

ACTA CARSOLOGICA	31/2	3	75-91	LJUBLJANA 2002
------------------	------	---	-------	----------------

COBISS: 1.01

**PODZEMNO RAZTEKANJE VODE  
IZ PONORA TRŽIŠČICE (JV SLOVENIJA)**

**UNDERGROUND WATER FLOW FROM  
THE TRŽIŠČICA SINKING STREAM (SE SLOVENIA)**

**JANJA KOGOVŠEK<sup>1</sup> & METKA PETRIČ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, SI-6230 POSTOJNA, SLOVENIJA,  
e-pošta: kogovsek@zrc-sazu.si, petric@zrc-sazu.si

Prejeto / received: 4. 3. 2002

**Izvleček**

UDK: 556.3.001.5(497.4-12)

**Janja Kogovšek & Metka Petrič: Podzemno raztekanje vode iz ponora Tržiščice (JV Slovenija)**

Sledilni poskus z injiciranjem v ponor Tržiščice (JV Slovenija) je v hidroloških pogojih upadanja pretokov od srednjih do nizkih voda pokazal koncentriran odtok v smeri Tominčevega studenca ter Javornikovega in Debeljakovega izvira ob Krki pri Dvoru. Navidezne hitrosti pretakanja so bile med 2,4 in 4,6 cm/s, povrnjena količina uranina v teh izvirih pa je bila ocenjena na 2/3 injicirane količine. Navidezna hitrost pretakanja v smeri Podpeške jame, kjer se je sledilo pojavilo manj izrazito in šele po izdatnejših padavinah, ki so nastopile po dveh mesecih stalnega upadanja pretokov, je bila 0,1 cm/s. Ugotovitve skupaj z rezultati starejših sledenj kažejo na značilno odvisnost raztekanja vode iz Tržiščice od hidroloških razmer.

**Ključne besede:** kraška hidrologija, sledilni poskus, Tržiščica, JV Slovenija.

**Abstract**

UDC: 556.3.001.5(497.4-12)

**Janja Kogovšek & Metka Petrič: Underground Water Flow from the Tržiščica Sinking Stream (SE Slovenia)**

A tracing test with injection of uranine in the sinking stream Tržiščica (SE Slovenia) was carried out at the hydrological conditions of recession from medium to low waters. Concentrated flow towards the springs Tominčev studenec, Javornikov izvir and Debeljakov izvir near the village Dvor in the Krka valley was proved. Apparent flow velocities between 2.4 and 4.6 cm/s were obtained, and the share of recovered tracer was estimated to 2/3 of the injected amount. In the Podpeška jama cave the tracer in lower concentrations was detected only after heavy rain occurred after two months of low water. The apparent flow velocity of 0.1 cm/s was calculated. Obtained results, together with the outcomes of the previous tracing tests, indicate that hydrological conditions significantly influence the underground water flow from the Tržiščica sinking stream.

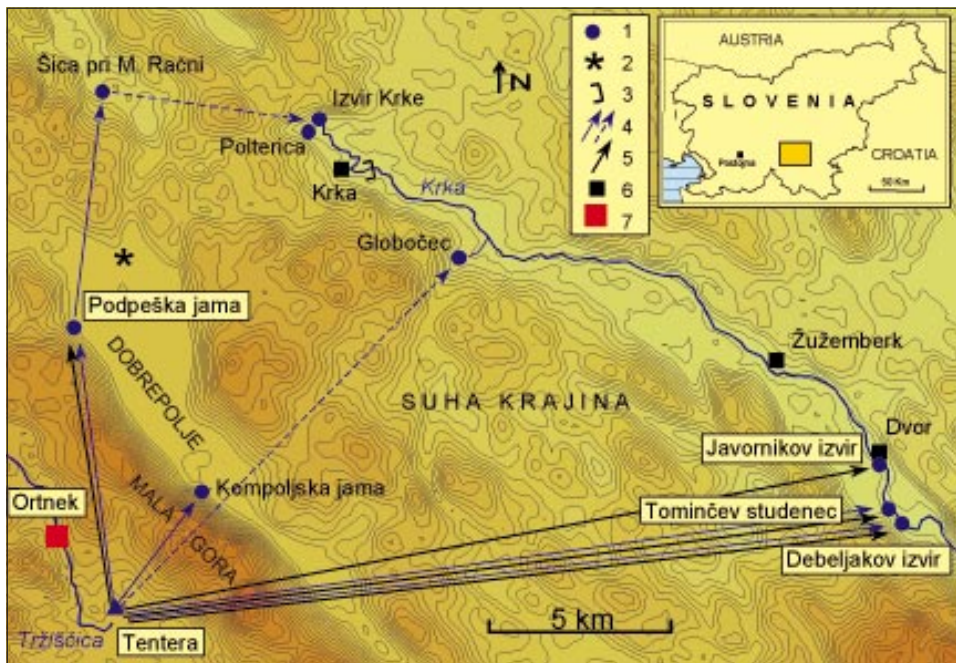
**Key words:** karst hydrology, tracing test, Tržiščica, SE Slovenia.

## UVOD

Na širšem območju med ponorom Tržiščiće, Dobropoljem, Radenskim poljem in dolino zgornje Krke v jugovzhodni Sloveniji (Sl. 1) je bilo do sedaj opravljenih že več sledilnih poskusov. Kar nekaj od teh je bilo nepopolnih, tako da so še vedno ostala odprta vprašanja o podzemnem raztekanju voda na tem območju. Odgovore nanje smo iskali z izvedbo sledenja, pri katerem smo injicirali sledilo v Tržiščiće na ponoru Tentera. Nalogo smo izdelali po naročilu Zavoda RS za blagovne rezerve s ciljem ocene ogroženosti kraških izvirov v primeru onesnaženja Tržiščiće.

## HIDROGEOLOŠKE ZNAČILNOSTI

Območje zahodno od vodotoka Tržiščiće gradijo slabo prepustne permijske in triasne kamnine. Za spodnji del je značilno menjavanje kremenovih konglomeratov in peščenjakov, sledijo



Sl. 1: Skladišče naftnih derivatov pri Ortneku in ugotovljene podzemne vodne povezave (1. opazovani izvir, 2. padavinska postaja Zdenska vas, 3. vodomerna postaja Podbukovje, 4. ugotovljena in vprašljiva podzemna vodna zveza, 5. ugotovljena podzemna vodna zveza s sledenjem aprila 2000, 6. naselje, 7. skladišče naftnih derivatov).

