje. Iz poročila mag.M.Bricelja povzemamo:

Bakteriofagi, vliți v Rečico na Vrčicah, so se pojavili le v Krupi in v nobenem drugem vzorčevanem izviru . V Krupi so bili ugotovljeni fagi v vzorcu z dne 16.5. 1989 ob 7 uri. Po količini fagov v naslednjih vzorcih sodeč je bila najvišja koncentracija v prvem vzorcu z 220,6 pfe/ml. Zadnji pozitivni vzorec je bil zajet 14.6. s koncentracijo na meji določljivosti (0,2 pfe/ml). Težiščnica vala je bila na 156,8 urah. Za 6 km zračne razdalje je sledilo potrebovalo 72 ur, val pa je trajal okrog 500 ur. Začetna hitrost je znašala 2,7 cm/s, končna pa 0,3 cm/s. Sledilo je prve tri dni odtekalo ob nizkih vodah počasi, po močnem dežju pa se je nato v dveh dneh pojavilo v izviru (Sl.38).



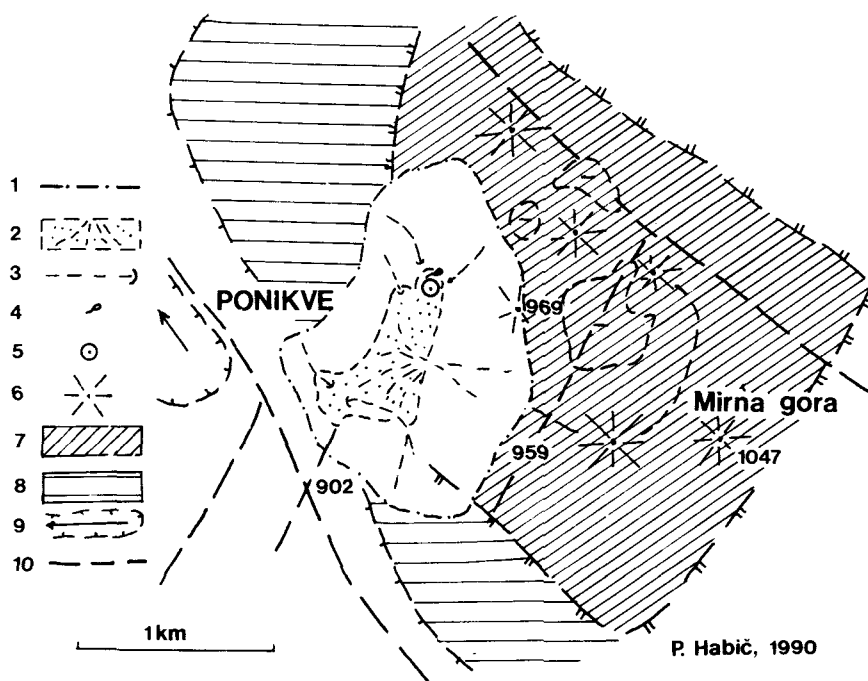
Sl. 38 Krivulja koncentracije fagov v Krupi ob sledenju Vrčice od maja do junija 1989
 Fig. 38 The curve of phages concentrations in Krupa during Vrčice tracing from May 1989 until June

Če računamo z najmanjšo hitrostjo 0,3 cm/s, je v prvih treh dneh napravilo sledilo 777 m podzemeljske poti, nadaljnih 5.223 m pa je premagalo v naslednjih dveh dneh s hitrostjo 3 cm/s. Razmerje med najmanjšo in največjo hitrostjo znaša torej 1:10. Iz dobljenih podatkov sklepamo, da se voda iz Vrčic razmeroma počasi odteka proti Krupi. Očitno v tem delu zaledja Krupe ni izrazitejših pretočnih žil vključno z višinski razliko 345 m oziroma $57^\circ/\infty$ strmca.

Raztekanje vode iz Ponikev na Mirni gori

Mirna gora(1047m)je skrajna JV grmada v razgibani kraški planoti Kočevskega Roga. Na vzhodni strani strmo prehaja v črnošnjiško podolje in proti Kotu pri Semiču.

Severno, južno in zahodno okrog nje je nižje planotasto kraško površje, razčlenjeno v kopaste vrhove ter vmesne dolaste uvale. Značilna taka uvala leži dober kilometer zahodno od najvišjega dela Mirne gore (D, NOVAK, 1968). Okrog 300 m široka in skoraj 800 m dolga globel je zasuta z dolomitnim gruščem in ilovico, ki ju je sprala voda z obrobnih strmih pobočij. Nasuto travnato dno globeli visi od 820 do 800m n.m.v. proti zahodu, kjer je nekaj aluvialnih rup. Do nekdanjih požiralnikov vodijo plitve zatravljene struge. V globeli je bila nekdanj kočevarska vas Ponikve, ruševine hiš in gospodarskih poslopij so še vidne ob vzhodnem višjem obrobju. Od hiš vodi proti severu poljska pot do požiralnih rup, kjer izginjata ločeno dva majhna potočka, ki se stekata po grapah s severnega obrobja. Majhen stalni in obzidan studenec je ob vzhodju stranske grape vzhodno od največje požiralne kotanje (Sl.39).



Sl. 39 Morfološko hidrografska skica Ponikve na Mirni gori

1 - zgornji obod uvale, 2 - naplavljenno dno uvale, 3 - ponikalnica, 4 - stalni studenec, 5 - požiralna rupa, 6 - kopasti vrh, 7 - višja kopasta grmada Mirne gore, 8 - nižje kopasto površje, 9 - suhi kraški dol, 10 - večje kraške brazde

Fig. 39 Morphologic hydrographical sketch of Ponikve on Mirna gora

1 - upper border of ouvala, 2 - alluvium bottom of ouvala, 3 - sinking stream, 4 - permanent source, 5 - swallow hole, 6 - sigmoid summit, 7 - higher sigmoid summit of Mirna gora, 8 - lower conical surface, 9 - dry karst ouvala, 10 - bigger karst furrows

Vodice, ki se odcejajo iz jurskega dolomitnega obrobja, ponikajo torej v več ločenih požiralnikih ali pa se izgublajo kar v gruščnati dolomitni naplavini. Del ponikajoče vode zasledimo v dnu največje ponikalne kotanje v obliki dvodelnega greza. V okrog 30 m dolgi in 15 m široki ter 8 m globoki ilovnati kotanji izvira in po kratkem toku ponika potoček, ki zbira vodo iz peščeno ilovnate naplavine. Voda odteka v 0,3 m široko luknjo v dolomitu v višini okrog 800 m. Vanjo sta vtila dne 10.5.1989 ob 12 uri mag. J. KOGOVSŠEK in L. DRAME raztopino 15 kg uranina. Naslednji dan smo dodali še 7m³ vode iz gasilske cisterne, da bi pospešili odtekanje sledila globlje v podzemlje. V ničelnih vzorcih izvirov, vzetih pred vlitjem, uranin ni bil določen, z izjemo Radešice (9.5. 0,009 mg/m³). Tudi sled uranina v Obrščici, določena v vzorcu, vzetem dne 10.5., ne izhaja iz Ponikev, pač pa gre v tem primeru za drug izvor ali onesnažen vzorec.

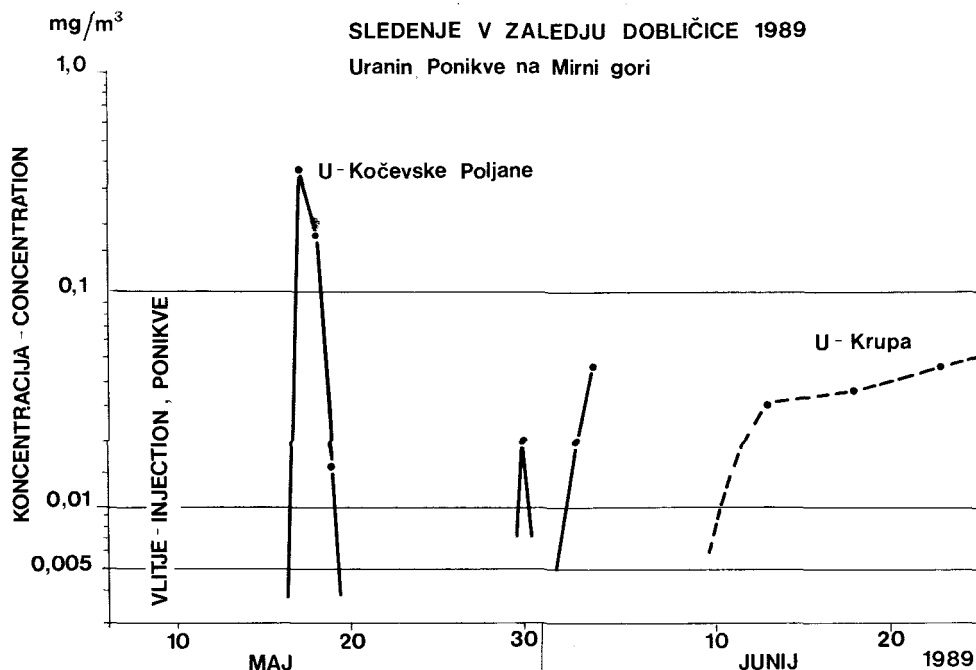
Uranin iz Ponikev se je pojavil v izviru ob Črmošnjici pri Kočevskih Poljanah (6), 17.5. ob 18.30 v koncentraciji 0,37 mg/m³. Takrat je bil že dosežen vrh barvnega vala. V naslednjih dveh dneh se je koncentracija zniževala, 18.5. na 0,7 mg/m³ in 19.5. na 0,015 mg/m³, 20.5. pa je padla že pod mejo detekcije. Sled uranina je bila ugotovljena še v vzorcih z dne 30.5. (0,02 mg/m³) ter 2. in 3.6. (0,02 in 0,045 mg/m³).

Za 10 km razdalje in 630 m višinske razlike med ponorom in izvirov je sledilo potrebovalo med 150 in 174 ur. Prvi val je trajal le 72 ur, na kar je koncentracija padla pod mejo določljivosti. Po 462 do 486 urah od vlitja uranina se je koncentracija spet dvignila nad mejo določljivosti, v naslednjih dveh dneh se je znižala, nato pa spet narasla. Tudi pri tem sledenju moramo upoštevati vodne razmere po dežju, ki je tretji dan po vlitju pospešil odtok in nato razredčil sledilo. S ponovnim izpiranjem Ponikev se je najbrž oblikoval drugi barvni val. Tega smo zajeli le na začetku, ker smo opazovanja prekinili, ne da bi vedeli za ponovno naraščanje koncentracije.

Navidezna hitrost prvega pojava sledila znaša med 1,6 in 1,85 cm/s, pri drugem pa 0,57 do 0,60 cm/s. Če računamo, da je bila prve tri dni, torej pred dežjem, hitrost okrog 0,5 cm/s, je v tem času sledilo prepotovalo 1,3 km podzemlja. V nadaljnjih 8,7 km poti pa se je njegova hitrost povečala na 3,3 cm/s. Ta hitrost je zelo podobna oni med Vrčicami in Krupo, kar nakazuje tudi podoben način podzemeljskega pretakanja.

Po daljšem času se je uranin pojavil še v Krupi. V vzorcu z dne 13.6. ob 7 uri je koncentracija uranina znašala 0,03 mg/m³, v vzorcu z dne 18.6. in 23.6. pa je narasla na 0,035 in 0,040 mg/m³. Ker so bili ob koncu opazovalne dobe analizirani le tedenski vzorci, lahko iz razpoložljivih podatkov sklepamo, da se je barvni val uranina v Krupi začel že med 7.6. in 13.6. in se je nadaljeval še po 23.6., vsekakor je bil daljši od 10 dni. Le malo je namreč možnosti, da bi se sledilo slučajno pojavilo vsak teden enkrat in to le v analiziranem vzorcu (Sl.40).

Uranin se je potemtakem zanesljivo pojavil v Krupi po 34, lahko pa že po 27 dneh, ali med 643 in 816 urami po vlitju. Val je po vsej verjetnosti trajal vsaj 240 ur, upravičeno pa domnevamo, da še precej dalj, saj je bila koncentracija po 10 dneh približno enaka in še ni začela upadati. Uranin se je usmeril iz Ponikev proti Krupi verjetno šele po dodatnem izpiranju obarvanega požiralnika z izdatnim dežjem, 13.5.1989. Močan naliv je očitno vplival na kraško raztekanje oziroma podzemeljsko bifurkacijo na območju Mirne



Sl. 40 Krivulja koncentracije uranina v izviru pri Kočevskih Poljanah in v Krupi po barvanju ponikalnice na Ponikvah

Fig. 40 The curve of Uranine concentrations in the spring near Kočevske Poljane and in Krupa after dyeing the sinking flow on Ponikve

gore. Na 10,5 km dolgi poti z višinsko razliko 676 m iz Ponikev proti Krupi je uranin potoval z navidezno hitrostjo 0,35 cm/s, do konca vala pa le še z 0,2 cm/s.

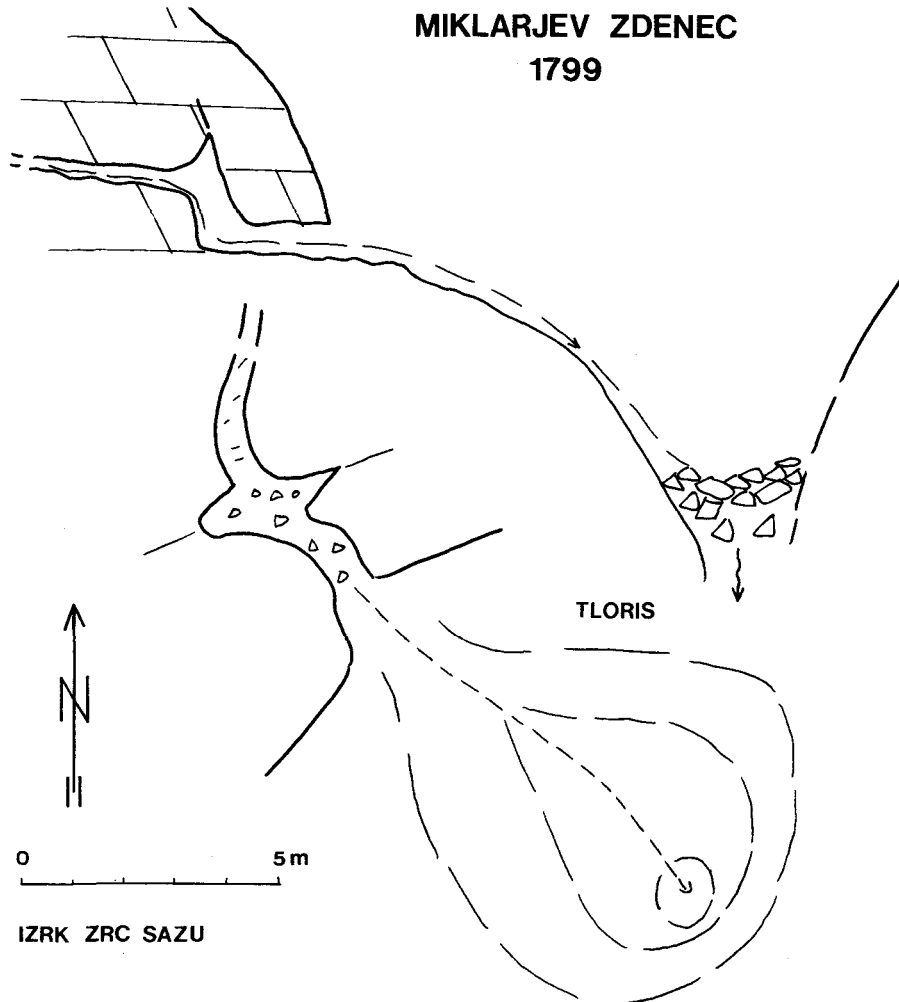
Hitrost tega toka je podobna nizkemu odtoku z Vrčic proti Krupi ali s Ponikev proti Kočevskim Poljanam. Značilna je za počasno globinsko pretakanje voda. Ker se uranin ni pojavil v pomembnejših koncentracijah v nobenem drugem opazovanem izviru, sklepamo, da se vode iz območja Mirne gore raztekajo v Radešico in Krupo. Morebitni odtok proti Jelševniku in Doblčici je ostal pod mejo določljivosti.

V Jelševniku in v izviru pri Srednji vasi uranina nismo določili, v Doblčici pa so bile ugotovljene zelo nizke koncentracije med 6.6. in 10.6. Te sledi bi časovno sicer lahko primerjali z barvnim valom v Krupi med 13. in 23.6., koncentracije pa so desetkrat manjše. Zato zveza Ponikev z Doblčico ni zanesljiva. Če bi se hkrati pojavil uranin tudi v Jelševniku, bi bila zveza bolj verjetna. Ni pa izključeno, da se je v Jelševniku uranin pojavil v koncentraciji pod mejo določljivosti.