Fig. 1: Repository of oil derivatives near Ortnek and stated underground water connections (1. Sampled spring, 2. Precipitation station Zdenska vas, 3. Gauging station Podbukovje, 4. Proved and uncertain underground water connections, 5. Proved underground water connection by tracing test in April 2000, 6. Village, 7. Repository of oil derivatives).

kremenovi peščenjaki, zgoraj pa se menjavajo glinasti skrilavci in kremenovi peščenjaki z vmesnimi lečami apnencev, apnenčevih breč in konglomeratov ter peščenih apnencev. Na te kamnine so transgresivno odložene plasti spodnjega triasa. Najprej kremenovi peščenjaki in apnenčev alevrolit, sledi dolomit, ki se menjava s klastičnimi sedimenti. Od srednetriasnih kamnin najdemo anizijske dolomite ter ladinijske laporje, zrnate apnence s silikatno primesjo in na površini že močno razpadle tufe. Zgornji trias se začneja s cordevolskim zrnatim dolomitom, v nadaljevanju karnija pa prevladujejo različne klastične kamnine. Proti zahodu se začenjajo obsežna območja norijsko-retijskega glavnega dolomita, ki zaključujejo triasno serijo. Ti dolomiti izdajajo tudi v zgornjem toku reke Krke. Ob dinarsko usmerjenih prelomih se proti severovzhodu permijski in triasni skladi stikajo z mlajšimi jurskimi in krednimi karbonatnimi kamninami, ki so dobro prepustne. Jurske starosti so predvsem sivi gosti in oolitni apnenci z vložki dolomita. Tudi v spodnji kredi se poleg apnenca ponekod pojavlja dolomit, zgornjekredne starosti pa so beli zrnati in rudistni apnenci. Velik del Dobropoljske kotline ter območja ob potokih in rekah so prekrita z aluvijalnimi nanosi. (Buser 1968; Buser 1974)

Ozemlje permijskih in triasnih kamnin je preprejeno z mrežo površinskih tokov, ki ponikajo na stiku z zakraselimi jurskimi in krednimi karbonatnimi kamninami zahodnega dela Male gore. V širši okolici Ortneka je tako 15 stalnih ali občasnih ponikalnic, od katerih je največja Tržiščica, ki se v podzemlje izgublja v jami Tenteri (Kranjc 1981). Zakraselo in dobro prepustno območje jurskih in krednih karbonatnih kamnin je praktično brez površinsko tekočih voda. V njegovem zahodnem delu je Dobropoljska kotlina z značilnostmi suhega kraškega polja brez stalnega pritoka in odtoka. Podzemna voda pa je tu plitvo pod površjem in ob visokem vodostaju je polje občasno poplavljen. Vode dotekajo v bruhalnikih v vznožju Male gore (npr. Podpeška in Kompoljska jama) in ob visokem vodostaju tudi s poplavnimi vodami Rašice, polje pa se prazni skozi številne požiralnike (predvsem v Strugah). Ob nižjem vodostaju lahko vodo zasledimo samo globlje v kraških jamah. V Podpeški in Kompoljski jami je stalni nivo podzemnega toka okoli 7 m pod vhomom oz. 7 m pod nivojem dna Dobropolja (Kranjc 1981).

Lokalno erozijsko bazo obravnavanega kraškega območja predstavlja reka Krka. Izvira iz jame pri vasi Krka, v bližini pa je še izvir Polterica. Pretoki izvirnega dela reke Krke so stalno merjeni v vasi Podbukovje 2 km jugovzhodno od izvira. V obdobju 1961-1990 so bili izmerjeni pretoki med 0,8 in 80 m<sup>3</sup>/s, srednji pretok v tem obdobju je bil 8,34 m<sup>3</sup>/s (Kolbezen & Pristov 1998).

Za vodooskrbo je pomemben izvir Globočec v zgornjem toku Krke, na katerem je zajetje in črpališče za vodovod Suhe krajine. Novak (1985) navaja, da srednji pretok tega izvira znaša med 1 in 1,5 m<sup>3</sup>/s, najmanjši izmerjeni pretok pa je bil 0,09 m<sup>3</sup>/s. V nadaljevanju pa je v prikazu rezultatov sledilnega poizkusa zabeležen pretok Globočca 0,04 m<sup>3</sup>/s.

Številni so izviri v okolici Dvora. Ob strugi Krke je najbolj severno občasen Javornikov izvir, proti jugu pa sta še Tominčev studenec in Debeljakov izvir. Kot lahko sklepamo po objavljeni skici, Novak (1987) Javornikov izvir imenuje Šica pri Dvoru.

## **PREGLED IN OCENA REZULTATOV STAREJŠIH SLEDENJ**

Že leta 1912 je ing. Pick (Šerko 1946) sledil Tržiščico. Sledilo naj bi se po 4,4 urah pojavilo v Kompoljski jami. Očitno je sledenje potekalo ob visokem vodostaju, saj so tedaj delovali tudi bruhalniki v Strugah. Niso pa opazovali izvirov Krke.

Iz 19. stoletja so znana opazovanja podzemnih povezav ob čiščenju ribnika pri Ortneku, ki se je stekal v Tržiščico (Kranjc 1981). Visoka voda se je pojavila v Kompoljski jami že po nekaj urah. Ob čiščenju Ločice so opazili kalno vodo v Podpeški jami. To povezavo potrjujeta tudi silikatni prod in pesek v Podpeški jami.

Leta 1913 so bili izvedeni sledilni poskusi v Podpeški jami, vendar brez zanesljivih rezultatov. Šerko (1946) je sklepal, da se je sledilo verjetno pojavilo v Šici pri Dvoru.

Ob sledenju iz Podpeške jame je bil 12. aprila 1982 pretok okoli 10 l/s, nekaj dni po injiciranju 10 kg uranina pa je precej narasel. Sledilo se je v z očmi opaznih koncentracijah pojavilo 16. aprila zjutraj v Šici pri Mali Račni na Radenskem polju, 17. aprila v Polterci in naslednji dan v izviru Krke v jami (Novak 1985).

Leta 1984 je bil ponovno narejen sledilni poskus iz Tržiščiće in sicer 25. maja ob upadajočem nizkem vodnem stanju pri pretoku Tržiščiće 0,194 m<sup>3</sup>/s (Novak 1985; Novak 1987). Sledilo se je presenetljivo hitro pojavilo v Podpeški jami in v Polterici (verjetno posredno prek Šice pri Mali Račni), zaznali so ga tudi v Globočcu. Najbolj izrazite pa so bile koncentracije sledila v Šici pri Dvoru, Tominčevem studencu in Debeljakovem izviru. Ugotovljene so bile navidezne hitrosti pretakanja sledila v Tominčev studencu pri Dvoru (10,2 cm/s), v Globočec (5,4 cm/s), v Podpeško jamo (30 cm/s) in v Polterico (19 cm/s). V kolikor pa je v Polterico potovalo prek Šice, bi bila hitrost 27 cm/s. Kasneje Novak (1987) opozarja, da zajemanje vzorcev ni bilo povsem zanesljivo in priporoča, da bi bilo dobro predvsem povezave Tržiščiće s Podpeško jamo, Polterico in Globočcem preveriti.

## **RAZLITJE PLINSKEGA OLJA OKTOBRA 1998 PRI ORTNEKU**

Dne 13. oktobra 1998 ob 22. uri je prišlo v skladišču naftnih derivatov v Ortneku pri prečrpanju plinskega olja do napake in njegovega razlitja. Neznana količina plinskega olja je odtekla po odtočnih drenažah v potok Zvezda, ki se izliva v Tržiščico (Genorio 1999). Tržiščica ponika v ponoru Tentera v kras in na osnovi starejših sledenj so sklepali, da bo onesnaženje prizadelo izvire na Dobrepolju in v dolini Krke. To razlitje bi lahko koristno uporabili kot primerjalno sledenje, če bi takoj po nesrečnem dogodku injicirali v vodi topno sledilo, npr. uranin. Tako bi lahko prvič pridobili nadvse koristne informacije o razlikah v pretakanju v vodi topnih in netopnih snovi v krasu, ki bi jih potem lahko uporabili tudi pri načrtovanju varovanja tega območja. Žal pa ta vzporedni poizkus ni bil izveden.

Spremljanje pojava plinskega olja v zajetem izviru Globočec pod vodstvom Komunale iz Grosuplje, ki je upravljalec zajetja, je dalo koristne informacije. Monitoring s fluorescenčnim spektrofotometrom Shimadzu RF 1501, ki ga je od 15. do 19. oktobra izvajal JP Vodovod - kanalizacija Ljubljana, je pokazal, da Globočec še ni onesnažen z izlitim plinskim oljem. To so potrdile tudi vzporedne kromatografske analize mineralnih olj v laboratoriju ZZV Novo mesto (Genorio 1999).

Prvič so v Globočcu določili pojav plinskega olja v koncentraciji 0,013 mg/l dne 22. oktobra ob 5.10, torej 199 ur (8 dni in 7 ur) po izlitju in približno tri dni po izdatnejšem dežju. Na osnovi teh podatkov bi bila izračunana navidezna hitrost pretakanja 3 cm/s. Vendar pa je že čez 8 ur koncentracija padla pod 0,005 mg/l (najvišja dopustna meja za pitno vodo je 0,01 mg/l). Redno 5-krat dnevno jemanje vzorcev in njihovo analiziranje, ki je potekalo do 26. novembra, je pokazalo,

da v vzorcih od 22. do 28. oktobra niso zaznali prisotnosti plinskega olja, ampak le prisotnost derivatov in značilnega vonja, v naslednjih dneh pa tudi tega ne.

Po močnih padavinah 5. novembra se je v vzorcih 7. novembra ob 18. uri in naslednjega dne spet pojavil značilen vonj. Ta pojav je bil posledica potiskanja plinskega olja po infiltraciji novih padavin. Redne nadaljnje analize so pokazale neoporečno vodo 9. novembra 1998 ob 14. uri. S kasnejšimi analizami do 26. novembra ni bila ugotovljena prisotnost plinskega olja ali derivatov, pa tudi ne pojav značilnega vonja. Decembra in nato od januarja do marca 1999 so prevladovali nizke temperature, padavine pa so bile sorazmerno skromne in v obliki snega.

Spomladi so 15. aprila 1999 na izviru inštalirali avtomatski merilnik ogljikovodikov in ga umerili na plinsko olje. Ta naprava, ki kontinuirano beleži koncentracijo plinskega olja, je 21. maja 1999 ob 16. uri zabeležila prekoračitev vsebnosti plinskega olja v vodi (več kot 0,01 mg/l), ki je trajala do 21. ure (podatki Javno komunalno podjetje Grosuplje). Tudi tokratni hitri porast vsebnosti plinskega olja so pripisali močnim padavinam v zaledju Tržišnice. Kasneje niso več beležili povečanj. Ob obisku Tentere konec avgusta 1999 je bil še vedno prisoten močan vonj po plinskem olju, ki se je verjetno adsorbiralo na sediment ob robu struge Tržišnice.

Prisotnost plinskega olja so ugotovili tudi v Kompoljski jami. Po pripovedovanju domačinov pa so plinsko olje vidno zaznali tudi v Tominčevem studencu.

## SLEDENJE TRŽIŠČICE IZ TENTERE APRILA 2000

Ker analiza zgoraj navedenih sledenj ni dala natančnega odgovora o smereh in načinu raztekanja vode iz ponora Tržišnice, smo izvedli sledilni poskus. Želeli smo ugotoviti kje, kako hitro in v kolikšnih deležih se voda iz ponora pojavlja v posameznih izvirih na Dobropolju, Radenskem polju in v dolini Krke, saj smo na osnovi starih sledenj in opazovanj predvidevali možen pojav sledila na celotnem območju (Tab. 1). Osredotočili smo se na višje vode, a smo bili zaradi neugodnih

*Tab. 1: Zajemna mesta, njihove koordinate, zračna razdalja in višinska razlika glede na injicirno točko.*

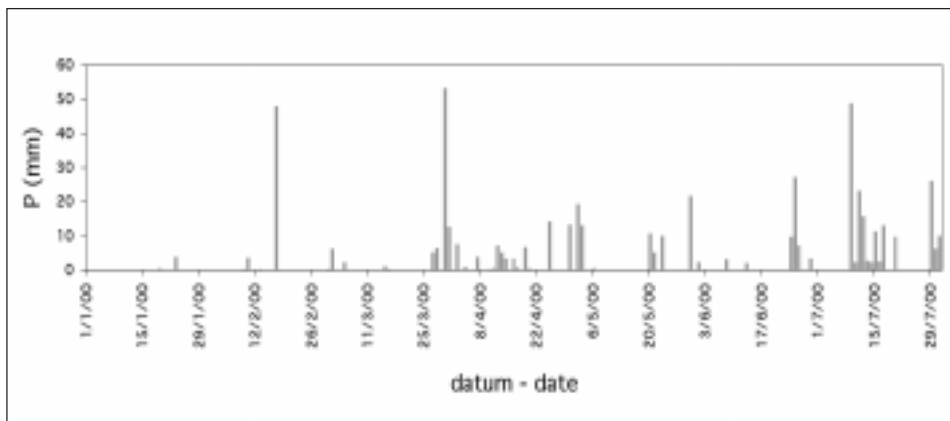
*Tab. 1: Sampling points, with their coordinates, air distance, and altitude difference relative to the injection point.*

Ime	x	y	z	L (m)	h (m)
Tržišnica - Tentera	5069340	5477060	503	0	0
Podpeška jama	5077275	5476005	435	8005	68
Globočec	5079150	5486390	248	13538	255
Izvir Krke - jama	5082890	5482619	280	14646	223
Izvir Krke - Polterica	5082550	5482330	275	14222	228
Šica pri M. Račni	5083630	5476770	326	14293	177
Tominčev studenec	5072390	5497990	175	21151	328
Javornikov studenec	5073775	5497450	180	20867	323
Debeljakov izvir	5072020	5498340	173	21448	330

hidroloških razmer jeseni 1999, ko je izostalo značilno jesensko deževje, že sredi novembra pa se je ob nizkih temperaturah pojavil sneg, prisiljeni preložiti sledenje na pomlad 2000. Prve intenzivnejše in izdatnejše padavine so nastopile šele v začetku aprila, kar smo izrabili in izvedli sledilni poskus. Glede na vremenske napovedi smo pričakovali še več padavin, vendar so se te nato pojavljale le lokalno in njihova izdatnost je bila na območju sledilnega poskusa vse do julija majhna.

### Padavinske in hidrološke razmere

Podatke o padavinah v Zdenski vasi nam je posredoval Urad za meteorologijo pri Agenciji za okolje MOP (Sl. 2). Po prvih sušnih mesecih v letu 2000, januarja je padlo le 4,2 mm padavin, februarja pa 52 mm, so prve izdatnejše padavine nastopile konec marca, ko je padla skoraj vsa mesečna količina dežja (87,2 mm). Deževati je začelo 26. marca, večja količina dežja je padla 29. in 30. marca. V aprilu so bile sicer padavine pogoste, a z majhno izdatnostjo. Podobno tudi v drugi polovici maja, vendar te spomladanske padavine niso opazno vplivale na povečanje pretokov opazovanih izvirov - tudi zato, ker v tem letnem času veliko vode porabi vegetacija. Prve izdatnejše padavine so nastopile konec junija in nato v prvi polovici julija (Sl. 2).