V Radešici so se 14.5., 30.5. in 1. 6. pojavile sledi uranina, ki bi lahko izhajale iz skupnega zaledja z izvirov pri Kočevskih Poljanah. Glede na prisotnost uranina v ničelnih vzorcih so možni še drugi viri. Nezanisljive stranske zveze so v veliki meri posledica izrednih vodnih razmer po vlitju sledil.

Zveza Miklarjevega zdenca z Dobljčico

Ob cesti Dobljče - Koprivnik je dobra dva kilometra od Bistrice opuščena kmetija Miklarji. Okrog 300 m naprej je na levi južni strani ceste v dnu vrtače stalni Miklarjev zdenec. Voda se izceja iz medplastovne špranje in odteka med skalami v dnu vrtače (Sl.41). Do studenca vodi pot in ob izvirku je leseno razpadajoče korito. Studenec je imel premalo vode (o.1 l/s) za uspešno sledenje, zato smo vodo dovažali s kamionsko cisterno



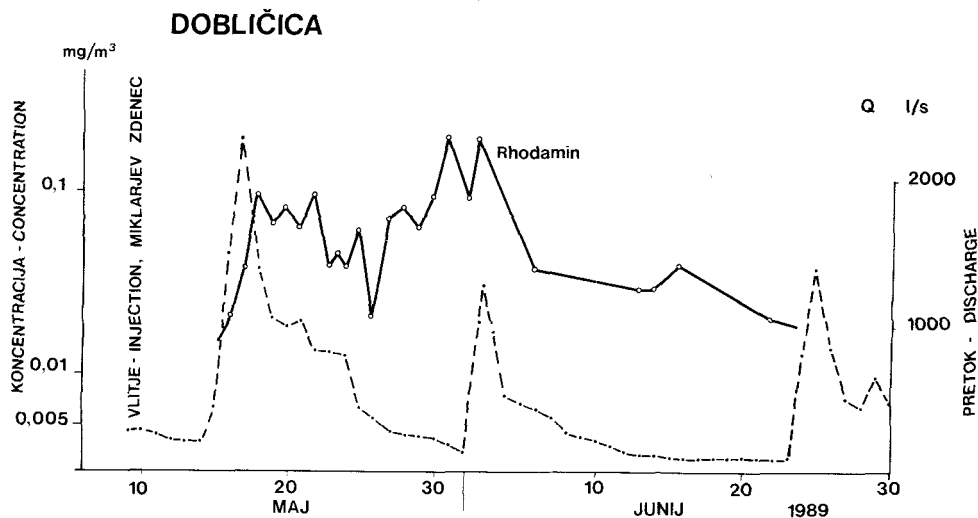
Sl. 41 Skica izvira in požiralnika Miklarjevega zdenca na Poljanski gori. Požiralnik je bil obarvan z rodaminom.

Fig. 41 The sketch of spring and swallow hole Miklarjev zdenec on Poljanska gora. The swallow hole was dyed by Rhodamine.

iz Črnomlja. V nekoliko očiščen požiralnik v dnu vrtače so 10.5.1989 ob 13 uri T. SLABE, N.ZUPAN in M. KRANJC vlili pripravljeno raztopino 5 kg rodamina. Dodali smo še 3 krat po 7 m³ vode. Barvilo je v 5 minutah odteklo v podzemlje, pa tudi dodana voda iz cisterne je odtekala s hitrostjo 5 l/s.

V izviriš Dobličice se je pojavil rodamin iz Miklarjevega zdenca 16.5. ob 7 uri, torej po približno šestih dneh ali 138 urah. Koncentracija je prva dva dni naraščala od 0,02 do 0,10 mg/m³, nato pa je v teh mejah nihala vse do zadnjega analiziranega vzorca z dne 22.6.1989. Dne 31.5. in 2.6. je dosegla 0,12 mg/m³ (Sl.42).

Prek 1000 ur dolg barvni val z razmeroma nizko koncentracijo sledila in majhnimi hitrostmi, od 0,6 do 0,09cm/s, je nedvomno posledica posebnih hidroloških razmer v zaledju Dobličice. S tem sledenjem je namreč dokazana možnost počasnega izpiranja s sledilom "onesnaženega" podzemlja ob razmeroma majhnem pretoku penikajočega curka skozi 380 m globoko vadozno in dobre 3 km široko freatično cono. Vkljub izdatni višinski razliki in 109°/∞ strmca je pretakanje in izpiranje dolgotrajno, čeprav je močan naliv tudi tu pospešil odtok. Droben curek Miklarjevega zdenca je najmanj dva meseca enakomerno "onesnaževal" Dobličico. Za natančnejšo spremljavo pretakanja bi potrebovali pri izviri in pri Miklarjih limnigrafsko in ombrografska postaja.



Sl. 42 Krivulja koncentracije rodamina in pretoki ob barvanju Miklarjevega zdenca od maja do konca junija 1989

Fig. 42 The curve of Rhodamine concentrations and discharges during the Miklarjev zdenec dyeing from May until June 1989

Razen v Dobličici smo rodamin zasledili še v dveh vzorcih Krupe in sicer 28. in 29.5. s koncentracijo 0,020 in 0,010 mg/m³. Čeprav se je pojavil v posameznih vzorcih in nizkih koncentracijah, ga ne moremo povsem spregledati. Koncentracije so skoraj na meji določljivosti in z njimi zveza ni zanesljivo dokazana, ne moremo pa je povsem izključiti.

Obstaja možnost, da se iz zaledja Dobljčice del globinskih kraških voda usmerja tudi proti Krupi. Rodamin se je morda pojavil v Krupi zaradi izdatnega deževja, ki je pospešilo raztekanje kraških podzemeljskih voda. Od Miklarjevega zdenca do Krupe je 13 km zračne razdalje. Sledilo naj bi tja potovalo 18 dni s povprečno hitrostjo 0,8 cm/s, to je celo nekaj hitreje kot neposredno proti Dobljčici, ki je oddaljena le 3 km.

Bolj presenetljiva je ugotovitev, da se rodamin ni pojavil niti v Jelševniku niti v Obrščici, to je v sosednjih izviri na obeh straneh Dobljčice. Možno je, da se je barvilo preveč razredčilo, ali pa vode Miklarjevega zdenca odtekajo le v Dobljčico in imata Obrščica in Jelševnik svoje zaledje, ki ga dosedanje raziskave še niso določile.

Ocena sledenja v letu 1989

Ugotovimo lahko, da je bil izbor ponikalnic in sledil primeren za zastavljeno nalogo. Zaradi omejenih sredstev nismo opravili vseh potrebnih predhodnih raziskav, pa tudi spremljava poskusa je bila okrnjena. V pripravljalni fazi je bilo premalo hidroloških meritev in ni bilo mogoče naročiti analiz vsebnosti izotopov v vodi. V začetku sledenja so bile sicer ugodne hidrološke razmere, sledenje pa je nato zmotilo močno deževje, ki je zelo pospešilo odtekanje.

Za izvrednotenje zvez v tako spremenljivih vodnih razmerah poskusno območje ni bilo ustrezno opremljeno. Pogrešali smo zlasti limnigrafske in ombrografske naprave in avtomatske zajemalce vzorcev oziroma pogostejše zajemanje vzorcev. Zaradi omejenih finančnih sredstev nismo mogli analizirati številnejših vzorcev voda.

Tabela 8: PREGLED UGOTOVLJENIH ZVEZ S SLEDENJEM 10. 5. 1989.

Ponik.	Izvir	sledilo	D km	dH m	t _z h	t _k h	v _z cm/s	v _k cm/s	T _v h
Vrčice	Krupa	b.fagi	6	345	72	576	2,3	0,3	500
Ponikve	K.Poljane	uranin	10	630	174	576	1,6	0,5	500
Ponikve	Krupa	uranin	10,5	676	816	1056	0,3	0,2	200
Mikl.zd.	Dobljče	rodamin	3,5	383	144	1053	0,6	0,09	1000
Mikl.zd.	Krupa ?	rodamin	12.5	388	432	462	0,8	0.75	30

Opomba: D - razdalja med ponorom in izviro
dH - višinska razlika
t_z - čas do prvega pojava sledila
t_k - čas do zadnjega pojava sledila
v_z - hitrost do začetka sledila
v_k - hitrost do konca sledila
T_v - dolžina barvnega vala

Ne glede na težave in drobne pomanjkljivosti je sledenje v zaledju Dobljčice leta 1989 dalo dobre in koristne podatke. Ugotovljene so poglavitne smeri odtokanja kraških voda na razvodju med Dobljčico, Krupo in Krko. Poleg neposrednih zvez Vrčice s Krupo, Ponikev s Črmošnjico pri Kočevskih Poljanah in Miklarjevega zdenca z Dobljčico je dokazana tudi bifurkacija Ponikev med Krko in Krupo. Zveze Miklarjevega zdenca s Krupo in Ponikev z Dobljčico niso povsem zanesljive. Za rešitev odprtih vprašanj bi bilo treba izpeljati nov poskus z večjo količino sledil ob višjih vodah in s pogostejšim vzorčenjem ter daljšim spremljanjem hidroloških razmer. Vse to zahteva več sredstev in časa.

GEOLOŠKO TEKTONSKA OSNOVA KRAŠKEGA ZALEDJJA DOBLJČICE

Litološka podlaga

Po osnovni geološki karti SFRJ, list Ribnica (S. BUSER, 1974), Novo mesto (M. PLENIČAR, U. PREMUR, 1984), Črnomelj (J. BUKOVAC, M. ŠUŠNJAR, M. POLJAK, M. ČAKALO, 1984) in Delnice (D. SAVIĆ, S. DOZET, 1985) prevladujejo v zaledju Dobljčice, na Poljanski gori in v Kočevskem Rogu predvsem kredni in jurski apnenci v skupni stratigrafski debelini okrog 4000 m, med katerimi so tudi posamezni vložki dolomita. Pretežno skladnate kamnine vpadajo položno proti severovzhodu, tako so jurski skladi razgaljeni v Kočevskem Rogu in ob Kolpi, spodnjekredne pa na Poljanski gori in ob izviroh Lahinje. Med Knežjo Lipo in Mozljem so pod jurskimi skladi razgaljeni norijsko retijski dolomiti in permski klastiti. Pri Jelševniku in Nerajcu najdemo malmske sklade na vrhnjih členih spodnje krede. V obeh primerih moramo računati z naravnimi deformacijami regionalnega pomena. Zgornje triasni dolomit je na vzhodnem obrobju Mirne gore, med Črmošnjicami in Vrčicami. Delno se ta blok triasnega dolomita površinsko odteka v Črmošnjico, delno pa v ponikalnico pri Vrčicah in z njo v Krupo. Poenostavljene geološke razmere so prikazane na pril.2.

Jurski in kredni dolomiti so vloženi med apnence in ne predstavljajo samostojnih hidrogeoloških enot. V drobnem so ti dolomiti sicer podvrženi nekoliko drugačnemu površinskemu razpadanju kot apnenci, kar se pozna v drobnih oblikovitosti površja. Povečini so v teh dolomitnih skladih posamezni viseči studenci. Podzemeljska hidrološka funkcija tega dolomita pa ni znana. Brezna segajo le v zgornjo vadozno cono, globlje pa podzemlje ni dosegljivo.

Gornje triasni dolomiti (2T_3) so stratigrafsko določeni na podlagi zanesljivo dokazanih lijasnih kamnin v krovlini. So precej čisti pasasti stromatoliti dolomiti brez meljasto peščenega detritusa, sestojajo iz paralelnih in nagubanih tankih plasti kriptokristalastega karbonatnega sedimenta. Zaradi delne ali popolne rekristalizacije se pojavljajo tudi kristalasti dolomiti mozaične strukture. Debelina teh plasti znaša od 500 do 800m.

Jurske kamnine (J_{1-3}) obsegajo znatnejši del površja kot triasne. Po sestavi nakazujejo večjo raznolikost sedimentacijskega okolja, posebno od srednjega lijasa do spodnje

krede. Na Mirni gori prevladujejo plasti spodnjega, srednjega in zgornjega liasa. Stratigrafska pripadnost skladov je določena po legi stromatolitnega dolomita v podlagi in paleontološko dokazanih doggerskih plasti v krovni, ponekod se najdejo tudi slabo ohranjene litiotide. Stopnja dolomitizacije je različna, debelina teh plasti znaša od 600 do 700 m.

Ploščnati apnenci in dolomiti ($J_1^{3,}$) zgornjega dela spodnje jure so razmeroma čisti mikritni apnenci, ponekod so v njih vidni stilolitni šivi. Poleg apnencev se pojavljajo tudi dolomiti, pisan izgled jim daje neenakomerna dolomitizacija. Te plasti so debele od 100 do 130 m.

Doggerski apnenci (J_2) so mikritni debelo skladoviti, od 0,8 do 2m debeline, ponekod oolitni, v podlagi in krovlini se pojavljajo tudi dolomiti. Debelina teh plasti znaša okrog 500 m.

Malske plasti ($J_3^{1,2,}$) so v spodnjem delu zastopane pretežno z apnenci, vmes pa so kot leče vložene plasti dolomitov. Na Mirni gori je v spodnjem delu nekoliko debelejša plast dolomita. V malskih skladih je nekaj več nekarbonatne primesi, kar se pozna v večji pokritosti površja. Debelina teh plasti znaša 500 do 600 m.

Zgornje malski apnenci in dolomiti ($J_3^{2,3,}$) zavzemajo sorazmerno velike površine v okolici Semiča in na Mirni gori. Dolomiti se javljajo v spodnjem in zgornjem delu stolpca in so mešani med apnenci, ki so litološko precej pestri, mikritne in sparitne teksture. Njihova debelina doseže 800 m. Ponekod se v tem stratigrafskem členu pojavljajo grebenški, neskladoviti apnenci.

Spodnje kredni apnenci in dolomiti (K_1) slede zgornje malmskim plastem. Razkriti so v sinklinalnih delih erodiranih gub. Grade pretežni del osrednjega hrbita Poljanske gore in njeno vzhodno stran. Litološko so to pretežno mikritni apnenci z večjim deležem nekarbonatnih primesi, dolomiti in dolomitizirani apnenci med njimi so redki. Debelina neokoma znaša 300 do 600 m.

Baremijski in apski apnenci ter dolomiti spodnje krede ($K_1^{3,4,}$) zavzemajo največje površine Poljanske gore. Prevladujejo apnenci z redkejšimi pojavi dolomita. Debelina te stratigrafske enote znaša od 500 do 700 m.

Albijski apnenci in dolomiti ($K_1^{5,}$) se javljajo na območju Bistrice in Zglavnika. Predstavljajo jih apnenci, v katerih prevladujejo pelbiomikritni in pelmikroruditni apnenci, ponekod so vmes tudi sparitni apnenci, mikroznati dolomiti in dolomitni apnenci. Njihova debelina znaša 500 m.

Litološke razlike med apnenci v hidrogeološkem pogledu nimajo večjega pomena. Znale so sicer drobne razlike v raztapljanju in razpadanju, vendar jih glede na veliko prepustnost ne moremo upoštevati pri opredeljevanju zaledja posameznih izvirov. Zaradi neneakomerne in lečaste razporeditve tudi dolomitnih vložkov med apnenci ne moremo smatrati za hidrogeološke pregrade. Manj propustna dolomitna telesa lahko le delno in lokalno usmerjajo podzemeljsko pretakanje. Podzemeljske tokove ovirajo le zdobljeni dolomiti ob izrazitejših prelomnih conah, sicer so apnenci in dolomiti dobro prepustni in v njih prevladuje tipično kraško pretakanje.

Tektonska zgradba

Tektonska pretrtost karbonatnih kamnin je posledica starejšega gubanja in narivanja ter mlajšega vertikalnega in horizontalnega premikanja posameznih zgradbenih enot. V zaledju Dobljčice na razvodju med Krko in Kolpo kot tudi v širšem obrobju Bele krajine in v njej sami se prepletajo prelomi dinarske in prečne balatonske smeri, redkejši so prelomi v smeri sever-jug. Iz OGK je mogoče razbrati tudi razkosane starejše narivne enote, ki so večinoma razporejene od severovzhoda proti jugozahodu, osi gub in čela narivov potekajo v dinarski smeri.

Na geološki karti Črnomelj in v pripadajočem tolmaču so v zaledju Dobljčice prikazane naslednje tektonske enote:

1. naluskani kompleks Knežja Lipa - Vrbovsko,
2. narivni kompleks Črnomelj - Bosiljevo,
3. narivna enota Zvečaj-Metlika-Zadoborje.

Izviri Dobljčice in Lahinje so v območju tektonske enote Črnomelj - Bosiljevo, ki je sestavljena iz dveh lusk: koprivniško - kolečajske in mirnogorsko - črnomeljske. Narivna meja med luskama vpada položno proti NE, ob njej so deformirane poševne gube, normalno stratigrafsko zaporedje kot tudi debelina skladovnic pa je različno porušeno.