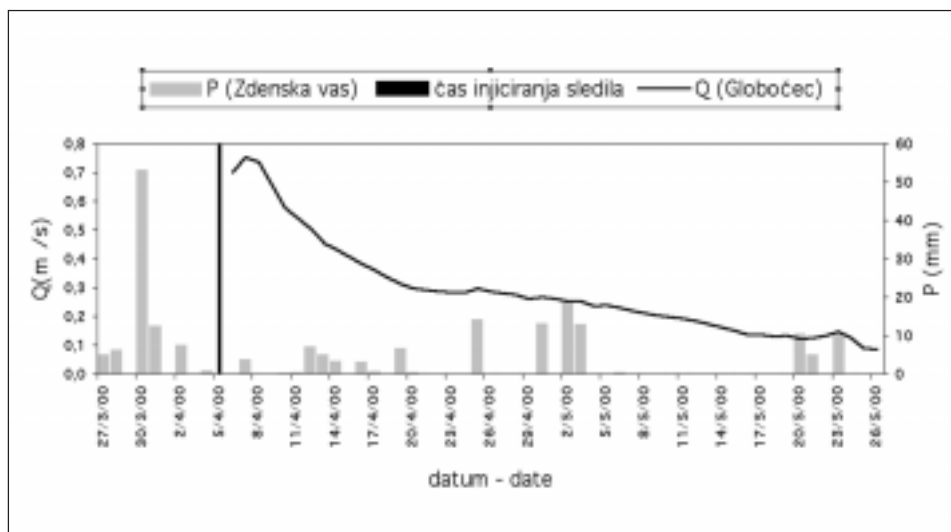


Sl. 2: Dnevne padavine v obdobju pred in med sledenjem (padavinska postaja Zdenska vas).

Fig. 2: Daily precipitation before and during the tracing test (precipitation station Zdenska vas).

V času sledilnega poizkusa smo spremljali tudi hidrološke razmere. Največ podatkov imamo za izvir Globočec, saj smo tam na avtomatski zajemalac ISCO 6700 priključili še merilec pretoka 750 Area-Velocity Flow Module. Pri namestitvi avtomatskega zajemalnika vzorcev in sond so nam pomagali sodelavci Komunale Grosuplje, za kar se jim lepo zahvaljujemo. Za profil urejene struge pod izvirov Globočec smo izdelali krivuljo odvisnosti preseka vodnega toka A od njegove višine H, modul pa je v časovnih intervalih 30 minut beležil višino vode H in hitrost toka v. Z upoštevanjem izmerjenih vrednosti v in H ter krivulje odvisnosti  $A=f(H)$  smo pretok določili kot produkt hitrosti in preseka toka. Za primerjavo s padavinami smo na osnovi merjenih podatkov v

polurnih intervalih izračunali še dnevne vrednosti pretokov Globočca (Sl. 3). V času opazovanja med 6. aprilom in 26. majem so bili izmerjeni pretoki med 750 l/s in 90 l/s. Če upoštevamo, da srednji pretok Globočca znaša med 1 in 1,5 m<sup>3</sup>/s, najmanjši izmerjeni pretok pa je bil okrog 40 l/s (Novak 1985), lahko zaključimo, da je vsaj v začetni fazi sledilni poizkus potekal v obdobju stalnega upadanja pretokov od srednjih do nizkih vod. Po obilnejših padavinah v juniju in predvsem juliju se je izdatnost izvirov sicer bolj občutno povečala, vendar pa takrat na Globočcu nismo več izvajali rednega merjenja pretoka.



Sl. 3: Padavinske in hidrološke razmere med sledenjem.

Fig. 3: Precipitation and hydrological regime during the tracing test.

V času injiciranja, 5.4.2000, smo pretok v Tenteri ocenili na 300 do 400 l/s. Tudi za Tominčev studenec nimamo podatkov o merjenju pretokov, med ogledom pa je bil aktiven tudi izvir iz stene v umetnem odkopu in je voda odteкала pod mostičkom. Po oceni je pretok verjetno znašal kar nekaj m<sup>3</sup>/s. Voda na izviru je 13. in 17. aprila 2000 ob lati dosegla višino 0,95 m (če je vrh late 2,0 m), 21. aprila 0,8 m in 3. maja 0,83 m. V času injiciranja je bil aktiven tudi Javornikov izvir, ki pa je 18. aprila presušil. Po oceni je bil 7. aprila 2000 pretok Debeljakovega izvira okrog 100 l/s, 17. aprila 70 l/s, 21. aprila 50 l/s in 3. maja spet 70 l/s.

Tudi v teh izvirih smo torej v času vzorčevanja do konca maja kljub manjšim občasnim padavinam ugotavljali postopno upadanje pretokov. Padavine konec aprila (v štirih dneh je padlo 45 mm) in konec junija (44 mm) so nekoliko povečale pretoke izvirov, a šele izdatnejše padavine od 9. do 12. julija (90 mm) so bile zadostne, da sta ponovno postala aktivna Javornikov in Debeljakov izvir (11. julija). Pretok Javornikovega izvira je naslednje dni upadal in 19. julija dosegal le še okrog 10 l/s.



## **Metode dela**

### ***Injiciranje sledila in zajemanje vzorcev***

Dne 5. aprila 2000 ob 9.30 smo praktično trenutno injicirali raztopino 4,6 kg uranina, ki smo ga raztopili v 100 l vode.

Že 3. aprila smo začeli z zajemanjem prvih slepih vzorcev. Redno zajemanje je trajalo do 10. maja, nato pa še julija po izdatnejšem dežju. Vzorčevali smo Globočec, Tominčev studenec in Debeljakov izvir ter občasni Javornikov izvir, potok v Podpeški jami, Šico pri Mali Račni, izvire Krke (izvir v Krški jami in Polterico) ter reko Krko pri mostu v vasi Krka (Sl. 1).

Ker je zajet za vodooskrbo, smo najbolj pogosto vzorčevali izvir Globočec - občasno vsake 4 ure, kasneje vsakih 6 in 12 ur, od srede maja dalje pa 1-krat dnevno. Zajemanje vzorcev je potekalo z avtomatskim zajemalnikom ISCO 6700. Na ostalih izviroh smo imeli organizirano ročno zajemanje vzorcev, ki je potekalo zgledno in brez prekinitev. Vodo smo zajemali v temne stekleničke, ki smo jih prej 3-krat sprali z vzorcem. Vzorce smo hranili na hladnem in temnem. V laboratorij smo jih vozili nekako enkrat tedensko in jih analizirali prvič še isti ali naslednji dan, ponovno pa v maju, po končanem zveznem zajemanju.

Potok v Podpeški jami je bil vzorčevan najprej 2-krat dnevno, občasno 3-krat dnevno, ob koncu zajemanja pa 1-krat dnevno. Ostale izvire smo zajemali 1-krat dnevno in le občasno 2-krat dnevno.

### ***Določevanje prisotnosti uranina***

Analize smo izvedli na luminiscenčnem spektrometru LS 30 PERKIN ELMER pri  $E_{ex} = 492$  nm in  $E_{em} = 515$  nm direktno iz vzorcev, nekatere malo povišane vrednosti (Krka, Polterica, potok v Podpeški jami in Globočec julija po prvem izdatnejšem dežju) smo preverjali še iz filtratov (filtracija skozi filter 0,45  $\mu$ m). Največje koncentracije uranina v Javornikovem izviru in Tominčevem studencu, ki so presegle 1 mg/m<sup>3</sup>, smo določali iz razredčenih vzorcev.

### ***Meritve in kemične analize***

Pred sledilnim poskusom smo ob zajemu slepih vzorcev opravili meritve vseh izvirov, ki smo jih kasneje opazovali v sledilnem poskusu. Temperaturo in specifično električno prevodnost (SEP) smo določevali z LF 597, pH z Multiline merilcem in vsebnost raztopljenega kisika z OXI-196 firme WTW.

## **Rezultati**

### ***Kemične analize***

Meritve, ki smo jih na izviroh izvedli pred opravljenim sledenjem, so zbrane v tabeli 2. Izvira Krke se razlikujeta v temperaturi, SEP in vsebnosti raztopljenega kisika, manjše razlike pa so tudi v njuni kemični sestavi (Tab. 3). Višje vrednosti o-fosfatov in nekoliko povišane vsebnosti nitratov in kloridov so verjetno odraz onesnaževanja v zaledju.

Tab. 2: Temperatura, SEP, pH in vsebnost raztopljenega kisika Tržiščice na ponoru in opazovanih izvirov.

Tab. 2: Temperature, conductivity, pH and dissolved oxygen of the Tržiščica sinking stream and sampled springs.

Mesto - čas	T (°C)	SEP (µS/cm)	pH	O <sub>2</sub> (mg/l)	O <sub>2</sub> (%)
<b>24.8.1999</b>					
Tržiščica - Tentera	14,1	380	8,15	9,4	95
Globočec	10,5	433	7,30	11,1	98
Kompoljska jama	9,1	418	7,45	11,0	9,6
Podpeška jama	9,5	421	7,70	11,5	105
Tominčev izvir	10,2	404	7,40	11,0	98
Javornikov izvir	suh!				
Polterica	10,3	469	7,30	10,4	95
Krka - jama	12,5	493	7,35	7,0	64
<b>15.9.1999</b>					
Polterica	10,3	481	7,20	9,8	87
Krka - jama	12,3	495	7,35	7,2	68

Tab. 3: Kemična sestava izvirov: K-karbonati, Ca-kalcij, Ca+Mg-celokupna trdota, Cl-kloridi, NO-nitrati, SO-sulfati, PO-o-fosfati.

Tab. 3: Chemical composition of springs: K- carbonates, Ca- calcium, Ca+Mg- total hardness, Cl- chlorides, NO- nitrates, SO-sulphates, PO-o-phosphates.

Izvir	K meq/l	Ca meq/l	Ca+Mg meq/l	Ca/Mg	Cl mg/l	NO mg/l	SO mg/l	PO mg/l
Polterica	4,97	3,84	5,43	2,6	4,8	6,8	4	0,1
Krka - jama	5,13	3,36	5,55	1,5	5,2	7,4	4,3	0,17

### Analize fluorescence

Analize vzorcev so pokazale izrazit pojav uranina v Tominčevem studencu ter Javornikovem in Debeljakovem izviru pri Dvoru, manj izrazito in z večjo zakasnitvijo v Podpeški jami, medtem ko smo v Šiçi, Polterici in izviru Krke v jami zabeležili le manjša povečanja na meji določljivosti.

### Globočec

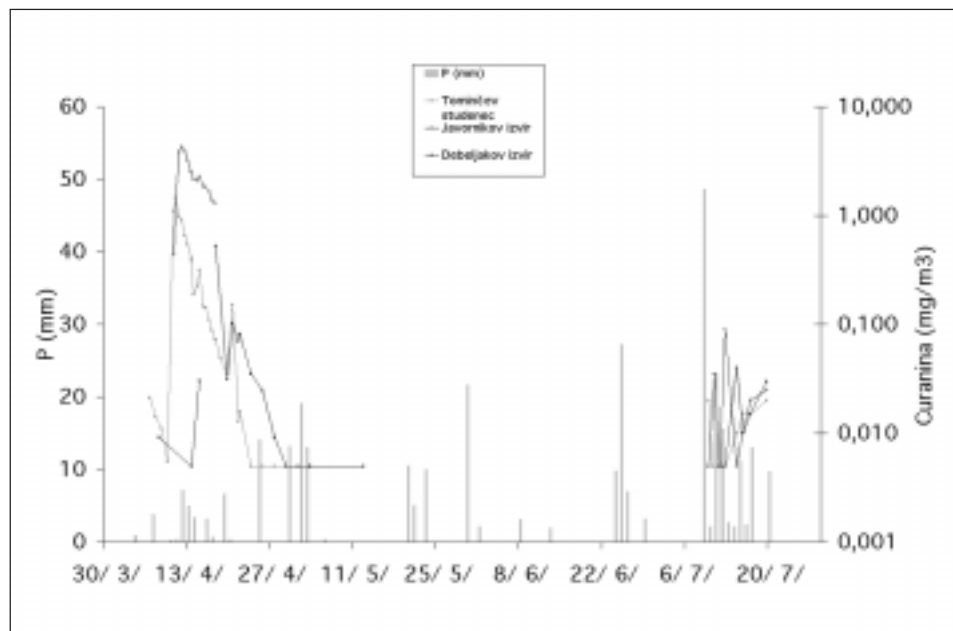
Do konca maja v izviru Globočec, ki je bil najbolj podrobno vzorčevan, nismo zabeležili prisotnosti uranina. To pomeni, da v danih hidroloških razmerah, ob srednjem upadajočem vodostaju

(v obdobju merjenja od 6.4. do 26.5. je stalno upadal od  $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$  do  $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$ ), ni povezave med ponorom Tržiščice in Globočcem. Tudi nadaljnje vzorčevanje do 19. julija (skoraj 4 mesece po injiciranju), ko smo po prvem izdatnejšem dežju v Tominčevem studencu ter Javornikovem in Debeljakovem izviru ponovni zabeležili manjši pojav uranina ter prvi izrazitejši pojav uranina v Podpeški jami, ni pokazalo prisotnosti uranina v Globočcu. Nekoliko povečan signal 17. julija, ki pa ga nismo potrdili v filtriranem vzorcu, je bil verjetno odraz večje kalnosti zaradi povečanega pretoka.

Novak (1987) je ugotavljal povezavo Tržiščice z Globočcem ob zelo nizkem vodostaju ( $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ ) s hitrostjo kar  $5,4 \text{ cm/s}$ , vendar se mu očitno ne zdi zanesljiva, saj navaja, da bi jo bilo dobro preveriti.

#### ***Tominčev studenec ter Javornikov in Debeljakov izvir pri Dvoru***

Sledilo se je izrazito pojavilo v izviroh ob Krki, najprej v Javornikovem izviru in Tominčevem studencu, z nekoliko večjim časovnim zaostankom pa še v Debeljakovem izviru (Tab. 4 in Sl. 4).



Sl. 4: Padavine (Zdenska vas) in pojav uranina v Tominčevem studencu ter Javornikovem in Debeljakovem izviru pri Dvoru.

Fig. 4: Precipitation (Zdenska vas) and uranine breakthrough curves for the springs Tominčev studenec, Javornikov izvir, and Debeljakov izvir near Dvor.

Najprej smo sledilo zaznali v Tominčevem studencu, ki je maksimalno koncentracijo  $1,4 \text{ mg/m}^3$  dosegel 127 ur po injiciranju, kar pomeni navidezno hitrost potovanja sledila  $v_{\text{dom}} = 167 \text{ m/h} = 4,6 \text{ cm/s}$ . Maksimalna koncentracija sledila, ki je znašala kar  $4,2 \text{ mg/m}^3$ , se je v

Javornikovem izviru pojavila še 24 ur kasneje (vzorčevanje je bilo 2-krat dnevno), tako da znaša navidezna hitrost pretakanja v ta izvir  $v_{dom} = 138 \text{ m/h} = 3,8 \text{ cm/s}$ .