U. PREMUR (1977;1982) loči v narivni zgradbi Zunanjih Dinaridov na območju Dolenjske in Bele krajine več narivov iz različnih orogenetskih faz od srednjega eocena do srednjega pliocena. Po splošni uravnavi v srednjem pliocenu naj bi se uveljavili v tej pokrajini neotektonski premiki ob dinarsko in prečno potekajočih prelomih in zmikih. Posamezni bloki so bili različno premaknjeni, dvignjeni ali spuščeni. V narivni zgradbi loči topliški nariv, ki mu pripada vzhodna Suha krajina in Topliška pokrajina do Gorjancev. Nariv naj bi bil dokazan z vrtino pri Dolenjskih Toplicah, kjer so zgornje triasni apnenci na spodnje krednem apnencu. Ta nariv prehaja proti jugovzhodu v topliško gorjanski nariv, ki pripada dinarsko balatonski narivni zgradbi.

Pod topliškim je po Premru roški nariv, ki je na površju razkrit zahodno od žužemberškega preloma v Kočevskem Rogu. Pod roškim narivom naj bi bil ortneški nariv, ki je na površju viden na severnem Dolenjskem, nato pa med Kočevjem in Belo krajino. Sestoji iz zgornje triasnih, jurskih in krednih plasti. Pod ortneškim narivom je krimski nariv, ki se kaže na površju v golicah skitskih plasti pri Ribnici in permskih plasti pri Rajdolu na Kočevskem (U. PREMUR, 1982, 115). Ta nepropustna podlaga usmerja kraške vode Kočevskega polja na eni strani proti Krki in na drugi proti Kolpi, kar so potrdila tudi barvanja voda. Ob narivanju zdrobljene kamnine lahko pomenijo delne hidrogeološke pregrade, zato so narivne enote prepustnih kamnin hidrološko ločene.

Na geološki karti zarisane prelomnice so večinoma fotogeološko ugotovljene, sicer pa kartirane ali določene z vrtinami, naprimer pri Kanižarici. Čez hidrološko vozlišče pri Dobljčici in Lahinji je zarisana vijugava prelomnica Semič- Dobljčice - Radenci ter druga prelomnica med Kanižarico in Tančo Goro pa še med Butorajem in Breznikom. Ob teh dislokacijah so prekinjeni vsi dinarsko potekajoči prelomi, kar pomeni, da gre za mlajše

prelome, ki so bili aktivni še v kvartarju. Razen za kanižariški bazen, kjer so tektonske skoke ob prelomih ugotovili z vrtnami (do 300 m), za druge prelome niso navedene velikosti premikov, pač pa je znano, da so dislokacije zmičnega značaja, ob katerih nastanejo lokalne hidrogeološke zapore.

V splošnem so premiki balatonske smeri NE - SW mlajši od dinarskih v smeri NW - SE. To je pomembno tudi za razporeditev izvirov in obseg njihovega zaledja na celotnem zahodnem obrobju Bele krajine. Izviri od Sihurne, mimo Jelševnika, Obršca, Dobljčice, Podturnščice in Obrščice do Nerajčice pripadajo vsak svojemu tektonskemu bloku in med njimi doslej nismo ugotovili izdatnejših hidroloških povezav. Vendar tektonske enote niso med seboj popolnoma ločene, kot je pokazala zveza Miklarskega zdenca z Dobljčico. Voda se v tem predelu pretaka vsaj navidez prečno na tektonsko razkosanost blokov, kar je lahko rezultanta prečnih in vzdolžnih smeri. Podobno velja tudi za pretakanje vode v zaledju sosednjih izvirov ob vzhodnem vzhodju Poljanske gore.

Po BUKOVCU et al.(1984) pripadata v tektonskem pogledu Poljanska in Mirna gora narivni enoti Črnomelj-Bosiljevo, po PREMRUJU (1982) pa ortneškem narivu. Narinjena in naluskana enota zajema celotno mezozojsko serijo apnencev in dolomitov. Čelo nariva sega iz južnega obrobja Kočevske Male gore do Starega trga. Oba avtorja sta ugotovila narivno zgradbo, razlikujeta pa se v poimenovanju narivnih enot in v interpretaciji narivanja. Ker globinske strukture niso znane, ne moremo po njih soditi o hidrogeoloških razmerah celotnega karbonatnega vodonosnika.

Črnomaljska narivna enota je nagubana, prelomljena in sestavljena iz več lusk. Eni teh lusk pripada Mirna gora, drugi osrednji del Poljanske gore s Kolečajem vred. Luske so razkosane in premaknjene. Gube so široke 5-6 km, v čelih antiklinal na jugozahodnem robu prehajajo v luske s spremljajočimi tektonskimi pojavi, kot so prevrnjene gube, reverzni prelomi in tektonske redukcije strukturnih elementov pred čeli lusk.

Črnomaljska strukturna enota je narinjena proti jugozahodu. Narivni stik je zakrit z neotektonskim prelomom dinarske smeri, ob katerem je spuščeno severovzhodno krilo. Pri Radencih je enota prelomljena ob močnem transverzalnem prelomu, ki ga je mogoče slediti od Semiča, mimo Dobljč in Okrožnika do Radencev ter dalje do Priseke na Hrvaškem. Ta prelom ima po našem mnenju pomembno hidrogeološko funkcijo. Njegov potek se kaže tudi v reliefu in to na različne načine.

Poljanska luska, ki jo geologi imenujejo koprivniško- kolečajsko, je severno od omenjenega transverzalnega preloma Semič-Radenci intenzivno nagubana, z antiklinalnim temenom v koprivniški uvali, kjer izdajajo spodnjemalmske kamnine. V hidrogeološkem pogledu so pomembni tudi reverzni prelomi dinarske smeri, ob katerih so severovzhodna krila različno pogreznjena. Eden takih prelomov seka južni del Poljanske gore od Okrožnika prek Sinjega vrha, drugi pa poteka ob njenem vzhodnem robu od Dobljč proti Vinici. Ob prelomnih, narivnih in naluskanih conah so kamnine ponekod močno zdrobljene in spremenjene v lokalne ali celo regionalne hidrogeološke bariere. Mladi tektonski premiki so še posebej vplivali na strukturne poteze v reliefu, s katerimi si pomagamo pri opredeljevanju blokov v zaledju posameznih izvirov.

V zaledju Dobljčice in na razvodju med Krko in Kolpo imamo torej stare nagubane in narinjene apnenčeve in dolomitne skladovnice, ki so blokovno razlomljene. V teh blokkih prevladuje razpoklinsko in kraško podzemeljsko pretakanje, kjer padavine izkoriščajo in oblikujejo mrežo kanalov. V območju Poljanske gore potekajo od zahoda proti vzhodu, prečno na smeri gub in skladov ter narivnic in zmičnih prelomnic smeri NW-SE. Vse kaže, da so prelomi smeri NE-SW bolj prepustni kot druge poči v kamnini.

Pri analizi podatkov geološke karte je R. GOSPODARIČ (1987) opozoril na probleme v geološki zgradbi, ki bi jih bilo treba s hidrogeološkega vidika posebej rešiti. Pri Knežji Lipi je niz ponikalnic, za katere še ne vemo, kam odtekajo. Prav tako ni znano, kako globoko se tamkajšnje nepropustne permske kamnine vlečejo proti vzhodu pod karbonatno koprivniško lusko, kolikšna je torej narivna pot koprivniške luske na naluskani kompleks Knežja Lipa - Vrbovsko. V celotnem zaledju kraških izvirov je prav gotovo še več odprtih hidrogeoloških vprašanj. Zanimivo bi bilo pojasniti, zakaj odteka Kačji potok v Radešico, Koprivniški potok pa v Dolskega in ne v Dobljčico.

KRAŠKI RELIEF V ZALEDJU DOBLJČICE MED KRKO IN KOLPO

Hidrološki pomen kraških reliefnih značilnosti

Ob svojevrstnih destrukcijskih oblikah, ki nastajajo s klimatsko pogojenimi površinskimi procesi, odsevajo v kraškem reliefu tudi značilnosti prenikanja vode in s tem povezane podzemeljske prevotljenosti. V določeni meri lahko torej iz kraških reliefnih oblik spoznamo značaj podzemeljskega pretakanja. Strukturni kraški relief sam po sebi ni dovolj zanesljiv pokazatelj drenažnega sistema, lahko pa z geomorfološkimi raziskavami dopolnimo izsledke geoloških in hidrogeoloških preučevanj.

S časom se namreč na kraškem površju uveljavijo razlike v prepustnosti. V bolj pretrtih in razpokanih delih kamnine voda hitreje odteka in pospešeno odnaša ter znižuje površje. V bolj prepustnih zakraselih conah nastajajo različne kraške brazde in globeli, v odpornejših kamninah pa se oblikujejo hrbti, kope in druge vzpetine. Po teh značilnostih smo doslej preučili zgradbene prvine matičnega Krasa (P.HABIČ, 1984) in Suhe krajine (P. HABIČ, 1988) pa tudi predel med Postojno in Planino (P. HABIČ, 1982). V teh delih zasnovano metodo geomorfološke analize kraškega reliefa smo uporabili tudi pri preučevanju Dolenjske in Bele krajine (P.HABIČ 1984a), še posebno pa pri opredeljevanju zaledja Dobljčice. V kraškem reliefu se dobro ohranijo oblike, ki so nastale z mladimi tektonskimi premiki, dviganji ali grezanji. To je še posebej značilno za tektonsko tako razgibano pokrajino, kakršna je nizka Bela krajina z visokim obrobjem. Tektonski premiki ustvarjajo v zakraselih kamninah tudi nove hidrogeološke razmere in pomembno vplivajo na organizacijo podzemeljskega pretakanja (P.HABIČ, 1981).

Tektonsko kraški relief med Krko in Kolpo

Med zgornjo Krko in Kolpo je v višinah med 200 in 1000 m razgibano kraško površje, ki ga po morfoloških značilnostih delimo v manjše strukturne enote (Pril. 3). Razporejene so ob vzdolžnih dinarskih in prečnih prelomnih conah. Pomebna morfološka meja na vzhodni strani poteka ob žužemberškem prelomu ob zgornji Krki, ki se nadaljuje po Črmošnjski dolini do Vrčic. Njegovo nadaljevanje v dobljčko podolje ob zahodnem robu nizke Bele krajine geološko ni povsem jasno.

Druga taka prelomna cona poteka na zahodni strani po ribniško kočevskem podolju ob znanem želimejskem prelomu. Vmes sta dva vzdolžna višja hrbita, vzhodni se iz nižje Suhe krajine nadaljuje čez visoki Kočevski Rog (1099m) v Poljansko goro, zahodni pa se iz Ribniške Male gore nadaljuje v Kočevski Mali gori.

Med obema hrbitoma se iz Dobropolja prek Strug vriva pas nižjega sveta, ki ga v osrednjem najvišjem delu predstavlja rajhenavsko koprivniško podolje. To se proti jugovzhodu nadaljuje v Poljansko dolino in ob Kolpi do Severina. V prečni smeri je vzhodni hrbet razčlenjen v tri majhne strukturne enote, kot so že omenjene Suha krajina, Kočevski Rog in Poljanska gora. Z vzdolžnimi in prečnimi ter lečasto povitimi manjšimi prelomi pa so omenjeni hrbiti razčlenjeni še v manjše strukturne enote, ki so bodisi poglobljene v kraške dole in uvale, ali pa razčlenjene v grmadaste in kopaste vzpetine. Vse strukturne reliefne enote so omejene s strmimi kraškimi rebri. Te so povečini nastale ob robovih tektonsko različno premaknjenih blokov. Prečno je razlomljen tudi ožji hrbet Male gore, ki je najvišje dvignjen v sosedstvu Kočevskega Roga, najbolj znižan pa v pretržju vzhodno od Kočevja in pri Spodnjem Logu ob Kolpi. Južno od Kolpe je na razvodju z Dobro spet nekoliko višji.

Ribniško kočevsko podolje je v nasprotju z dvignjenimi hrbiti na obeh straneh presenetljivo ravno (A. KRANJC, 1972). Široki kraški ravnik s številnimi vrtačami je v vzdolžni smeri komaj opazno vegast. Nekoliko se ravnik vzpenja južno od Kočevja v Šahnu, pri Mozlju in v Spodnjem Logu. Nizki škortenski griči med Šahnom in moravsko goteniškim podoljem dokazujejo, da so bili tektonski premiki strukturnih enot izadnejši od korozijsko denudacijskega zniževanja. Lečasti podolgovati hrbiti in vmesni doli so različno veliki, v splošnem pa se drobijo in zmanjšujejo h Kolpi in še onkraj nje. Os najvišje dvignjenih hrbtov poteka od Gorjancev čez Rog, Kočevsko Malo in Veliko goro, v Goteniško goro. Po tem dvignjenem hrbitu naj bi potekala široka kraška razvodna cona med Krko in Kolpo, ki jo je mogoče dokazati le s sledilnimi poskusi.

Žužemberško, črmošnjsko in dobljčko podolje

Dolina Krke je od izvira navzdol do Soteske pri Dolenjskih Toplicah zarezana v tektonskem jarku ob žužemberškem prelomu. Morfološki pregled v drobnem je pokazal, da je bilo območje tektonsko nemirno ves čas vrezovanja Krke. Ta se je zarezala v dvigajoče se planote Roga ter zahodne Suhe krajine na eni in ajdovske planote ter vzhodne

Suhe krajine na drugi strani (P.HABIČ, 1988). Tektonsko sta zastajala bloka južno in vzhodno od kolena Krke pri Soteski. Na vzhodnem zastajajočem bloku ob vznožju ajdovske planote pri Straži se je oblikovala trikotna zaloška kotlina, ki je zasuta s kvarternimi rečnimi naplavinami (M. ŠIFRER, 1969; U. PREMUR, 1976). Ujeti meandri Krke pri Novem mestu nam dokazujejo, da se je blok med Prečno in Bršljinom hitreje dvigal. Ob njem so razporejeni izviri Prečne v Luknji.

Relativno tektonsko zastajanje je značilno za tektonski jarek južno od kolena Krke pri Soteski. Žužemberška prelomna cona se od Soteske nadaljuje proti Semiču in je na zahodni strani omejena s strmo črmošnjiško rebrijo Roga(5), na vzhodni strani pa jo omejuje dolina Sušice in ljubensko uršnoselska reber(4), ki je južno od Rožnega dola odrezana s prečno semiško rebrijo(6). Nekakšna tektonska leča med Črmošnjiško in Sušiško dolino je zastala in je bolj pogreznjena v severozahodnem delu pri Dolenjskih Toplicah (Loško polje 170m, Cvinger 262m). Proti jugovzhodu pa je stopnjasto dvignjena, najprej v Riglju (420m), nato še više v Vimolu (755m).

Bolj pogreznjeni del pri Soteski (170m) je tudi hidrogeološko pomemben. Tja do Podturna so razvrščeni kraški izviri: Crkavnik, ki se izliva v Krko, dalje presihajoča Suhorščica, nato stalna Obrh in Radešica. Črmošnjica kot pritok Radešice izvira ob višji vodi v Ušprunku pri Kočevskih Poljanah, sicer pa priteka izpod Mirne gore in iz Srednje vasi ter ponika pri Starih Žagah in le ob najvišjih vodah priteče do Radešice. Dolomit v povirju Črmošnjice je odločilen za vzdrževanje studencev pri Srednji vasi in Mašlju. Delno so zajeti za oskrbo, del teh voda pa poganja malo elektrarno pri Občicah.

Podobno kot Črmošnjica se izgublja v strugi tudi Sušica na drugi strani tektonske leče in le ob visokih vodah priteče do Dolenjskih Toplic, sicer pa presahne že pri izviri pod Dobindolom. Njeno prvotno povirje je bilo na območju Rožnega dola, kjer je kasneje s kraškim poglobljanjem nastala 500 m široka, prek 1000 m dolga in skoraj 100 m globoka kotanja. Ob stiku pretrtega triasnega dolomita in jurskih apnencev se je izoblikovala uvali podobna kraška globel s tremi ločenimi ponikalnicami, Rožnodolskim potokom, Brezovskim potokom in Bajerjem. Njihova podzemeljska usmerjenost še ni pojasnjena, domnevamo pa, da odtekajo te vode podzemeljsko v Krupo.

Dolomit v povirju Črmošnjice hrani studence pod Mirno goro: pri Črmošnjicah, v Srednji vasi, pri Brezju in Blatniku, kjer je razvodje med Krko in Kolpo. Rečica pod Brezjem in Blatnikom ponika pri Vrčicah in odteka v Krupo, kot je pokazalo barvanje.