Prvi pojav sledila v Javornikovem izviru smo zabeležili 120 ur po injiciranju, kar da maksimalno hitrost  $v_{max} = 176 \text{ m/h} = 4,9 \text{ cm/s}$ . Sklepamo, da se je sledilo v Tominčevem studencu pojavilo že 24 ur prej, kar pomeni, da je bila maksimalna hitrost sledila kar  $v_{max} = 220 \text{ m/h} = 6 \text{ cm/s}$ .

V Debeljakovem izviru smo najprej jemali vzorce le občasno, ker smo menili, da ima manjše, lokalno zaledje. Ko smo v njem 17. aprila določili prisotnost uranina ( $0,52 \text{ mg/m}^3$ ), smo ga začeli redno vzorčevati. Maksimalna koncentracija je verjetno nastopila že dan prej. Hitrost sledila v ta izvir bi bila tako  $v_{dom} = 81 \text{ m/h} = 2,3 \text{ cm/s}$ .

*Tab. 4: Razdalja izvirov od injicirne točke,  $t_{min}$  - čas do prvega pojava sledila,  $t_{dom}$  - čas do dosežene maksimalne koncentracije ter  $v_{dom}$  - hitrost pretakanja vode, glede na  $t_{dom}$ .*

*Tab. 4: Distance between springs and injection point,  $t_{min}$  - time of first tracer appearance,  $t_{dom}$  - time of maximal concentration and  $v_{dom}$  - dominant flow velocity, with regard to  $t_{dom}$ .*

Izvir	Razdalja (m)	$t_{min}$ (h)	$t_{dom}$ (h)	$v_{dom}$ (cm/s)
Tominčev studenec	21 144	96	127	4,6
Javornikov izvir	20 867	120	151	3,8
Debeljakov izvir	21448		264	2,4
Potok v Podpeški jami	8005		2100	0,1

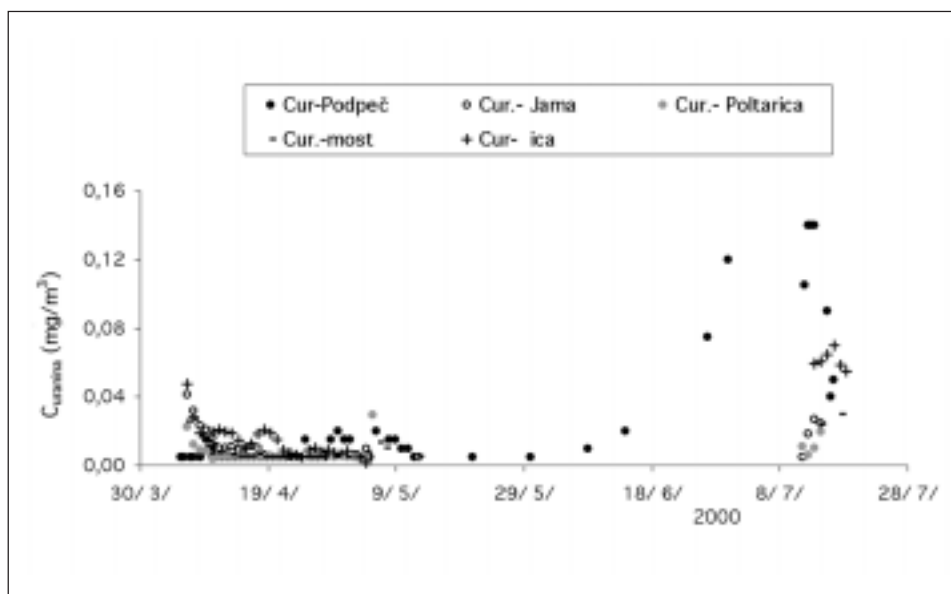
Po doseženem višku je koncentracija uranina v Javornikovem izviru in Tominčevem studencu postopno, brez večjih nihanj, upadala. Vpliv padavin z nekoliko močnejšim spiranjem uranina v izvire smo zabeležili 14. in 20. aprila. Javornikov izvir je že 18. aprila presahnil. V Tominčevem studencu je koncentracija uranina padla pod mejo detekcije 24. aprila, v Debeljakovem izviru pa 1. maja 2000. Z vzorčevanjem smo prekinili 12. maja, ko je bila koncentracija uranina na vseh izvirih najmanj 13 dni že pod mejo določljivosti.

Ponovno smo začeli z vzorčevanjem po izdatnejših padavinah konec junija in v začetku julija. Že 9. julija smo ugotovili sledove sledila v Tominčevem studencu ( $0,020 \text{ mg/m}^3$ ), v Debeljakovem pa 10. julija ( $0,035 \text{ mg/m}^3$ ). Sledili so trije dnevi, ko je bila koncentracija uranina v obeh izvirih pod mejo določljivosti. Sklepamo, da je prišlo zaradi povečanja pretoka do večjega razredčenja. Nadaljnjih šest dni smo zopet beležili prisotnost uranina v nižjih koncentracijah (Sl. 4). Javornikov izvir, ki je postal ponovno aktiven 11. julija, tega dne še ni vseboval uranina. V naslednjih dneh do njegove presahnitve 19. julija pa smo ugotavljali prisotnost uranina do koncentracije  $0,035 \text{ mg/m}^3$ .

Očitno je prišlo po padavinah pri stalnem Tominčevem studencu do takojšnjega spiranja zaostalega uranina. V občasnem Javornikovem izviru, kjer smo beležili v sledilnem poskusu najvišje koncentracije uranina, saj je bila maksimalna vrednost kar 3-krat večja kot v Tominčevem studencu, pa je najprej pritekala čista voda iz bližnjega zaledja, šele nato pa voda z uraninom iz kraškega območja iz smeri Tržišnice.

### Potok v Podpeški jami

V potoku Podpeške jame smo večkrat ugotavljali manjša povečanja merjenega signala, vendar le do vrednosti  $0,020 \text{ mg/m}^3$ , kar je blizu meje detekcije uporabljene metode ( $0,005 \text{ mg/m}^3$ ). Iz slike 5 so razvidni rezultati meritev. V kolikor bi bile povišane vrednosti odraz injiciranega uranina, bi to v danih hidroloških razmerah pomenilo zelo slabo povezavo s Tržiščico in minimalno količino vode, ki odteka v to smer. Vendar pa sklepamo, da je v danih hidroloških razmerah povečanje signala verjetno predvsem odraz spiranja poseljenega zaledja zahodno od Podpeške jame, saj so bile po 20. aprilu pogoste lokalne padavine.



Sl. 5: Nihanje fluorescence v izvirih Krke, reke Krke pri mostu v naselju Krka, v Šici pri Mali Račni in v potoku v Podpeški jami.

Fig. 5: Oscillation of tracer concentration in the Krka springs, the Krka river at the bridge in the village Krka, the spring Šica pri Mali Račni, and in the stream in the cave Podpeška jama.

Jemanje vzorcev potoka v Podpeški jami po vsakih padavinah po 11. maju, ko smo končali s prvim delom vzorčevanj, je pokazalo manjša povečanja signala tudi v primerih, ko ni prišlo do vidnega povečanja pretoka. Dne 26. junija, ko je pretok izraziteje porasel in je voda po injiciranju prvič tekla čez jez v Podpeški jami (44 mm dežja), smo zabeležili prvo večje povečanje vsebnosti uranina ( $0,075 \text{ mg/m}^3$ ), 29. junija, ko je pretok upadal, pa celo koncentracijo  $0,120 \text{ mg/m}^3$ . Dne 11. julija je pretok ponovno izraziteje narasel, voda je zopet tekla čez jez in je bila kalna. V naslednjih dneh je pretok upadal. Prvi vzorec je vseboval  $0,105 \text{ mg/m}^3$  uranina, za tem smo dva dni beležili koncentracijo  $0,140 \text{ mg/m}^3$ , ki je nato upadala. Vse vzorce smo merili po filtraciji skozi filter  $0,45 \mu\text{m}$ .

Ker se je oblikoval izrazit sledilni val, sklepamo, da je ob nastalih hidroloških razmerah julija pritekel v Podpeško jamo del zaostalega uranina iz Tržiščice. Izračunana hitrost pretakanja je 0,1 cm/s. V razmerah zelo nizkih vodostajev (voda Globočca za zajetjem je odtekala le po osrednjem poglobljenem delu regulirane struge, Debeljakov izvir pa je praktično presahnil) so v začetku julija izdatnejše padavine (povzročile so dvig nivoja v koritu Globočca za nekako 5 cm nad robom širšega dna regulirane struge, aktivirala pa sta se tudi Debeljakov in Javornikov izvir) potisnile uranin, ki se je zadržal v kraškem masivu, intenzivneje v smeri Podpeške jame, seveda pa tudi v že znani smeri izvirov pri Dvoru.

### ***Šica pri Mali Račni, izvira Krke in Krka pod mostom v vasi Krka***

V izviri Krke (Krška jama in Polterica), v Krki pri mostu v vasi Krka in v Šici pri Mali Račni na Radenskem polju do začetka maja nismo določili prisotnosti uranina. Signal originalnih vzorcev je v začetku aprila zložno upadal, kar je verjetno delno vpliv upadanja kalnosti, delno pa vpliv prisotnosti spiranja onesnaženja iz poseljenega zaledja izvirov.

V začetku maja smo zopet zabeležili minimalen porast signalov kot posledico ponovnega spiranja s padavinami, saj smo sočasno beležili povišane pretoke. Analiziranje filtriranih vzorcev ni potrdilo prisotnosti uranina. Podobno smo tudi v Tominčevem studencu in Debeljakovem izviru opazili manjša povečanja pretoka, ne pa tudi prisotnosti uranina, kar nakazuje dotok vode s širšega dela zaledja, ne pa iz smeri Tržiščice.

Po intenzivnejših padavinah konec junija in v začetku julija, ko smo zabeležili uranin v Podpeški jami, smo z manjšim zaostankom nekako dveh dni (vzorčevanje le 1-krat dnevno) zabeležili nekoliko povišan signal predvsem v Šici (filtrirani vzorci), kar je verjetno potrditev že znanega dotoka iz Podpeške jame. Vendar je bilo zajetih le 6 vzorcev, zato tega ne moremo trditi z gotovostjo. Tudi filtrirani vzorci izvirov Krke nakazujejo morda začetek pojava uranina, vendar so dokazi premalo prepričljivi.

### **Ocena povrnjenega sledila**

Izračuni povrnjenih količin uranina za Tominčev studenec ter Javornikov in Debeljakov izvir so lahko le zelo približne ocene, saj temeljijo na ocenjenih pretokih. Po grobi oceni bi skozi izvire pri Dvoru do konca maja 2000 izteklo 2/3 ali nekoliko več injiciranega sledila. Zato smo pričakovali ponoven pojav uranina po intenzivnem in izdatnem dežju, kar se je dejansko zgodilo ob prvem naslednjem pojavu izrazitejših padavin v začetku julija.

Tedaj smo zabeležili manjši sledilni val tudi v Podpeški jami, ki se je verjetno odrazil tudi v Šici pri Mali Račni. Vendar pa ocenjujeva, da je bila količina tedaj dodatno spranega uranina sorazmerno majhna.

## **SKLEP**

Sledilni poskus je pokazal, da se v hidroloških pogojih upadanja pretokov od srednjih do nizkih vod (ocenjeni pretok Tržiščice ob injiciranju med 300 in 400 l/s, pretok Globočca upadal od 750 l/s do 90 l/s), voda Tržiščice odteka predvsem v Tominčev studenec ter Javornikov in Debeljakov izvir pri Dvoru. Ocenjujeva, da je skozi te izvire do konca maja 2000 izteklo nekako

2/3 injiciranega uranina. V znatno manjši meri in z velikim časovnim zamikom pa voda odteka ob upadlih vodostajih in ponovnih padavinah tudi v smeri Podpeške jame ter naprej v Šico pri Mali Račni na Radenskem polju.

V opisanih hidroloških razmerah pa nismo ugotovili povezave z izvirom Globočcem, ki je zajet za oskrbo prebivalstva Suhe Krajine s pitno vodo in smo ga vzorčevali najbolj podrobno.

Voda se je v stalen Tominčev studenec pretakala z navidezno hitrostjo 4,6 cm/s, v občasnem Javornikov izvira s 3,8 cm/s, v Debeljakov izvira pa z 2,4 cm/s, računano glede na pojav maksimalne koncentracije. Te dokaj velike hitrosti pretakanja vode nakazujejo v primeru onesnaženja Tržiščiće tudi hiter prenos onesnaženja do izvirov pri Dvoru. V Javornikovem izvira smo zabeležili kar 3-krat višje koncentracije uranina kot v Tominčevem studencu, kar kaže na bolj koncentriran odtok, oz. manjše razredčevanje vzdolž podzemnega toka. Izračunana hitrost v smeri Podpeške jame je bila le 0,1 cm/s. Tam smo uranin zaznali šele po izdatnejših padavinah, ki so nastopile po dveh mesecih stalnega upadanja pretokov, ko sta celo presahnila Javornikov in Debeljakov izvira. Ugotavljava, da je podzemno raztekanje vode iz Tentere zelo odvisno od hidroloških razmer.

Pojav uranina v Šici pri Mali Račni je skladen z ugotovitvami sledenja iz Podpeške jame leta 1982, ko so uranin zaznali v Šici, nato pa še v izviri Krke (Novak 1985). Za pojav uranina julija 2000 v izviri Krke nimamo dovolj dokazov, ker smo po 3 mesecih in pol zaključili z opazovanji, ocenjujeva pa, da bi bile koncentracije uranina na meji določljivosti.

O pretakanju voda ob zelo visokem vodostaju imamo nekaj informacij iz spremljanja posledic razlitja plinskega olja iz skladišča naftnih derivatov v Ortneku 13. oktobra 1998. Plinsko olje se je v Globočcu pojavilo čez dobrih 8 dni, 8 ur kasneje pa so zaznavali le še vonj. Tudi po padavinah v začetku novembra so zabeležili le vonj. Od decembra do marca je prevladovalo mrzlo vreme s skromnimi snežnimi padavinami. Šele maja 1999 po izdatnejšem dežju je prišlo do ponovne prekoračitve dopustne koncentracije plinskega olja.