V zakraselem hrbtu Radohe, v zahodnem delu Gorjancev, je še ne dovolj pojasnjeno podzemeljsko kraško razvodje med Krko in Krupo. Hidrološko je vsekakor pomembna razmeroma nizka lega Krupe (35m), h kateri se lahko podzemeljsko odcejajo vode iz celotnega severnega in severovzhodnega dela Bele krajine. Hidrogeološki položaj tega izvira še ni v celoti pojasnjen. nekateri domnevajo, da se topliški prelom nadaljuje mimo Semiča na Krupo in dalje v ribniško podolje (I. GAMS, 1961). S poimenovanjem prelomov in naravnih enot je nekaj težav, ki jih omenja tudi U. PREMUR (1982). Tako uvršča k grudi Poljanske gore ozemlje med žužemberškim in novomeškim prelomom, kasneje pa je to ozemlje prištel k topliškem narivu, samo Poljansko goro pa k ortneškemu narivu.

Morda je za Krupo pomembna tudi s topliškim prelomom vzporedna sinklinala, ki naj bi vplivala na stekanje podzemeljskih voda v osrčje Bele krajine. Osrednje hidrografske vozlišče Belokrajnske kotline omejuje 200 m izohipsa. Tja se stekajo Kolpa, Lahinja, Metliški Obrh in Sušica, več kraških izvirov pa je tudi ob sami Kolpi (I.GAMS, 1961; D. PLUT, 1988) in to na obeh straneh. Tam z desne strani priteka vanjo tudi Ribniški potok.

Belokrajnsko kotlino zapira na vzhodni strani hrbet, ki se z osrednjih Gorjancev (Sv. Gera 1178 m) v loku nadaljuje čez Vodeniške hribe. Prekinja ga pogreznjeno podolje Ribnika, ob njem pa se dviga Lipnik, ki prehaja v Bukovje. Kolpa ga prereže v zoženi dolini med Metliko in Ozljem ter med Adlešiči in Marin dolom, kjer v ostrem kolenu zavije proti Belokranjski kotlini. Po morfoloških znakih sklepamo, da se je njen tok prvotno nadaljeval proti vzhodu v Karlovško kotlino, vzporedno z Dobro. Morfološka in hidrografska problematika Bele krajine je bila doslej osvetljena bolj z erozijsko korozijskega (I. GAMS, 1961) kot pa s tektonskega vidika (A. MELIK, 1959,484).

Hipsografske značilnosti ozemlja med Novomeško in Belokrajnsko kotlino je mogoče razložiti s tektonskimi premiki posameznih blokov. Podobno velja tudi za reliefne značilnosti zahodnega obrobja Bele krajine, za Poljansko goro in Poljansko dolino, za Kočevski Rog in Kočevsko Malo goro, pa tudi za hrbte ob Kolpi med Kostelom in Vinico (N. KREBS, 1929, E. LEHMANN, 1933, I. SIMONIČ, 1939). Kraško površje je tam podobno razčlenjeno z mlado tektonsko dinamiko, ki se lepše kot v sami geološki zgradbi kaže v kraškem reliefu.

Površje v višinah med 200 in 400 m (Pril.1.) se iz obrobja Belokrajnske kotline zajeda le v ozkem pasu v kanjonu Kolpe do Starega trga in v spodnjem delu Poljanske doline. Nasprotno pa je površje v teh višinah od Soteske navzgor bolj na široko zajedeno v Suho krajino in ob zgornji Krki. Kraško površje med 400 in 600 m je v zahodnih Gorjancih razmeroma ozko, na široko pa se razteza iz Suhe krajine na Kočevsko in Ribniško polje, v goteniško moravsko podolje in od tam navzdol proti Kolpi. Višine med 600 in 800 m zavzemajo največje površine v celotnem bloku Kočevskega Roga, medtem ko drugod bolj spremljajo podolgovate višje hrbte. Podobno velja tudi za višine med 800 in 1000 m. Razen v osrednjih Gorjancih so izrazitejše v Rogu, še bolj pa prevladajo na Goteniški gori in Potočanskem višavju. Na obrobu Roga jim pripadajo le najvišja slemena Poljanske in Loške gore.

Podoben značaj najvišjih slemen ima tudi površje v višinah nad 1000 m, ki ga vse od Gorjancev prek Roga do Kočevske Velike gore sledimo le po najvišjih hrbtih, samo na Goteniški gori in okrog Loškega Potoka mu pripada nekaj več sklenjenega površja.

Kočevski Rog

Vzdolžne rebri Kočevskega Roga so precej premočrtne, a prečne bolj razčlenjene. To je najbrž posledica povijanja vzdolžnih prelomov iz jugovzhodne v jugojugovzhodno smer. Ta zasuk se kaže prav na prehodu Suhe krajine v Rog ob sestavljeni in stopnjasti

smuški rebri(9), imenovani po kraju Smuka med Starim Logom in Laščami.

V celotnem Rogu med koprivniškim in črmošnjskim podoljem ločimo grmadaste hrbte na vzhodni strani od najvišje Pečke (910m) in Rdečega kamna ter Kunča, prek Pogorelca (826m) in še nižje Podsteniške planote z najvišjim Taborjem (770m) na zahodni ter Sokolskim vrhom (711m) nad Bazo 20 na vzhodni strani. Pod Bukovo gorico (822m) je širok ravnik v višini 700 m, ki nato prehaja v visoko grmado Mirne gore (1047m). V tem delu je nekaj globljih uval od Podstenic, Jelendola, Cinka, Smrečnika in Ribnika nad Komarno vasjo do Ponikev na Mirni gori ter Golobinjeka ob vznožju Kope (1077m) in Krogliška (1054m) že na prehodu Roga v Poljansko goro.

Zahodni hrbet Kočevskega Roga je ožji in nekaj višji. V severnem delu se nad trnovsko rebrijo (10) in polico v višini med 700 in 750 m dviga sam Kočevski Rog (1099m). Južno od njega je okrog 100 m nižja planota Rajhenavskega Roga (985 m), ki dalje prehaja v Brezovo goro (1009) in Kopo (1077m). Na planotastih policah ob najvišjih hrbtih so redke uvale in suhi doli, ki vise proti Črmošnjski dolini (A. MELIK, 1959,465). Kopasti vrhovi so značilno razporejeni (P. HABIČ, 1981) in so najbrž nastali na nižji široki uravnavi s korozijsko denudacijskim razčlenjevanjem. Razpored strmih rebri pa se sklada z grudasto razlomljenostjo osrednjega, najvišje dvignjenega bloka. Suhe doline, ki jih omenja I. GAMS (1961), so po našem mnenju nastale bolj z denudacijsko korozijskim preoblikovanjem kot s predkraškimi rečnimi tokovi.

Koprivniško podolje

Na zahodni strani je Kočevski Rog omejen z izrazito rebrijo (10,11), ob njenem vznožju pa je pas nižjega sveta, ki se vriva med Rog in Kočevsko Malo goro. Po zgradbi lahko to podolje primerjamo z dobrepoljsko struškim dolom na vzhodni strani Ribniške Male gore (I. GAMS, 1961,206). Zveza med obema podoljema pa je v nizkem pretržju med Ribniško in Kočevsko Malo goro zabrisana. Nekako prečno v podolje med Rogom in Malo goro se tam vriva hrbet Starega Brega in Grintovca, kjer so na površju mlade eocenske nepropustne plasti. Z njih odteka površinske vode delno proti jugu, delno proti severu. Južno od tega prečnega Starega Brega pa se ob Somovi gori (816 m) že začinja vzhodna reber Kočevske Male gore, ki se ob rajhenavsko koprivniškem dolu nadaljuje mimo Nemške Loke in Brezovice v vzhodno reber Loške gore in sega do Kolpe. Med Rajhenavom in Koprivnikom je podolje najvišje dvignjeno, s prevala v višini okrog 750m pa visi na obe strani.

Po nagnjenosti površja bi sklepali, da je bil sprva tudi površinski odtok usmerjen na obe strani. Kasneje se je v podolju uveljavilo lokalno kraško poglabljanje, nastali sta uvali pri Koprivniku in Nemški Loki. Reliefna stopnja pri Brezovici na prehodu v Poljansko dolino pa je po vsej verjetnosti tektonski prag. Podoben prag se kaže tudi v prečni rebri nad Nemško Loko in nad Koprivnikom.

Koprivnik je denudacijsko in kraško poglabljen v dolu, ki visi proti Kolpi. Na jugozahodni strani je omejen s strmo nerazčlenjeno rebrijo, severovzhodna reber pa je stop-

njasta in razrezana z grapami. Po njih so vode, ki izvirajo v majhnih studencih sredi rebri, nasule v dno pretežno dolomitni drobir. Na njem je nastala v višini med 615 in 630m rodovitna ravnica s polji in travniki Koprivnika. Na več krajih so v naplavini izoblikovane požiralne rupe, v katerih ponikajo površinski potoki, če se že prej ne izgube v lastni naplavini.

Uvala pri Nemški Loki je podobnega nastanka kot pri Koprivniku, je nekaj manjša z nasutim dnom v višini med 460 in 480 m. Drobir so nasule občasne površinske vode iz drobljene prelomne cone v severozahodnem kotu. Ob isti prelomni coni so zarezane tudi grape pod Brezovico in Vimolom, ki se občasno odceja po plitvi dolini in ponikajo ob cesti med Brezovico in Predgradom v dnu Poljanske doline.

Kočevska Mala gora

Prečne tektonske stopnje so izražene tudi v reliefu Kočevske Male gore. V severnem delu se ob njih hrbet postopno dviga iz ravnika pri nekdanji vasi Mala Gora, proti jugu pa se stopnjasto znižuje h Kolpi. Strukturne poteze so v severnem delu z uravnavo nekako zabrisane, bolj do veljave pa pridejo v osrednjem višjem delu. Podolgovat, usločen hrbet je z obeh strani omejen s strmo rebrijo. V nasprotju z Ribniško Malo goro pa je nekaj širši in po dolgem prelomljen, kar se kaže v zajedi med Somovo goro (816m) in Koflom (882m) ter med Starim Brezjem in Gričem (953m). V tej prelomni coni je pri Lazah nad Onekom izoblikovana podolgovata uvala, južneje pa stopnjasta polica s Svetlim potokom in Studenim.

Posebna strukturna, morfološka in hidrogeološka enota ob južnem vznožju Kočevske Male gore je nizek prečni hrbet Šibje med Mozljem in Knežjo Lipo. Hrbet je zgrajen iz nepropustnih skrilavcev ter kremenovih peščenjakov in konglomeratov permske starosti. Z njih se površinske vode v številnih kratkih ponikalnicah odteka proti severu in jugu, kjer ponikajo v komaj zaznavnih slepih dolinah v jurskih apnencih.

Južno od preloma ali nariva, ob katerem se pojavljajo kremenovi peščenjaki, se v kočevskem podolju dvigajo iz kraškega ravnika nizki podolgovati hrbti, ki nakazujejo posebno morfološko enoto med Loško goro (860m) in Škortnom (754m) ob vznožju Kočevske Velike gore. Potrebno pa je opozoriti na značilno višinsko razliko, domnevno tektonskega porekla, med ravnikom Poljanske doline (400 m) in Spodnjim Logom (500m), kot tudi med Spodnjim Logom in moravsko goteniškim podoljem (550m) zahodno od Škortna. S sledilnimi poskusi je ugotovljeno, da se vsak vzdolžni del ravnika po svoje odceja v Kolpo. Kočevska Reka v Kotnico, Rinža iz Kočevja v Bilpo, vode iz koprivniškega dola in Poljanske doline pa v Dolski potok. Domnevamo, da so ponikalnice z južnega obrobja Šibja usmerjene v Šumetac ob Kolpi. Z barvanjem je dokazano, da vode s severne strani nepropustnega Šibja odteka v Krko, kar se sklada z nepropustno naravno podlago.

Po dosedanjih raziskavah sklepamo, da poteka razvodje med Krko in Kolpo po nizkem podolju od Kočevja proti Mozlju. Krki pripada pretežni del Kočevskega Roga in

Male gore. Računati pa moramo tudi s široko bifurkacijsko kraško cono, ki jo nakazuje raztekanje voda iz Ponikev na Mirni gori v Radešico in v Krupo. Razen posebne hidrogeološke pregrade v podlagi Male gore, ki izdanja s kremenovimi peščenjaki med Mozljem in Knežjo Lipo ter usmerja del podzemeljskih voda iz nizkega kočevskega podolja proti severu, nakazuje smer podzemeljskega odtoka splošna nagnjenost kraškega reliefa po posameznih strukturnih enotah, ki smo jih prav v ta namen nekoliko podrobneje predstavili v tem poglavju.

Relief Mirne in Poljanske gore v ožjem zaledju Dobljčke

Poleg drobne kraške razčlenjenosti so v površju Mirne in Poljanske gore izražene nekatere posledice tektonskega dviganja in grezanja na zahodnem obrobju Bele krajine. Vsaka strukturna enota pa je tudi po svoje preoblikovana z razpadanjem in drobljenjem kamnine ter s površinskimi denudacijskimi procesi.

Najvišja morfološka enota v obravnavanem predelu obsega Kopo (1077m) in Mirno goro (1047m). Posamezni vrhovi segajo v višine nad 1000 m, sklenjeno grmado pa obrobja izohipsa 800m. Nad to višino je tudi dinarsko usmerjeno široko podolje, ki se nekako od Ribnika nadaljuje do Sredgore in loči hrbet Kope od Mirne gore. Po reliefnih oblikah sklepamo, da so bile manjše zgradbene enote premaknjene vsaj v treh tektonskih stopnjah.

Celotna grmada Kope z uvalo Golobinjek in Mirno goro je na vzhodni in zahodni strani omejena s 300 do 400 m visoko rebrijo. Proti severozahodu se planota postopoma zniža proti osrednjemu Rogu, kjer prevladujejo višine med 600 in 700m, proti jugovzhodu pa se v neizrazitih policah znižuje do belokrajnskega ravnika v višinah okrog 200m.

Osrednji hrbet se s Kope (1077m) postopno spušča proti jugovzhodu prek Ovčjaka (852m) in Toplega vrha, Bistrice in Dobljčke Gore do Dobljč. Na zahodni strani je med osrednjim hrbtom in koprivniškim podoljem strukturna enota Bukove gore z najvišjim Mačjim hribom (836m). Na vzhodni strani se hrbet Mirne gore spušča mimo Planine, Zajčjega hriba (681m), Vinske gore in Rodin do Otovca. Izpod Sredgore visi proti Naklem širok žleb, ki med Talčjim Vrhom in Jelševnikom prehaja v dolino Talačkega in Jelševniškega potoka. V zatrepu tega žleba pod Planino je prečni dol med Topličicami in Lahinjo, očitno zasnovan na pomembnejši prelomni coni. Zahodno od tega žleba je ovalni hrbet nagnjen proti Mavrlenu in Dobljčam, podobno kot oni pri Toplem vrhu. Vmes je manjši žleb, ki visi od Gradca proti jugovzhodu, podobno kot drugi onkraj Tolstega vrha proti Bistrici. Enako je usmerjena tudi Mrzla draga k Miklarjem, le da je kraško poglobljena v podolgovato uvalo. Hkrati predstavlja najglobljo vrzel med Kopo ter osrednjo Poljansko goro.

Najvišji hrbet 8 km dolge Poljanske gore je na zahodni strani omejen s strmo, 400 m visoko poljansko rebrijo (11), ki sega do ravnika Poljanske doline pri Podgori. Na vzhodni strani Židovca (847m) in Debele gore (866m) sega strma miklarska reber le do police južno od Bistrice v višini okrog 650 m, navzdol pa sledi dobre 3 km široko položnejše

pobočje, nekakšen pediment, tja do Tanče Gore in dobljčke rebri (8b). Dobljčka kotlina s kanižarsko pliocensko kadunjo predstavlja najbolj pogreznjen blok ob vznožju Poljanske gore. Ob njenem robu so razporejeni izviri med Sihurno in Jelševnikom na severu ter Nerajcem na jugu, v osredju pa so izviri Dobljčice, Podturnščice in Obrščice.

V morfološkem in verjetno tudi v hidrografskem pogledu je v Poljanski gori pomembna reliefna zarezna Tratovnika med Tančo goro in zatrepom poljanskega ravnika vzhodno od Starega trga. Zasnovana je ob transverzalnem prelomu Semič - Radenci. Na tej strukturalni meji je najbrž tudi kraško razvodje med Dobljčico in Podturnščico. Morfološko se strukturalna enota Kolečaja v zaledju Podturnščice razlikuje od Židovca v zaledju Dobljčice. Osrednji hrbet med Glavico (709m) in Kolečajem(691m) je širši, jugozahodna reber je nižja za okrog 200 m, na severovzhodni strani pa je manjša strukturalna polica pri Zapudju nad izviri Podturnščice in Obrščice. Te značilnosti so, kot vse kaže, povezane z različnimi tektonskimi premiki posameznih enot.

Proti jugovzhodu prehaja Poljanska gora v še nižje planotasto površje, ki se začenja ob žlebu na vznožju Okrožnika (813m) in nadaljuje z Vušcem (616m), Kolečajem (691m) ter Zglavnikom (664m). Južno od tega vrha je hrbet spet nekako preščipnjen z žlebom, ki visi na severni strani proti Snegopaju in Suhorju, na južni strani pa proti Špeharjem. Na tej prečni zarezi je domnevna razvodna cona med zaledjem Nerajčice in izviri ob Kolpi. Hrbet Poljanske gore se proti Kolpi zniža v nekaj stopnjah, vanje pa so zarežane nekakšne zatrepne police pri Sinjem vrhu in Dalnjih Njivah ter v nižji Dameljski Dragi.

Če širše primerjamo reliefne značilnosti in usmerjenost slemen ter podolij od ribniško-kočevskega do zornjegrškega in črmošnjskega, lahko ugotovimo značilen zavoj podolij ob vzhodnem obrobju Kočevskega Roga, ki se nekako sklada z zavojem rajhenavsko koprivniškega podolja na zahodni strani Roga. Mirna gora je kot dvignjen blok nekako na vzhodnem voglu. V njej dominirajo dinarske smeri, na južni strani pa je odrezana s prečnimi prelomi balatonske smeri. Ob njih se triasne in jurske kamnine stikajo s krednimi, tako se morfološke poteze skladajo z geološko zgradbo. Med Mirno goro in dobljčko kotlino je v reliefu in zgradbi izražen stopnjast prehod z visoke planote Roga v nizko Belo krajino.

Semiška reber

V severnem obrobju Bele krajine je semiška reber (6) najbolj izrazita strukturalna reliefna meja, saj predstavlja strm prehod iz nizkega uravnanega površja v višinah okrog 200 m v kraški hrbet Radohe. Ob vznožju semiške rebri je črnomaljski ravnik še dodatno nekoliko znižan, kar pripisujemo predvsem izdatnejšemu korozijskemu poglobljanju pod vplivom spiranja in naplavljanja drobirja s strmega brega. Semiška reber je premočrtna od Kota do Štrekljevca in Osojnika. Dalje proti vzhodu mimo Brezove Rebri do Sel in Jugorja pa je nekoliko zamaknjena proti severu, kar pomeni, da je izoblikovana v tem delu ob vzporednem prelomu, ki se izgublja v rebri pod Peščenkoma (846m), ob drugem kraku tega razcepljenega preloma pa je izoblikovan podolgovat Malenski dol severno od

Brezove Rebri. Pri Jugorju prehaja selska reber v žleb Vahte in ob njem se dviga samostojen blok Lipovca, ki prehaja v najvišji osrednji del Gorjancev. Ob vznožju semiške rebri ni kraških izvirov. Vode se tudi iz višjega zaledja verjetno odtekaajo v Krupo.

Ručetna reber

V Kotu pri Semiču zavije strma reber proti jugu in je precej sklenjena do Otovca. Imenujemo jo ručetno reber (8a) in ob njenem vznožju je izoblikovano pačko podolje. Strma reber prehaja iz polic v višinah med 240 m pri Starihovem vrhu, in 200 m pri Črnomlju v planotasto površje v višinah nad 500 in 600m. Nižjo polico predstavlja Mlačevce z Vinsko goro (540m) nad Rodinami, višjo pa Kleč (679m), Zajčji vrh (681 m) in Planina (763m) pod Mirno goro (1047m). Ručetna reber je pri Petrovi vasi prelomljena in nekoliko zahodno zamaknjena. Nad tem zamikom pa je pod Konjskim hribom izoblikovan strukturni zatrepni žleb. Ob vznožju ručetne rebri so občasni izviri Pačkega potočka, sicer pa vode iz njenega zaledja odtekaajo v Krupo in v Dobljčico.

Dobljčka reber

Od Naklega nad Otovcem prek Rožič Vrha in Stražnjega Vrha, mimo Mavrlena in Dobljčke Gore do Griča nad Dobljčami je strma, vendar z vinogradi bogato obrasla in na gosto z zidancami posejana dobljčka reber (8b), ki je še nekoliko bolj umaknjena proti zahodu kot njena severna sosedna ručetna reber. Dobljčka reber morfološko ni povsem enotna. Med Naklom in Jelševnikom je razdeljena s polico v višini med 280 do 290 m, različno pa je tudi njeno vznožje ob Tuševem Dolu ter med Zajčjim in Snečim Vrhom, kjer so ohranjene vegaste kraške police v višini okrog 180m. Med Jelševnikom in Dobljčami ter Jernejo vasjo v rebri ni nobene police, premočrtno sega od roba v višini okrog 400 m do nizkega ravnika dobljčke kotline v višini okrog 150 do 160 m.

Med Gričem in Tančo Goro (253m) obrne dobljčka reber proti jugovzhodu in prehaja onkraj tratovniškega žleba ob prelomu Semič - Radenci v zapudsko reber, ki ima nad Breznikom in Obrhom široko polico v višinah med 350 in 250 m. V bistvu je sestavljena iz dveh delov. Spodnji del nekako preide pri Suhorju v nižji starolipski ravnik, zgornji del pa se nadaljuje z bolj položno, le malo razčlenjeno kolečajsko rebrijo (8c) ob vzhodnem obrobju Poljanske gore. Ta preide ob Kolpi med Učakovci ter Damljem v nižji ravnik.

Podroben morfološki pregled obrobja Bele krajine nakazuje nekatere strukturne posebnosti, ki jih lahko koristno uporabimo pri pojasnjevanju razporeditve kraških izvirov in njihovega hidrološkega zaledja. Prelomljene in zamaknjene rebri nakazujejo mlade tektonske enote, ki se razlikujejo od starejših strukturnih enot prikazanih na osnovni geološki karti. Po morfoloških znakih tudi sodimo, da se žužemberški prelom nadaljuje iz Črmošnjiske doline mimo Dobljč proti Učakovcem. Topliški prelom pa je morfološko komaj izražen z grapo v strmi semiški rebri, povsem neizrazit pa je v nizki Beli krajini.

Dobljčko - viniško podolje

Po morfoloških in hidroloških značilnostih lahko nizki zahodni del Bele krajine razdelimo v pet enot: pački dol, kanižarsko sleme, dobljčko in dragatuško kotlinico ter lipsko podolje ali viniški ravnik. Celotni pas znižanega sveta s pomembno hidrografsko funkcijo ob vznožju Poljanske gore bi strukturno lahko primerjali z črmošnjiško sušiško tektonsko lečo v žužemberški prelomni coni. V strukturnem pogledu je dobljčko kanižarska tektonska leča neposredno nadaljevanje prelomne cone, ob kateri je izdatneje dvignjen zahodni del z Rogom in Poljansko goro, manj pa vzhodni del v območju Bele krajine. Po legi pliocenskih plasti pri Kanižarici in reliefnih značilnostih dobljčke kotlinice je očitno, da gre tu za nekakšen ozek in proti sredini upognjen tektonski jarek, kamor so usmerjene kraške vode iz celotnega obrobja in se združene pri Črnomlju površinsko prelijejo v osrednjo Belokrajnsko kotlino (Pril. 4).

Pački dol

Ob vznožju ručetne rebri je od semiškega Kota proti jugu poglobljena plitva suha dolina, ki med Otovcem in Dolenjo Pako preide s suhim pačkim žlebom v dolino Talačkega oziroma Pačkega potoka, pritoka Dobljčice. V zgornjem delu med Ručetno in Miheljo vasjo ter Rožancem je suha dolina komaj izražena. Nizko, vegasto kraško površje je na debelo prekrito z rdečerjavo ilovico. Pri Rožancu je ob cesti vodokazno brezno ali kraško okence, imanovano Stobe ali Stovba. Ob najvišjih vodah se tam iz podzemlja prelije na površje kraška voda. Do nje pridemo lahko tudi nekaj sto metrov južneje v Zdencu pri Otovcu, končno pa se preliva na površje v izviru Pačkega Brežička. Z obarvanjem Zdenca pri Otovcu, poleti 1990, smo spoznali, da se v studence pri Svibniku stekajo tudi tiske kraške vode iz pačkega dola, ki se ne prelivajo v površinski Pački oziroma Talački potok.

Pački potok izgublja vodo v strugi že izpod Zajčjega Vrha in tako se ob nizkih vodah struga povsem posuši od mosta pred Svibnikom do Dobljčice. Vode Pačkega potoka podzemeljsko dosežejo Dobljčico v Šprajcarjevem studencu pri Okljuku. Prelomna cona med Kotom in Črnomljem ima potemtakem svoj drenažni sistem, ki ga verjetno omejuje prelomna ploskev ob vznožju ručetne in dobljčke rebri na eni ter lokevske in butorajske rebri (7) na drugi strani.

Na obeh straneh doline in suhega pačkega dola so ohranjene vegaste kraške police v višinah med 180 in 210 m. Nadaljujejo se tudi južno od Črnomlja, pri Blatniku in v hrbtih okrog Kanižarice. Pri Črnomlju se je v to površje zajedla v številnih okljukih Dobljčica. Ob vznožju dobljčke rebri je njena struga poglobljena v nizko, kraško nekaj manj razčlenjeno, zato pa še bolj na debelo z ilovico prekrito polico v višinah med 150 in 170 m. Med Jelševnikom in Tuševim Dolom je reliefna vrzel, po kateri bi nekdanj lahko tekla Talački potok od Sihurne naravnost proti jugu. Hitrejše poglobljanje pačkega dola pa je omogočilo pretočitev Talačkega potoka v Pačkega. Razlike v tektonskem premikanju so

najbrž prispevale tudi k izoblikovanju ozkega pačkega žleba med Otovcem in Dolenjo Pako, v zastajajočem bloku med Otovcem in Kotom pa se je ohranilo širše podolje.

Doblička kotlina

Med Jelševnikom, Dobličami in Jernejo vasjo je ob vznožju premočrtne dobličke rebri nizek vegast kraški ravnik, dolg tri in širok dober kilometer, ki je po osnovnih potezah podoben površju črnomaljskega ravnika. Zaradi posebnega hidrološkega in tektonskega položaja se morfološko od njega razlikuje. Nizka polica pri Dragovanji vasi in Kvasici loči dobličko kotlinico od dragatuške. Na severni strani jo omejuje polica v višini med 180 in 190 m nad Jelševnikom. Med Snečim Vrhom in Blatnikom pa se Dobličica, ki teče nekako po sredi kotlinice od juga proti severu, prebije skozi ozko dolino proti Kanižarici in dalje v značilnih okljukih proti Črnomlju, naprej pa skupaj z Lahinjo v osrednjo Belokrajnsko kotlino. Morfološke oblike v dnu in na obrobju dobličke kotlinice kažejo, da njena poglobitev ni le posledica večje namočenosti zaradi dotoka voda iz kraškega podzemlja, pač pa je globel in razporeditev kraških izvirov ob njej strukturno pogojena z zastajanjem bloka ob vznožju Dobličke gore. Po gladini kraške podtalnice v tem bloku in v izviri ob strugi med Jernejo vasjo, Blatnikom in Jelševnikom sklepamo, da so vode v zakraseli podlagi dobličke kotlinice le delno ločene od siceršnjega hidrogeološkega zaledja Dobličice. S tem je treba računati pri morebitnem trajnejšem umetnem znižanju gladine v izviru Dobličice.

Kanižarsko sleme

V nepropustnih pliocenskih sedimentih kanižarske kadunje je izoblikovano nizko sleme z višinami med 196 m v Kegljem hribu in 212 m v Belem hribu. Z osrednjega slemena so na vse strani usmerjene plitve grape, po katerih odteka površinske vode na sever v Dobličico, na vzhod v Lahinjo, ki si je poglobila svojo kanjonsko dolino prav ob stiku pliocenskih naplavin in krednih apnencev. Proti jugu odteka površinske vode v Podturnščico in z njo v Lahinjo. Le proti zahodu v dobličko kotlinico je odtok s kanižarskega slemena obglavljen s Selškim in Kanižarskim potokom. Vode z blatniško jernejskega slemena pa poniknejo predno dosežejo Dobličico. Njihov prvotni površinski odtok proti zahodu nakazujejo suhe dolinke, usmerjene k Dobličici, kjer so ob strugi tudi manjši kraški izviri.

Zakrasela sta tudi dva potoka severno od Kegljega hriba, ki ponikata pri Kočevju in podzemeljsko dosežeta Dobličico. Ob ponoru sta nastali slepi dolini. V večji pri Gadini je dostopna zanimiva vodna jama, ki je hidrološko povezana s studencem pri Kočevju. V osrednji hrbet Belega hriba se je z vzhodne strani najgloblje zajedel Križanji potok, ki se južno od Črnomlja vlija v Lahinjo. Odtok proti jugu je povezan z oblikovanjem doline Podturnščice v dragatuški kotlinici. Hidrogeološke značilnosti pliocenske kanižarske kadunje niso bile predmet naših preučevanj. Znano pa je, da se v kanižarskem premo-govniku pojavljajo vodni udori iz zakraselega obrobja.

Dragatuška kotlina

Razmeroma široka dolina Podturnščice in nizke police ob njej okrog Dragatuša v višinah med 160 in 170 m ter premočrtna reber med Tančo Goro in Zapudjem nakazujejo podobno zasnovo kotline na zastajajočem bloku kot pri Dobljčah. Dragatuška kotlina je na vzhodni strani omejena z butorajsko rebrijo (7), ob kateri je zarezana kanjonska struga Lahinje. Ujeti meandri pri Butoraju so verjetno nastali na zastajajočem dragatuškem bloku pred dvigajočim se kanižarskim. Vzhodni del je morfološko bolj razgiban, kar si razlagamo s strukturnimi razlikami v podlagi Dragatuške kotline. Široka dolina Podturnščice se zoži med Golekom in Podlogom, kjer seka južni podaljšek kanižarskega slemena. Ožja in zavita dolina Nerajčice in Male Lahinje sta poglobljeni v prvotno enoten ravnik, drugačna reliefna razčlenjenost v primerjavi z dolino Podturnščice pa je očitno strukturno pogojena. Suha dolina južno od Velike Lahinje nakazuje tudi izdatnejše zakrasevanje v bolj dvignjeni strukturni enoti vzhodno od butorajske rebri. Ob butorajskem prelomu je znan med Šipkom in Pustim Gradcem topli izvir (17-19° C). Nekaj tople vode izvira v sami strugi Lahinje pri Klepčevem mlinu.

Široka poplavna ravnica ob meliorirani strugi Podturnščice predstavlja nasuto dno dragatuške kotline. Do 3 km dolga in 2 km široka dolina se proti jugovzhodu zoži v dober kilometer široko podolje med Nerajcem in Knežino ter Belčjim Vrhom, kjer sta kraška izvira Nerajčice in Lahinje. Nerajski Cernik (242m) se kot osamelec ali samostojen blok dviga na južnem obrobju dragatuške kotline. Po legi in višini ga lahko primerjamo s polico Tanče Gore (254m), vmesni del med Obrhom in Dragatušem pa naj bi bil pogreznjen.

Vzporedna polica ob vznožju kolečajske rebri(8c) visi od Plati (378m) prek Pustega Petra (311m) in Zapudja (252m) proti Gornjemu Suhorju (Vinji vrh 248m) in Novi Lipi (Vrbišče 244m). Brez dvoma so tudi te reliefne značilnosti povezane s tektonsko dinamično strukturnih enot na obrobju dragatuške kotline. Morfološko in hidrografske je zanimiv vmesni suhi dol Loke za Cernikom, kjer je dvoje kraških okenc ali estavel, Ljubešnica in Gradnica. Dol je izoblikovan ob prelomu med Zapudjem in Cernikom ob vznožju iste rebri, ob kateri sta izvira Podturnščice in Obrščice. Vhodno od njega je pri Suhorju dosegljiva kraška voda v okencih Suhorskega in Selškega brega. Po nihanju vode v teh estavelah sklepamo na lokalno zajezevanje kraških voda v strukturnih enotah tik pred izvirom Nerajčice. Na kraško podtalnico in njeno pretakanje v podolju med Nerajcem in Malo Lahinjo opozarjajo še druga okenca, v katerih je dosegljiva kraška voda. Takšna sta zlasti Ponik pri Djudu ali Zjotu, Glušenka ter Ušivec. Do kraške podtalnice so prišli tudi v kamnolomu pri Velikem Nerajcu. Del teh kraških voda odteka v izvir Stepanjec in v Krnico ob Nerajčici, sicer pa podzemeljske zveze še niso preverjene z barvanjem.

Lipsko podolje ali viniški ravnik

Med Suhorjem in Vinico je 2 km širok in dobrih 10 km dolg kraški ravnik, ki se

dviga od izvirov Lahinje in Nerajčice proti Vinici, nekako od 170 do 200 m višine. Vanj je poglobljena plitva suha dolina od Drežnika mimo Nove in Stare Lipe proti Suhorju in Nerajcu. Na vzhodnem robu podolja je med Hrastjem in Vinico niz prečnih suhih in slepih dolin, ki so zarezane v podaljšek butorajske rebri ob zahodnem obrobju Bukovja. Na zahodni strani je lipsko podolje omejeno s stopnjasto razčlenjeno kolečajsko rebrijo. Z njo se znižuje tudi planotasto sleme Poljanske gore proti jugu od Tominca (661m), prek Krtice (567m), Kučerja (485m), Jelenčje glave (389m) do polic ob Kolpi v višinah med 210 in 230m.