Na tej osnovi lahko sklepamo, da obstaja ob visokih vodostajih zveza med Tržiščiće in Globočcem. Čeprav je povezava slaba, je v primeru onesnaženja z naftnimi derivati dovolj za onesnaženje zajetega izvira. Zaledje Tržiščiće je torej tudi zaledje Globočca in vsako onesnaženje na tem območju pomeni tudi nevarnost za izvira Globočec. Pokazalo se je tudi, da netopne tekočine ubirajo podzemne vodne poti, da pa je njihov prenos drugačen in je močno odvisen od spreminjanja hidroloških razmer, ki omogočajo v kraškem vodonosniku akumuliranje in kasneje intenzivno potiskanje snovi v smeri izvirov.

Izčrpane podatke o hitrostih in deležu vode, ki ob visokih in zelo visokih vodah iz Tržiščiće odteka v Globočec, bi podalo le sledenje v takih razmerah. Še vedno ostaja odprto tudi vprašanje, ali Tržiščića ob zelo nizkem vodostaju odteka v smeri Globočca (Novak 1985). Glede na to, da je zajet za oskrbo prebivalstva s pitno vodo, bi bilo vsekakor potrebno odgovoriti tudi na ta vprašanja.

## LITERATURA

- Buser, S., 1968: Osnovna geološka karta 1:100.000, list Ribnica.- Zvezni geološki zavod Beograd.  
Buser, S., 1974: Osnovna geološka karta 1:100.000, Tolmač lista Ribnica.- Zvezni geološki zavod Beograd, p. 60, Beograd.  
Genorio, M., 1999: Varovanje kraških vodnih virov, primer havarije plinskega olja v zajetju Globočec.- Diplomsko naloga, Ljubljana.

- Kolbezen M. & J. Pristov, 1998: *Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije*.- MOP-Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, p. 98, Ljubljana.
- Kranjc, A., 1981: Prispevek k poznavanju razvoja krasa v ribniški Mali gori.- *Acta carsologica*, 9, 29-85, Ljubljana.
- Novak, D., 1985: Izvir Globočec in njegovo zaledje.- *Naše jame*, 27, 5-9, Ljubljana.
- Novak, D., 1987: Podzemeljski vodni tokovi na Dolenjskem.- *Dolenjski kras*, 2, 23-27, Novo mesto.
- Šerko, A., 1946: Barvanje ponikalnic v Sloveniji.- *Geografski vestnik*, 18, 125-139, Ljubljana.

## UNDERGROUND WATER FLOW FROM THE TRŽIŠČICA SINKING STREAM (SE SLOVENIA)

### Summary

A tracing test with the injection of uranine in the Tržiščica sinking stream was carried out in order to estimate the risk of pollution of karst springs in this area. The research was made for the Commodity Reserve Institution of Slovenia (Zavod RS za blagovne rezerve). Several tracing tests were performed in the past in the broader area between the Tržiščica sinking stream, Dobropolje, and the Krka valley in south-eastern Slovenia (Fig. 1). They were mostly incomplete, so still a lot of questions regarding the underground water flow remained unanswered.

The area west from the Tržiščica sinking stream is mostly of non-carbonate rocks of Permian and Triassic age. On these very low permeable beds a surface drainage net is developed, but surface streams sink at the contact with well permeable Jurassic and Cretaceous carbonate rocks in the western part of the Mala gora area. The local erosional basis of this karst aquifer is the Krka river and several karst springs are situated in its valley (Fig. 1). The Globočec spring is captured for water supply.

In our research, tracing of the Tržiščica sinking stream at high waters was planned. But in autumn 1999 the amount of rain was considerably below average, and already in November it started to snow. Therefore the tracing test was carried out only after first intensive rainfall at the end of March 2000 (Fig. 2). On 5 April 2000 at 9.30 a.m. a solution of 4.6 kg of uranine was injected into the Tržiščica sinking stream. At the time its discharge was estimated as 300 - 400 l/s. In the following period rainfall events were scarce and non-intensive, also the share of evapotranspiration was high. As a result of such conditions a decrease in spring discharges was observed. At the Globočec spring a reduction from 750 l/s to 90 l/s was measured (Fig. 3). We can conclude that the tracing test was carried out at the hydrological conditions of recession from medium to low waters. Only after precipitation in June and particularly in July the discharges again increased.

The most frequent sampling was organised at the Globočec spring. Samples were taken by the automatic sampler ISCO 6700 and stored in dark bottles. In the stream in the cave Podpeška jama, in the springs Tominčev studenec, Javornikov izvir, Debeljakov izvir, Polterica, and Izvir Krke, as well as in the river Krka near the bridge in the village of Krka the samples were gathered manually. The fluorescence in original samples was measured by the Luminiscence Spectrometer



LS 10 PERKIN ELMER. Additionally, samples with increased values of fluorescence were filtered (0.45 µm) and tested again.

At the described hydrological conditions the underground water flow from the Tržiščica sinking stream towards the springs Tominčev studenec, Javornikov izvir, and Debeljakov izvir near the village Dvor in the Krka valley was proved by the tracing test (Fig. 4). By the end of May 2000 approximately 2/3 of the total amount of injected tracer had been recovered at these springs. In the Podpeška jama cave, and further on in the spring Šica pri Mali Račni, the tracer in lower concentrations was detected only after heavy rain occurred after two months of recession (Fig. 5). But no connection with the Globočec spring was proved.

Taking into account the appearance of maximal tracer concentration, the following apparent flow velocities were calculated: 4.6 cm/s towards the Tominčev studenec, 3.8 cm/s towards the Javornikov izvir, and 2.3 cm/s towards the Debeljakov izvir (Tab. 4). These relatively high flow velocities indicate also the possibility of fast transport of potential pollution from the Tržiščica sinking stream to the karst springs near the village Dvor in the Krka valley. Three times higher tracer concentrations in the Javornikov izvir than in the Tominčev studenec are probably a result of more concentrated flow or smaller dilution along the underground water flow. In the direction towards the Podpeška jama cave an apparent flow velocity of only 0.1 cm/s was calculated.

Obtained results together with the outcomes of the previous tracing tests indicate that hydrological conditions significantly influence the underground water flow from the Tržiščica sinking stream. At the tracing test in 1982 the tracer was injected in the Podpeška jama cave and then detected first in the spring Šica pri Mali Račni, and then also in the Krka springs (Novak 1985). By the tracing experiment in April 2000 the first connection was verified, but it was not possible to confirm the second one reliably, because at the end of the sampling period of 3 and a half months the uranine concentrations in the Krka springs were only at the detection limit.

Some information about the characteristics of the underground water flow at very high waters were gathered during the accident of gas oil spilling from the repository of oil derivatives near Ortnek on 13 October 1998. In the Globočec spring gas oil was detected after 8 days, which gives the apparent flow velocity of something more than 1 cm/s. After a further 8 hours only distinctive odour was perceived. For the following period from December till March 1999 cold weather with moderate snow precipitation was characteristic. Only after abundant rain in May 1999 were the allowed concentrations of gas oil exceeded again. These results indicate also the connection between the Tržiščica sinking stream and the Globočec spring at high waters. Although the connection is weak it gives a warning of possible pollution risk for the captured Globočec spring in case of pollution with oil derivatives in the recharge area of the Tržiščica sinking stream. It was also proved that insoluble liquids take groundwater paths but have specific transport characteristics. In high dependence on hydrological conditions these substances can first accumulate in karst aquifers, and then be intensively washed away towards the springs.

But to get more precise information about the characteristics of flow from the Tržiščica sinking stream to the Globočec spring at high and very high or very low waters additional tracing tests at appropriate conditions are necessary. Taking into account the importance of the Globočec spring as a source of drinking water such researches are highly recommended for the future.