Postopno zniževanje slemena Poljanske gore h Kolpi in obratna nagnjenost Lipskega podolja ter Bukovja stran od Kolpe k osrednji Belokrajnski kotlini lahko pojasnimo le z različno tektonsko dinamiko posameznih blokov. Ta je odločilno vplivala tudi na razpored in pretakanje vode v njih. Pretežni del lipskega podolja se torej podzemeljsko odceja v Lahinjo, manjši del pa v izvire ob Kolpi pri Vinici. Položaj razvodne cone s sledenjem še ni preverjen, zato tudi južno zaledje Lahinje hidrogeološko še ni določeno.

OCENA MINIMALNE IZDATNOSTI IZVIROV IN VELIKOST NJIHOVEGA ZALEDJJA

Opazovanje vodostajev in hidrometrične meritve na izvirih Dobljčice, Jelševnika, Podturnščice, Obrščice in Nerajčice ter Lahinje je organiziral Vodnogospodarski inštitut (VGI). Nekaj podatkov je zbranih v njegovem poročilu za leto 1988. Opazovanja vodostajev v izvirih Dolskega potoka in Bilpe je organiziral Inštitut za raziskovanje krasi, po dve meritvi pretokov pa so opravili sodelavci Hidrometeorološkega zavoda, ki so nam posredovali tudi pretoke za Rinžo, Radešico in Obrh.

Po končanem zajemanju vzorcev vode ob prvem kombiniranem sledilnem poskusu smo v sušnem obdobju 1988/89 še nadalje spremljali vodne razmere. S primerjavo izmerjenih pretokov smo skušali izračunati minimalne izdatnosti opazovanih izvirov, ki prihajajo vpoštev za oskrbo Bele krajine. Jesensko sušno obdobje leta 1988 se je podaljšalo v zimo in je trajalo skoraj do konca marca. Vmes je sicer padlo nekaj dežja, ki pa ni pomembneje napolnil podzemlja, tako da se je to praktično praznilo do 23.februarja 1989. Najnižje vodostaje in pretoke smo izmerili 22.februarja, dan pred dežjem. S primerjavo pretokov 10.januarja ter 3.februarja 1989 smo po metodi Mailleta:

$$\alpha = \frac{\log Q_o - \log Q_t}{0.4343 \times t}$$

izračunali koeficiente praznjenja. Na podlagi povprečnega koeficienta praznjenja $\alpha = 9 \times 10^{-3}$ pa smo izračunali predvidene izdatnosti izvirov po 30 in po 60 dneh praznjenja od začetka februarja. Izračunane vrednosti za 30 dnevno praznjenje se dobro skladajo z izmerjenimi pretoki 22.februarja. Tako so glede na izredno nizke vode v februarju 1989 računске vrednosti za 60 dnevno praznjenje kraškega podzemlja daleč najnižji pretoki, ki

bi se pojavili v izjemnih letnih sušah. Še nižje vrednosti bi se lahko pojavile le ob trajnejšem poletnem prazenju ob visokih dnevnih temperaturah, ko je tudi v kraškem podzemlju potrebno računati z izdatnim izhlapevanjem, o čemer pa nimamo zanesljivih podatkov. Minimalne izdatnosti izvirov je treba še naprej spremljati, saj so za najnižje pretoke odločilne predvsem poletne suše.

Tabela 9: UPADANJE PRETOKOV IN KOEFICIENTI PRAZNIJENJA

Izvir	Q ₁ l/s	Q ₂ l/s	Q ₃ l/s	a1	a2 x10 ⁻³	a3	F km ²
Dobljčica	185	150	130	8,7	7,1	7,4	43,3
Jelševnik	55	40	30	13,3	14,4	13,8	10,0
Podturnščica	7	6	5	6,4	9,1	7,6	1,6
Obrščica	5	4	3	9,3	14,4	12,0	1,0
Nerajčica	37	30	25	8,7	9,1	8,9	8,3
Lahinja	45	35	30	10,5	7,7	9,2	10,0
Skupaj	334	265	223	9,6	8,6	9,2	74,2

Q1 - pretok 10.januarja 1989

Q2 - pretok 3.februarja 1989

Q3 - pretok 22.februarja 1989

F - izračunana površina zaledja izvira na podlagi predpostavljene minimalne specifične izdatnosti zaledja 3 l/s/km²

Tabela 10: IZRAČUNANI NAJNIŽJI PRETOKI

Izvir	Q ₀ l/s	Q ₃₀ l/s	Q ₆₀ l/s
Dobljčica	150,0	114,5	87,0
Jelševnik	40,0	30,5	23,3
Nerajčica	30,0	23,0	17,5
Lahinja	35,0	26,7	20,4
Skupaj	255,0	194,7	148,2

Meritev najnižjih pretokov

Natančno merjenje nizkih pretokov v kraških izviroh je možno le tam, kjer so pravilno urejeni stalni merski profili. Pri vsakem izviru pa specifični problemi ovirajo

meritve. Na izvire v nizkih legah vplivajo razne zaježitve v površinskih strugah, pri nekaterih izviroh se najnižje vode izgublajo v prepustnih naplavinah in nevidno odteka v bližnje površinske tokove. S takimi problemi smo se srečali tudi pri meritvah izdatnosti Dobljčice in sosednjih izvirov. Zaradi tega se podatki o najnižjih izdatnostih po različnih virih precej razlikujejo.

Najnižji pretok Dobljčice naj bi po podatkih VGI znašal v septembru 1987 le 30 l/s, upoštevan je le pretok po vodomeru pod mostom med Blatnikom in Dobljčami. Toda k tej vrednosti moramo prišteti še črpane količine za črnomaljski vodovod, ki znašajo od 50 do 70 l/s.

Po podatkih VGI naj bi bil Jelševnik septembra 1987 nižji ($H=9\text{cm}$) kot februarja 1989 ($H=10\text{cm}$), vendar pretoki leta 1987 niso bili merjeni ob najnižjem vodostaju. Pri tem izviru se je pokazala še druga težava. Ob izviru so začeli graditi pregrado, ki ob polnjenju pomembno zniža pretoke v merskem profilu. Ker pa se gladina pri zaprti zapornici dvigne za dobrega pol metra, seže zaježitev tudi v podzemlje. Njen učinek na vodne razmere v sosednjih izviroh ni znan. Od drugod so znani primeri, da umetne zaježitve na enem kraškem izviru vplivajo na vodne razmere v drugih, tudi precej oddaljenih izviroh (P.HABIČ, 1976). Brez stalnih meritev na urejenih presekih ob izviroh so posamezne vrednosti težko primerljive.

Ocenjene velikosti zaledja izvirov

Po najnižjih izmerjenih pretokih v februarju 1989 smo ocenili približno velikost zaledja kraških izvirov. Ob predpostavki, da se iz krasa Poljsanske gore izteka ob najnižjih vodostajih povprečno 3 l/s/km^2 , dobimo za Dobljčico okrog 43 km^2 zaledja, vsi izviri ob zahodnem kraškem obrobju nizke Bele krajine pa imajo okrog 74 km^2 zaledja. Na podoben način smo izračunali tudi velikost zaledja izvirov ob Kolpi in Krki in jih primerjali z orografsko in hidrogeološko opredeljenim zaledjem.

Podaljšano sušno obdobje 1988/89 je bilo izredno ugodno za primerjavo minimalnih izdatnosti drugih izvirov in za izračun velikosti njihovega zaledja na podlagi prepostavljenega minimalnega specifičnega odtoka. Ta najbrž ni enak po vsem Dolenjskem krasu, ker se v zaledju izvirov prepletajo zelo različne hidrogeološke enote. Tudi mešanje podzemeljskih voda iz različnih orografskih območij onemogoča natančnejše opredelitve zaledja kraških izvirov. Izmerjeni in izračunani pretoki na celotnem območju Krke in Kolpe so prikazani v tabeli 11.

Večina izračunanih površin se sklada z znanimi zaledji, le pri nekaterih so izrazita odstopanja. Za izvir Prečne v Luknji pri Novem mestu je ozemlje celotne vzhodne Suhe krajine med Krko in Temenico premajhno. Obratno je orografsko in hidrogeološko zaledje Radešice z Obrhom preveliko glede na pretoke. Iz tega zaledja se najbrž voda razteka še v druge izvire ob Krki, v Krupo in Dobljčico. To bo treba preveriti z novimi sledenji.

Tabela 11: NAJNIŽJE IZDATNOSTI IZVIROV POZIMI 1989
IN PO NJIH IZRAČUNANA VELIKOST ZALEDJJA

Izvir	Najnižji pretok Q l/s	Zaledje km ²
Obrh	75	25
Radešica	360	120
Krupa	540	180
Kotnica	250	83
Bilpa	200	67
Šumetac	40	13
Dolski potok	180	60
Tominčev studenec	1500	500
Krka pri Dvoru	1600	530
Prečna v Luknji	1800	600
Skupaj		2178 km ²

Za primerjavo izračunanega zaledja z orografsko ali hidrogeološko opredeljenim skupnim zaledjem teh izvirov še ni na voljo potrebnih podatkov.

OMEJITEV ZALEDJJA DOBLIČICE IN SOSEDNIH IZVIROV

Po opravljenih raziskavah in sledenjih lahko le približno prostorsko omejimo zaledje Dobljčice. Hidrogeološka meja med Dobljčico in Podturnščico poteka verjetno po zdrobljeni coni ob prelomu Semič-Dobljčice-Radenci. Na njej je v pobočju Poljanske gore izoblikovan strm žleb Tratovnik. Razvodje med Dobljčico in Podturnščico tedaj poteka od Kvasice čez Tančo Goro in po žlebu med Okrožnikom (813m) in Vušcem (616m) proti Poljanski dolini.

Na zahod naj bi kraško zaledje Dobljčice segalo do jurskih dolomitov na slemenu Poljanske gore med Bukovo goro (636m), Židovcem (847m), Debelim vrhom (861m) ter Okrožnikom (813). Za praktično varovanje celotnega zaledja pa je najugodnejše, da prištejemo k zaledju tudi strmo zahodno reber Poljanske gore med Koprivnikom in Starim trgom.

Omejitev zaledja Dobljčice na severni strani je po morfoloških in hidrogeoloških značilnostih razmeroma težavna. Po geološki zgradbi sodimo, da se v Dobljčico odcejaajo kredni in jurski apnenci izpod Krogliška (1054m), Sredgore (838m) in Planine pod Mirno goro. Če upoštevamo sicer nezanesljivo sled uranina iz Ponikev v Dobljčici, potem sega njeno zaledje še v zahodno obrobje Mirne gore. Ta predel smo na karti zaledja Dobljčice posebej označili kot bifurkacijski. Praktično lahko severno mejo zaledja potegnemo po razvodnih slemenih med Krogliškom in Mirno goro (Pril.5).

S to omejitvijo zajemamo tudi zaledje Jelševnika, ki ga doslej še nismo mogli po-

drobneje omejiti. Po geološki zgradbi sklepamo, da mu pripada blok zgornjejurskih apnencev in dolomitov ob jugovzhodnem vznožju Mirne gore med Kotom pri Semiču in Jelševnikom. Ta blok pripada narivni enoti, ki zajezuje vode Dobljčice, zato je možno, da ima Jelševnik ločeno zaledje. Delno se iz tega bloka odcejajo vode v Sihurno in Talački potok, ki se pri Svibniku izliva v Dobljčico. Po občasnem presihanju Sihurne sklepamo, da se tam prelivajo na površje le visoke vode, nizke pa se stekajo bodisi v Breg, ali v Jelševnik. Podrobneje bo mogoče to razmerje pojasniti z nadaljnimi raziskavami.

Zaledje Podturnščice in Nerajčice doslej še ni bilo podrobneje preučeno. Po vsej verjetnosti se v Podturnščico odceja blok ob transversalnem prelomu, ki je vzporeden s prelomom Dobljče-Radenci. Ob podobnem prelomu še bolj proti jugovzhodu pa izvira Nerajčica. Očitno se kraške vode prelivajo na površje ob čelu istega nariva kot pri Dobljčici. Zaledje sega do razvodnih slemen na obeh straneh Kolečaja (961m) ali celo do zahodnejših jurskih dolomitov.

S praktičnega vidika je potrebno v varovalno območje Dobljčice in sosednjih izvirov od Jelševnika do Nerajca vključiti celotno Poljansko goro, ne glede na večjo ali manjšo hidrološko zvezo med izviri. Iz tega varovalnega območja bi morda lahko izključili le skrajni jugovzhodni del med Novo Lipo in Vinico, Sinjim Vrhom in Špeharji, od koder se vode odcejajo neposredno h Kolpi. Ker pa so tamkajšnji studenci tudi dragocen vir pitne vode, je potrebno varovalno območje razširiti čez vso Poljansko goro do Kolpe.

Zaradi potreb po občasnem izkoriščanju stalnih zalog v zaledju obravnavanih izvirov je potrebno varovati tudi nizki kras ob vzhodnem vznožju Poljanske gore. V to dodatno varstveno območje s posebnim režimom spada predel med Kotom, Otovcem, Blatnikom, Kvasico, Dragatušem, Nerajcem, Suhorjem, Novo Lipo in Vinico. Glede na predvidene potrebe po vodi kaže zavarovati vsaj območje med Otovcem in Nerajcem (Pril.5). V priloženi tabeli so prikazane površine zaledij in predlaganih varovalnih območij.

Tabela 12: PREGLED VELIKOSTI ZALEDIJ IN VARSTVENIH OBMOČIJ

Zaledje v km ²	F _n	F _o	V ₁	V ₂	V ₃	V
Dobljčica	43	46,4	46,4	20,0	2,9	69,3
Jelševnik	10	18,9	18,9	-	2,4	21,3
Podt.Neraj.	11	22,3	22,3	-	7,1	19,4
Izv.ob Kolpi	?	39,3	39,3	-	8,1	47,4
Skupaj km ²	?	126,9	126,9	20,0	20,5	157,4

- Opomba: F_n - hidrološko zaledje
 F_o - orografsko hidrogeološko zaledje
 V₁ - širše varstveno območje
 V₂ - območje izven zaledja
 V₃ - dodatno zaledje stalnih zalog
 V - celotno varstveno območje

VARSTVENA OBMOČJA IN VAROVANJE DOBLIČICE

V krasu je zaradi načina pretakanja voda potrebno varovati celotno hidrografsko zaledje vsakega izvira posebej ali več izvirov skupaj. V podzemlje preniknejo deževnica in vse tekočine, kjerkoli v zaledju dosežejo kraško površje. Del jih hitro odteče, del pa se dolgo zadrži v podzemlju.

Ker v takih razmerah kakovost vode ne more biti vezana na čas njenega zadrževanja v podzemlju ali samočiščenja med odtokom v oddaljen izvir, tudi niso smiselni različni varstveni pasovi, ki so oprti na zadrževanje in naravno čiščenje vode, kot to velja za biološko čiščenje v vodonosnikih z medzrnsko poroznostjo.

V kraških vodonosnikih je potrebno varovati celotno zaledje, ki ob nizkih ali visokih vodah napaja izvir. Ker je sanacija onesnaženega izvira zelo težavna, je možno onesnaženi podzemeljski sistem prepustiti le dolgotrajnemu naravnemu izpiranju. Kakovost kraških vodnih virov je torej odvisna le od učinkovitega preprečevanja onesnaženja.

Zaledje Dobljčice je stalno ogroženo le v naseljenem delu Dobljčke gore. Občasno je ogroženo ob lokalnih in regionalnih prometnicah. Z izredno ogroženostjo bi se srečali ob morebitnem razlitju strupenih snovi pri prevozu ali iz skladišča škodljivih snovi v zaledju. Ob taki nesreči ni mogoče več preprečiti vdora škodljivih snovi v vodonosnik in v zajetje. Časa za intervencijo v zaledju praktično ni. Učinkovito varovanje celotnega zaledja Dobljčice je še toliko pomembnejše, ker je to edini zadostni vodni vir za oskrbo celotne Bele krajine, odkar je onesnažena Krupa.

SKLEP

Potreba po raziskavi Dobljčice in sosednjih kraških izvirov na zahodnem obrobju Bele krajine v jugovzhodni Sloveniji se je pojavila, ko je bilo ugotovljeno nevarno onesnaženje Krupe kot najizdatnejšega vodnega vira v osrednji Beli krajini s polikloriranimi bifenili (PCB). Ker Krupa še nekaj desetletij ne bo pitna, je bilo treba poiskati druge vodne vire.

Dobrih 4 km zahodno od Črnomlja je v nizkem dobljčko - viniškem podolju ob vznožju Poljanske gore niz kraških izvirov Dobljčice in Lahinje. To pomembno hidrografsko vozlišče Bele krajine je očitno povezano s hidrogeološkimi razmerami in geomorfološkim razvojem na obrobju tektonske cone, ob kateri je pogreznjena Bela krajina oziroma dvignjeno njeno zahodno kraško obrobje. Razpored izvirov in površinskih tokov v Beli krajini kaže, da se je njen osrednji del najbolj pogreznil, tako da je tudi Kolpa zavila proti severu.

Na severnem, zahodnem in južnem obrobju pliocenske tektonske kadunje pri Kanižarici so razvrščeni izviri Talaškega oziroma Pačkega potoka, Jelševniškega potoka, Obršca, Dobljčice, Podturnščice, Obrščice, Nerajčice in Lahinje. Ta hidrografski vozle je očitno nastal v tektonskem jarku ob vzhodnem obrobju Poljanske gore. V dobljčki kotlinici se podzemeljske vode prelivajo na površje niže kot bi se lahko v dolini Kolpe celo

med Adlešiči in Gribljami. Nižje od Dobljice je le izvir Krupe v osrednji Belokrajnski kotlini.

O vzrokih za takšne razmere je razpravljaj že I. GAMS (1961,211). Zavrača misel o tektonskem grezanju ob Lahinji, ker ta ne kaže znakov akumulacije, pri različnem tektonskem dviganju obrobja pa bi se po njegovem morale pokazati lokalne anomalije strmca, naprimer Kolpe. Razpored in strmec tokov skuša razložiti z različno grobim plavjem. Kolpa prenaša razmeroma debel prod, Lahinja pa le ilovico, zato naj bi bil njen strmec enkrat manjši od Kolpinega (Kolpa 0,65, Lahinja 0,34 $^{\circ}/_{\infty}$). Novejša morfotektonska preučevanja pa nas prepričujejo, da gre za različno tektonsko premikanje strukturnih enot tudi v sami Beli krajini, kar pomembno vpliva na hidrogeološke razmere.

V prvi fazi raziskav smo izvedli poskusno črpanje Dobljice. Ob nizki vodi oktobra 1986 smo ugotovili, da je možno izkoriščati tudi stalne zaloge tega izvira ob znižanju gladine pod prelivni rob. V 75 urah je bilo izčrpanih okrog 80.000 m³ vode ob znižanju gladine za 2 m. Zaradi dotoka iz podzemlja je pretok od začetnih 90 l/s narastel na 180 l/s. Ocenjene izkoristljive količine stalnih zalog je treba preveriti še z daljšim črpanjem ob najnižjih vodostajih. Vse kaže, da je s temi količinami možno kriti potrebe po vodi tudi ob daljši suši.

Leta 1987 smo nato preučili hidrogeološke, geomorfološke in speleološke razmere v širšem zaledju Dobljice in izvedli priprave na kombinirani sledilni poskus, s katerim smo leta 1988 preverili zveze onesnaženih kočevskih ponikalnic. Uranin vlit v Rinžo pri Kočevju se je pojavil v Bilpi ob Kolpi, rodamin iz Koprivnika v Dolskem potoku, fagi iz Kačjega potoka v Radešici in v Obrhu, eozin iz Željnskega potoka pa samo v Radešici (Tabela 2). S tem je bilo posredno ugotovljeno, da sega zaledje Dobljice le v ožje območje Poljanske gore in Kočevskega Roga.

V četrti fazi je bilo izvedeno sledenje treh ponikalnic v ožjem zaledju Dobljice in dokazane so bile zveze ponikalnice pri Vrčicah s Krupo (fagi), Ponikev na Mirni gori z Radešico in Krupo (uranin) ter Zdenca pri Miklarjih z Dobljico (rodamin, Tabela 4). S tem je bila dana možnost za opredelitev območja, ki ga je treba varovati kot hidrološko zaledje še edinega dovolj izdatnega vodnega vira v Beli krajini.

Zaledje kraških izvirov zahodno od Črnomlja je hribovito, gozdnato in redko naseljeno. Gorati gozdni kras brez pomembnejših površinskih tokov se razteza proti zahodu tja čez Kočevski Rog do Kočevskega polja, na jugu sega do Kolpe, na severu pa ga omejujeta dolina Krke in nizka Suha krajina. Razen v izvire ob Kolpi in Krki se visoki kraški hribi med Kočevjem in Črnomljem podzemeljsko odcejajo le še v Dobljico in sosednje najnižje ležeče izvire ob vznožju Poljanske gore.

Razmejevanje zaledij posameznih izvirov na obrobju sklenjenega kraškega vodonosnika, iz katerega se vode raztekajo na več strani, je po večini precej težavno. Izvire na obrobju odtočnega krasa napaja deževnica, ki prenika sorazmerno navpično skozi vadozno cono do freatične cone.

Po osnovni geološki karti SFRJ, list Ribnica (S. BUSER, 1974), Novo mesto (M. PLENIČAR, U. PREMUR, 1977), Črnomelj (J. BUKOVAC, M. ŠUŠNJAR, M.

POLJAK, M. ČAKALO, 1984) in Delnice (D. SAVIĆ, S. DOZET, 1985) prevladujejo v zaledju Dobljčice, na Poljanski gori in v Kočevskem Rogu predvsem kredni in jurski apnenci v skupni stratigrafski debelini okrog 4000 m, med katerimi so tudi posamezni tanjši vložki dolomita. Pretežno skladnate kamnine vpadajo položno proti severovzhodu, tako so jurski skladi razgaljeni v Kočevskem Rogu in ob Kolpi, spodnjekredne pa na Poljanski gori in ob izviroh Lahinje. Med Knežjo Lipo in Mozljem so pod jurskimi skladi razgaljeni norijsko retijski dolomiti in permski klastiti, ki delujejo v podlagi apnencev kot hidrogeološka bariera. Pri Jelševniku in Nerajcu najdemo malmske sklade na vrhnjih členih spodnje krede. V obeh primerih moramo računati z naravnimi deformacijami regionalnega pomena. Zgornje triasni dolomit je na vzhodnem obrobju Mirne gore, v njem je površinsko razvodje le med Črmošnjicami in Vrčicami. Delno se ta blok triasnega dolomita podzemeljsko odteka v Črmošnjico in Radešico, delno pa v Krupo.

Tektonska pretrtost karbonatnih kamnin je posledica starejšega gubanja in narivanja ter mlajšega vertikalnega in horizontalnega premikanja posameznih zgradbenih enot. Znani so številni prelomi in prelomne cone, ob katerih so dvignjene ali pogreznjene posamezne strukturne enote in bloki kot bolj ali manj samostojna hidrogeološka telesa. V reliefu prihajajo bolj do veljave neotektonske enote. V zaledju Dobljčice, na razvodju med Krko in Kolpo kot tudi v širšem obrobju Bele krajine in v njej sami se prepletajo prelomi dinarske in prečne balatonske smeri, redkejši so prelomi v smeri sever-jug. Iz OGGK je mogoče razbrati tudi razkosane starejše narivne enote, ki so večinoma razporejene od severovzhoda proti jugozahodu, osi gub in čela narivov potekajo torej v dinarski smeri.

V splošnem so premiki balatonske smeri NE - SW mlajši od dinarskih v smeri NW - SE. To je pomembno za razporeditev izvirov in obseg njihovega zaledja na celotnem zahodnem obrobju Bele krajine. Vsak od izvirov od Sihurne, mimo Jelševnika, Obršca, Dobljčice, Podturnščice in Obrščice do Nerajčice pripada svojemu tektonskemu bloku in med njimi doslej nismo dokazali izdatnejših hidroloških zvez. Vendar tektonske enote niso med seboj popolnoma ločene, kot je pokazala zveza Miklarskega zdenca z Dobljčico. Voda se v tem predelu pretaka vsaj navidez prečno na tektonsko razkosanost blokov, kar pa je lahko rezultanta prečnih in vzdolžnih smeri.

Kraško površje v višinah med 200 in 1000 m je med zgornjo Krko in Kolpo razgibano in ga po morfoloških značilnostih lahko delimo v manjše strukturne reliefne enote. Razporejene so ob vzdolžnih dinarskih in prečnih prelomnih conah. Pomembna morfološka meja na vzhodni strani poteka ob žužemberškem prelomu ob zgornji Krki, ki se nadaljuje po Črmošnjiški dolini do Vrčic in dalje v dobljčko podolje ob zahodni Beli krajini.

Druga taka prelomna cona poteka na zahodni strani po ribniško kočevskem podolju ob znanem želimeljskem prelomu. Vmes sta dva vzdolžna višja hrbta, vzhodni se iz nižje Suhe krajine nadaljuje čez visoki Kočevski Rog (1099m) v Poljansko goro, zahodni pa se iz Ribniške Male gore nadaljuje v Kočevski Mali gori. Podroben morfološki pregled je pokazal, da so večje zgradbene enote z neotektonskimi premiki razčlenjene še na manjše, ki so različno dvignjene ali pogreznjene. Te enote so omejene z značilnimi tektonskimi pobočji, rebri imenovanimi.

Po dosedanjih raziskavah sklepamo, da poteka razvodje med Krko in Kolpo po nizkem podolju od Kočevja proti Mozlju. Krki pripada pretežni del Kočevskega Roga in Male gore. Računati pa moramo s široko bifurkacijsko kraško cono, ki jo nakazuje raztekanje voda iz Ponikev na Mirni gori v Radešico in v Krupo. Razen posebne hidrogeološke pregrade v podlagi Male gore, ki izdanja s kremenovimi peščenjaki med Mozljem in Knežjo Lipo ter usmerja del podzemeljskih voda iz nizkega kočevskega podolja proti severu, nakazuje smer podzemeljskega odtoka splošna nagnjenost kraškega reliefa.

V letih od 1986 do 1990 so bile analizirane kemijske lastnosti izvirov in ponorov, ki so navedeni v priloženem seznamu. Prvi vzorci Dobljčice in sosednji izvirov so bili vzeti med avgustom in decembrom 1986, od leta 1987 do 1990 pa v pomladanskem obdobju od marca do junija. Izviri v porečju Krke in Lahinje ter ob Kolpi so bili zajeti le nekajkrat v letih med 1987 in 1990.

Temperature izvirnih voda se gibljejo med 9 in 12°C. Vsak izvir ima svoj temperaturni režim, le nekateri bližnji so si bolj podobni kot Podturnščica in Obrščica. Podobno velja tudi za trdoto vode in druge kemijske parametre.

Nekateri rezultati analiz so prikazani na sl.18-21, iz katerih so razvidna nihanja vrednosti prek leta. Slika 19 podaja povprečne vrednosti meritev. Za nekaj izvirov smo imeli na voljo le po en vzorec, za druge pa različno število, tudi do 17 vzorcev. Celokupna trdota se giblje med 160 in 190 mg CaCO₃ l⁻¹. Specifične električne prevodnosti pa tudi karbonatne trdote so sorazmerne celokupni trdoti. Razmerje Ca/ Mg je v izvirih odvisen od deleža dolomita v njihovem zaledju. Povprečne vrednosti Ca/Mg znašajo 1,5 do 17,6. Vsebnosti o- fosfatov, nitratov, kloridov in raztopljenega kisika so pri nekaterih izvirih nakazale onesnaženost. Zdenec pri Otovcu, Obršec in Suhorski Breg so bolj onesnaženi, znake onesnaženja pa smo zabeležili še v Sihurni, Pačkem Brežičku, Talačkem Bregu, Bilpi in Radešici.

Sestava ponorne vode se pri podzemeljskem pretoku v krasu bistveno spremeni, zato po njeni sestavi težko sklepamo na podzemeljske zveze z določenimi izviri. Visoka koncentracija sulfatov v Željnskem potoku bi bila lahko naravno sledilo, če v podzemlju ne bi prišlo do prevelikih razredčitev. Povišane koncentracije sulfatov so se pojavile ob višjem vodostaju v Crkavniku in v Radešici, ob nižjem vodostaju pa le v Crkavniku.

Minimalne izdatnosti izvirov smo izračunali s pomočjo povprečnega koeficienta praznjenja $\alpha = 9 \times 10^{-3}$ in sicer po 30 in po 60 dneh od začetka februarja 1989. Izračunane vrednosti za 30 dnevno praznjenje se dobro skladajo z izmerjenimi pretoki 22. februarja. Tako so glede na izredno nizke vode v februarju 1989 računске vrednosti za 60 dnevno praznjenje kraškega podzemlja daleč najnižji pretoki, ki bi se pojavili v izjemnih letnih sušah.

Ob predpostavki, da se iz krasa Poljanske gore izteka ob najnižjih vodostajih povprečno 3 l/s/km², je po izmerjenih pretokih v februarju 1989 ocenjena približna velikosti zaledja posameznega kraškega izvira. Zaledje Dobljčice meri tako okrog 43 km², vsi izviri ob zahodnem obrobju Bele krajine pa imajo okrog 74 km² kraškega zaledja. Na podoben način so določene tudi zaledja drugih kraških izvirov ob Kolpi in Krki. Na podlagi sledenj ter geoloških in morfoloških značilnosti opredeljeno prostorsko zaledje je pri

nekaterih izvirih manjše, pri drugih večje od računskega. Za pojasnitev tega so potrebne dodatne raziskave.

S praktičnega vidika je potrebno v varovalno območje Dobljčice in sosednjih izvirov od Jelševnika do Nerajca vključiti celotno Poljansko goro, ne glede na večjo ali manjšo hidrološko povezanost posameznih izvirov. Iz tega varovalnega območja bi lahko izključili le skrajni jugovzhodni del med Novo Lipo in Vinico, Sinjim Vrhom in Špeharji, od koder se vode odcejajo neposredno v Kolpo. Ker pa so tamkajšnji studenci tudi dragocen vir pitne vode, je potrebno varovati ves Kočevski Rog in vso Poljansko goro do Kolpe. Z morebitnim izkoriščanjem stalnih zalog Dobljčice je povezano tudi varovanje nizkega krasa ob vzhodnem vznožju Poljanske gore. S posebnim režimom je potrebno varovati podolje med Kotom, Otovcem, Dobljčami, Dragatušem in Vinico.

Zaledje Dobljčice je stalno ogroženo le v naseljenem delu Dobljčke Gore, občasno je ogroženo ob lokalnih in regionalnih prometnicah. Z izredno ogroženostjo bi se srečali ob morebitnem razlitju strupenih snovi ob nesreči pri prevozu ali v skladišču škodljivih snovi v zaledju. Ob taki nesreči ni mogoče več preprečiti vdora škodljivih snovi v vodonosnik in v zajetje. Časa za intervencijo v zaledju praktično ni. Učinkovito varovanje celotnega zaledja Dobljčice je zato še toliko pomembnejše, ker je to, odkar je onesnažena Krupa s PCB, še edini zadostni vodni vir za oskrbo celotne Bele krajine.

VIRI IN LITERATURA

- Aljnančič, M., Mihevc, A., Habič, P., 1986: Črni močeril iz Bele krajine. Naše jame, 28, 39-44, Ljubljana
- Bukovac, J. et al., 1984: Osnovna geološka karta SFRJ. Tumač za list Črnomelj. 1-63, Savezni geološki zavod, Beograd
- Buser, S., 1974: Osnovna geološka karta SFRJ. Tolmač za list Ribnica. Zvezni geološki zavod, 1-60, Beograd
- Čadež, N., 1956: Poročilo o barvanju Rinže. Arhiv Hidrometeorološkega zavoda SRS, Ljubljana
- Čadež, N., 1963: Hidrografsko zaledje izvira Radešice pri Podturnu. Geografski vestnik 34, 139 - 141, Ljubljana
- Gams, I., 1961: H geomorfologiji Bele krajine. Geografski zbornik 6, 191-240, Ljubljana
- Gams, I., 1965: Aperçu sur l'hydrologie du Karst Slovène et sur ses communications souterraines. Naše jame, 7, 51-60, Ljubljana
- Gospodarič, R., 1987: Podrobne litološko-strukturne preiskave izvira Dobljčice. Raziskovanje Dobljčice, 1.faza (1986), Arhiv Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna
- Habič, P., 1976: Hidrogeološke značilnosti povodja Bele pri Vrhniku in problemi izrabe kraških voda za oskrbo. Acta carsologica, 7, 215-256, Ljubljana
- Habič, P. et al. 1977: Osnovna speleološka karta Slovenije, 3. nadaljevanje. Naše jame, 18, 55-62, Ljubljana
- Habič, P. et al. 1980: Osnovna speleološka karta Slovenije, 5. nadaljevanje. Naše jame, 21, 19-29, Ljubljana
- Habič, P., 1981: Nekaterne značilnosti kopastega krasa v Sloveniji. Acta carsologica, 9, 5-25, Ljubljana

- Habič, P., 1982: Vpliv tektonike na pretakanje vode v krasu. Naš krš, 6,10-11, 37-46, Sarajevo
- Habič, P., 1982a: Kraški relief in tektonika. Acta carsologica, 10 (1981), 23-44, Ljubljana
- Habič, P., 1984: Reliefne enote in strukturnice matičnega Krasa. Acta carsologica, 12(1983), 5-26, Ljubljana
- Habič, P., 1984a: Strukturne oblike v kraškem reliefu Dolenjske in Bele krajine. GDS,Dolenjska in Bela krajina, 57-66,Ljubljana
- Habič, P., 1987: Raziskovanje Dobljčice, I. faza. Poročilo za leto 1986. Arhiv IZRK ZRC SAZU, Postojna
- Habič, P., 1988: Tektonska pogojenost kraškega reliefa zahodne Suhe krajine. Acta carsologica, 17, 33-64, Ljubljana
- Habič, P., 1988: Raziskovanje Dobljčice, II.faza. Poročilo za leto 1987. Arhiv IZRK ZRC SAZU, Postojna
- Habič, P., 1989: Raziskovanje Dobljčice, III. faza, Poročilo za leto 1988. Arhiv IZRK ZRC SAZU, Postojna
- Habič, P., 1990: Raziskovanje Dobljčice, IV.faza. Poročilo za leto 1989. Arhiv IZRK ZRC SAZU, Postojna
- Kovačič, I., 1988: Poročilo o delu Vodnogospodarskega inštituta. Idejna rešitev vodopreskrbe Bele krajine, III.faza. Arhiv VGI, Ljubljana
- Kranjc, A., 1972: Kraški svet Kočevskega polja in izraba njegovih tal. Geografski zbornik, 13, 129-194, Ljubljana
- Kranjc, A., 1988: Ponori v strugi Rinže nizvodno od Kočevja, 1. faza kartiranja. Raziskovanje Dobljčice, 2.faza (1987). Arhiv IZRK ZRC SAZU, Postojna
- Krebs, N., 1928: Zur Geomorphologie von Hochkroatien und Unterkrain. Sond.abdr. aus Jubilaeums Sonderband der Zeitschr. der Gesellschaft f. Erdkunde zu Berlin.
- Lehmann, E., 1933: Das Gotscheer Hochland, Grundlinien einer Landeskunde. Leipzig
- Melik, A., 1959: Posavska Slovenija. Slovenska matica, 1-595, Ljubljana
- Novak, D., 1968: Ponikve v Kočevskem Rogu. Naše jame, 10, 89-91, Ljubljana
- Novak, D., 1969: Izvir Kotnica in njegovo hidrografsko zaledje. Varstvo narave, 6, 25-36, Ljubljana
- Novak, D., 1970: Hidrogeološke značilnosti osrednje Dolenjske. Naše jame, 11, 17-24, Ljubljana
- Novak, D., 1971: A contribution to the knowledge of physical and chemical properties of the ground waters in the Slovene karst. Krš Jugoslavije, 7, 5, 171-188, Zagreb
- Novak, D., 1984: Raziskave zaledja Krupe v Beli krajini. 9. jugoslovanski speleološki kongres, 279-284, Zagreb
- Novak, D., 1984a: Barvanje Črmošnjice. Naše jame, 26, 95-96, Ljubljana
- Novak, D., 1986: The pollution of the karstic ground water; the example of Krupa. 9. Congress International de Speleologie, 1, 87-88, Barcelona
- Novak, D., 1987: Podzemeljski vodni tokovi na Dolenjskem. Dolenjski kras, 2, 23-27, Novo mesto
- Novak, D., 1989: Pregled hidrogeoloških raziskav v Beli krajini. Naše jame, 31, 44-48, Ljubljana.
- Pleničar, M., Premru, U., 1977: Osnovna geološka karta SFRJ, Tolmač za list Novo mesto, 1-61, Zvezni geološki zavod, Beograd
- Plut, D., 1988: Belokrajnske vode. 1-198, Dolenjski muzej, Novo mesto
- Premru, U., 1976: Neotektonika vzhodne Slovenije. Geologija, 19 211-249, Ljubljana
- Premru, U., Ogorelec, B., Šribar, L., 1977: O geološki zgradbi Dolenjske. Geologija, 20, 167-192, Ljubljana

- Premru, U., 1982: Geološka zgradba južne Slovenije. *Geologija*, 25/1, 95-126, Ljubljana
- Savič, D., Dozet, S., 1985: Osnovna geološka karta, Tumač za list Delnice. 1-66, Savezni geološki zavod, Beograd
- Simonič, J., 1939: Geografski pregled kočevskega jezikovno mešanega ozemlja. *Kočevski zbornik*, Ljubljana
- Šifrer, M., 1969: Kvarterni razvoj doline Krke. *Arhiv Inštituta za geografijo SAZU*, Ljubljana
- Šerko, A., 1946: Barvanje ponikalnic v Sloveniji. *Geografski vestnik*, 18, 125-139, Ljubljana
- Šušteršič, F., 1988: Geološki pogoji oblikovanja kraškega prevodnika v zaledju Dobljčice. *Raziskovanje Dobljčice, 2.faza(1987)*. *Arhiv IZRK ZRC SAZU*, Postojna

DOBLJČICA SPRINGS AND THEIR WIDER KARST BACKGROUND

Summary

The necessity to explore Dobljčica and the neighbour karst springs on the western border of Bela Krajina in SW Slovenia appeared, when dangerous pollution of Krupa spring, the most important source in central Bela Krajina, by polychlorized bipheniles (PCB) was stated. As Krupa remains undrinkable for some decennies another water source has to be found.

Some 4 km west from Črnomelj there is in Dobljčica - Vinica lowland at the foot of Poljanska gora a series of karst springs of Dobljčica and Lahinja. This important hydrographical knot of Bela krajina is obviously controlled by hydrogeological conditions and geomorphological development on the border of tectonic zone along which Bela krajina had subsided, its western karst border uplifted respectively. The distribution of springs and superficial streams in Bela krajina evidences that the central part had subsided the most, thus Kolpa river turned out of its direction towards north (Annex 1).

On northern, western and southern border of Pliocene tectonic valley near Kanižarica the springs of Talački, Pački brook respectively and Jelševniški potok, Obrše, Dobljčica, Podturnšičica, Obrščica, Nerajčica and Lahinja are distributed. This hydrographic knot obviously developed in tectonic graben along the eastern border of Poljanska gora. In Dobljčice basin the underground waters appear on the surface lower than it could be possible in the whole Kolpa valley, even between Adlešiči and Griblje. Lower than Dobljčica spring lies Krupa spring only in the central basin of Bela krajina.

The reasons for such conditions were discussed by I.GAMS already (1961, 211). He rejects the idea about tectonic subsidence along Lahinja, as it does not show the signs of accumulation and by different tectonic uplift of the border there should be some local gradient anomalies, of Kolpa for instance, according to him. He tries to explain the distribution and streams gradient by differently coarse sediments. Kolpa transports relatively coarse gravel and Lahinja loam only therefore its gradient is once smaller than the Kolpa's one (Kolpa 0.65, Lahinja 0.34 ‰). Recent morphotectonic studies infer that there are different tectonic movements of structural units in Bela krajina itself involved importantly influencing on hydrogeological conditions.

In first phase of investigations the experimental pumping of Dobljčica was achieved. During the low waters in October 1986 we stated that the permanent storage of this spring could be exploited during the level lowering under the flood overflow limit. In 75 hours about 80.000 m³

of water were pumped and the level lowered for 2 m. Because of inflow from the underground the discharge augmented from initial 90 l/s to 180 l/s. The estimated useful quantities of permanent water storage has to be checked by longer pumping during the lowest water level. It seems that the quantities could cover the needs for water during longer drought.

In 1987 hydrogeological, geomorphological and speleological conditions were studied in wider background of Dobljiča and the preparations were done for the combined water tracing test which checked in 1988 the connections among polluted Kočevje sinking streams. Rinža near Kočevje was traced by Uranine and it appeared in Bilpa along Kolpa, Rhodamine from Koprivnik was found in Dolski potok, phages from Kačji potok and Eosine from Željnski potok were found in Radešica and in Obrh (Table 2). Thus it was directly inferred that Dobljiča background extends into narrow region of Poljanska gora and Kočevski Rog.

In fourth phase the water tracing of three sinking streams in narrow background of Dobljiča was achieved and the connections of sinking brook near Vrčice with Krupa (phages), Ponikve on Mirna gora with Radešica and Krupa (Uranine) and Zdenec near Miklarji with Dobljiča (Rhodamine) were stated (Table 4). Thus the possibility to define the area for special protection of the hydrological background of the only enough abundant water spring in Bela krajina was given.

The hinterland of karst springs west from Črnomelj is hilly, forested and scarcely populated. Mountainous forest karst without important superficial flows extends westwards across Kočevski Rog to Kočevje basin, southwards it reaches Kolpa and northwards it is bordered by Krka valley and low Suha krajina. Beside the springs along Kolpa and Krka the high karst mountains between Kočevje and Črnomelj drain underground to Dobljiča only and to neighbour the lowest lying springs at the foot of Poljanska gora.

The definition of background of particular springs on the border of connected karst aquifer, from where the waters drain to different parts is difficult in general. The springs on the border of outflow karst are mostly fed by rainwater percolating relatively vertically through vadose zone to phreatic zone. The conduits in both zones are mostly karstified bedplanes, fissures and faults in the rock. Some relief properties control their hydrological role as part of the water is collected in surface or close to surface layers and drains accordingly to slope inclination. Deeper in the interior the water drainage is connected to hydrogeological properties of rocks controlled by lithological and tectonic conditions. Water outflow on the karst border greatly depends on the situation of the lowest dams and hydrological barriers directing the water.

According to Basic Geological Map SFRJ, sheet Ribnica (S.BUSER, 1974), Novo mesto (M.PLENIČAR, U.PREMUR, 1977), Črnomelj (J.BUKOVAC, M.ŠUŠNJAR, M.POLJAK, M.ČAKALO, 1984) and Delnice (D.SAVIČ, S.DOZET, 1985) in Dobljiča background, on Poljanska gora and in Kočevski Rog mostly Cretaceous and Jurassic Limestones in common stratigraphic sequence of 4.000 m prevail with some thinner dolomite inliers. In general bedded rocks strike gently towards southeast and thus Jurassic beds are exposed in Kočevski Rog and along Kolpa and Lower Cretaceous on Poljanska gora and near Lahinja springs. Between Knežja Lipa and Mozelj there are under Jurassic beds exposed Norian Rhaethian dolomites and Permian clastites acting in limestone base as hydrogeological barrier. Near Jelševnik and Nerajc there are Malm beds on upper links of Lower Cretaceous. In both cases we have to consider the overthrust deformations of regional importance. Upper Triassic dolomite is found on eastern border of Mirna gora where superficial watershed between Črmošnjice and Vrčice lies only. This block of Triassic dolomite is partly drained underground to Črmošnjica and Radešica and partly to Krupa.

Tectonically crushed carbonate rocks partly result from older folding and overthrusting and partly from younger vertical and horizontal movements of particular structural units. Several faults and fault zone are known where particular structural units and blocks as more or less independent hydrogeological bodies are either uplifted or lowered. In Dobljčica background, on watershed between Krka and Kolpa as well as in wider border of Bela krajina and in it itself, the faults of Dinaric and cross Balaton directions are mingled, the faults north-south being more rare. From the Basic geological map we can see some dissected older thrust units which are in general distributed from northeast towards southwest, axis of folds and steps of overthrusts thus having Dinaric orientation (Annex 2)

The movements of Balaton direction NE-SW are in general younger than the Dinaric ones in NW-SE direction. This is important for the distribution of springs and for the extent of their background on the entire west border of Bela krajina. The springs from Sihurna, past Jelševnik, Obršc, Dobljčica, Podturnščica and Obrščica to Nerajčica each belong to particular tectonic block and among them the important hydrological connections have not yet been evidenced. But the tectonic units are not entirely separated one from the other as proved the connection of Miklarjev zdenec with Dobljčica. In this area the water flows at least apparently transverse to tectonically dissected blocks which could be the resultant of transverse and longitudinal directions.

Karst surface in the altitudes between 200 to 1000 m between upper Krka and Kolpa is undulated and according to morphological properties could be divided into smaller structural relief units. They are distributed along longitudinal Dinaric and transverse fault zones. Important morphological border on eastern side passes along Žužemberk fault in upper Krka and continues across Črmošnjice valley to Vrčice and further on into Dobljčica valley along the western border of Bela krajina (Annex 3,4).

The second fault zone passes on western side on Ribnica Kočevje basin along known Želimlje fault. Inbetween there are two longitudinal higher ridges, the eastern continues from lower Suha krajina across high Kočevski Rog (1099 m) into Poljanska gora, the western one continues from Ribniška Mala gora into Kočevska Mala gora. Detailed morphological survey showed that bigger structural units are dissected to smaller by neotectonic movements, which are differently uplifted or lowered. These units are bordered by characteristic tectonic slopes, called "reber".

According to previous investigations we infer that watershed between Krka and Kolpa passes by lowland from Kočevje to Mozelj. The most part of Kočevski Rog and Mala gora belongs to Krka. But we have to consider the wide bifurcation karst zone evidenced by water dispersion from Ponikve on Mirna gora to Radeščica and Krupa. The only exception is hydrogeological barrier in the base of Mala gora outcropped by quartz sandstones between Mozelj and Knežja Lipa and directing a part of underground waters from Kočevje lowland towards north, the direction of underground runoff being controlled by general karst relief inclination.

In the years from 1986 to 1990 the chemical properties of springs and ponors, cited in the annexed list, were analysed. The first samples of Dobljčica and neighbour springs were taken between August and December 1986, and from 1987 to 1990 in the period from March to June. The springs in the Krka and Lahinja river basin were sampled periodically in 1987 and 1990 only.

The temperatures of spring waters vary from 8.5 to 12 °C. Each spring has its own temperature regime, some close lying are more similar one to the other, as f.e. Podturniščica and Obrščica. Similar statement can be done for water hardness and other chemical parameters.

Some analyses results are shown on Fig.18, where the value oscillations during the year are presented. Fig. 19 presents average measurements values. For some springs there has been one

sample only and for the others different number of samples, up to 17 even.

Total hardness of the springs varies between 160 to 290 mg CaCO₃ l⁻¹, the values of specific electrical conductivity (SEC) and the carbonate hardness are proportional to total hardness, the rate Ca/Mg in the springs depends on dolomite share in their background. The average values of Ca/Mg are 1.5 to 17.6. The measurements of o-phosphates, nitrates, chlorides and dissolved oxygen content have shown at some springs the pollution; Zdenec near Otovec, Obršec, spring in Suhorje slopes are more polluted, the traces of pollution were found in the water of Sihurna, Paški Brežiček, Talački Breg, Bilpa and in Radešica.

During the underground flow the composition of ponor water essentially changes therefore it is difficult to infer to underground connections of particular springs. High sulphates concentrations in Željnski potok could serve as a natural tracer if there were not too big dilutions in the underground. Augmented sulphates concentrations appeared f.e. during high waters in Crkavnik and in Radešica, during low waters in Crkavnik only.

Minimal springs yielding was calculated by average coefficient of runoff $\alpha = 9 \times 10^{-3}$ namely after 30 and 60 days from the beginning of February 1989. Calculated values for 30 days of runoff well correspond to measured discharges on 22 February (Tables 9 and 10). Thus there are calculated values for 60 days of runoff from the karst underground, because of extremely low waters in February 1989 the lowest discharges which could appear in extremely dry summers.

Supposing that from Poljanska gora karst during the lowest water levels in average 3 l/s/km² drain, the average size of background of particular karst spring (Tables 9 and 11) was estimated according to discharges in February 1989. Thus the Dobljčica background measures about 43 km², and all the springs in the western border of Bela krajina about 74 km² of karst background. The backgrounds of other karst springs along Kolpa and Krka were defined by similar way. On the base of water tracing and geological and morphological properties the space background is smaller at some springs, and bigger at some others than the calculated one, therefore additional researches are necessary.

From practical point of view to the protection area of Dobljčica and near springs from Jelševnik to Nerajc the whole Poljanska gora has to be included without regard to bigger or smaller hydrological connection among particular springs. Out of this protection area could be excluded the extreme southeastern part between Lipa and Vinica, Sinji vrh and Špeharji only from where the waters drain directly towards Kolpa. As the there lying springs present a valuable source of drinking water, the whole Kočevski Rog and Poljanska gora to the Kolpa have to be protected. By eventual exploitation of Dobljčica permanent storage of water the protection of low karst at the eastern foot of Poljanska gora is connected. By special regime the valley among Kot, Otovec, Dobljče, Dragatuš and Vinica has to be protected (Annex 5).

The Dobljčica background is permanently threatened in the inhabited part of Dobljčica gora only, and periodically threatened along local and regional roads. Extreme threat presents the eventual accident during the transport of harmful substances and eventual spill or, the magazine of such substances in the background. After such accident the intrusion of harmful substances into the aquifer or in catchment area could not be prevented. There is practically no time for the intervention in the background. Efficient protection of the whole area of Dobljčica background is thus the most important as it is the only sufficient water source for water supply of the whole Bela krajina, since Krupa was polluted by PCB.

Translated by Maja Kranjc