

PRENOS ONESNAŽENJA V KRAŠKEM SVETU

Martina Zupan*

UDK 504.054 : 551.44

Kraški izviri so močno izpostavljeni nekontroliranemu onesnaževanju iz zaledja. Za zaledne vode izvirov, ki se uporabljajo za oskrbo, je potrebna najstrožja zaščita pred onesnaženjem. Prenos onesnaževanja izvirov iz kraškega zaledja smo prikazali na dveh primerih v Sloveniji, kjer so podzemne vodne poti dobro raziskane. Opisan je vpliv onesnaženih zalednih voda s Cerkniškega polja na izvire Ljubljanice in izvir v Malnih ter vpliv onesnaževanja na izvir Rižane.

Podzemne vodne poti na krasu in določanje zaledja izvirov

V Sloveniji je po oceni geologov (Novak, 1990) okoli 46 % krasa, največ v južnem delu. Značilnost krasa je, da se voda pretaka manj po površini in bolj po podzemnih vodnih poteh. Kraške razvodnice in zaledje kraških izvirov je mogoče predvideti na podlagi hidrogeoloških raziskav in fizikalno-kemijskih analiz vode. Zaledje kraških izvirov določimo s sledilnimi poskusi, pri katerih različne sledilne snovi injiciramo v kraške ponore in ugotavlja-

mo njihov pojav v kraških izviroh. V Sloveniji je bilo doslej izvedenih precej sledilnih poskusov (Šerko, 1946; Gams, 1965; Habič, Zupan, 1989), vendar je na določenih območjih še precej neugotovljenih podzemnih vodnih zvez. Običajno se potreba po določanju le-teh pokaže takrat, ko se ugotovi onesnaženje v izviroh, ki se uporabljajo za oskrbo, ali pa pri iskanju novih vodnih virov v kraških območjih. Količinsko pomenijo večji kraški izviri zanesljiv vodni vir, ker zaradi velike podzemne akumulacije tudi v daljših sušnih obdobjih le redko nastopi problem količine vode. Šibka točka kraških izvirov je onesnaževanje iz zaledja izvirov. Za zaščito kraških izvirov, ki se že uporabljajo za oskrbo ali so predvideni za tako uporabo, je pomembno s sledilnimi poskusi natančno določiti zaledje. Iz dosedanjih

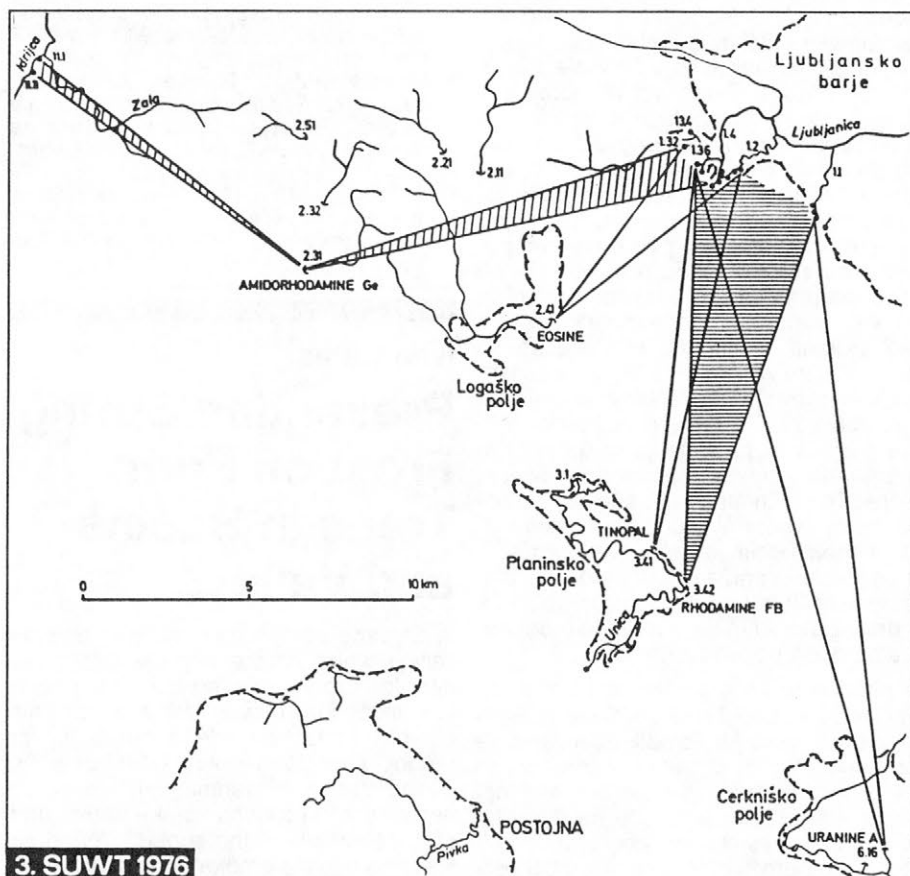
izkušenj pri nas in v svetu sledi, da so rezultati sledilnega poskusa najbolj natančni, če ga izvedemo na širšem zalednem območju hkrati ali pa vsaj v zaporedju, strogo prilagojenem hidrogeološkim predvidevanjem o povezavah.

Dokazane podzemeljske vodne poti v porečju Ljubljanice in Rižane

Obširni sledilni poskusi so potekali pri ugotavljanju zaledja izvirov kraške Ljubljanice (Bauer in sod., 1976) in izvira Rižane (Krivic, Bricelj, Zupan, 1990). Izvir Mlinščice v Malnih je namenjen za oskrbo širšega območja Postojne, izvir Rižane za oskrbo Primorja, nekateri izviri Ljubljanice pa so pomemben rezervni vodni vir za Ljubljano.

Na sliki 1 so prikazani rezultati sledilnih poskusov v zaledju kraške Ljubljanice v letu 1974 (Bauer in sod., 1976). V starejših sledilnih poskusih je bila dokazana podzemeljska vodna zveza med Cerkniškim jezerom, Rakom in izvirom v Malnih (Habič, Zupan, 1989). Sledilni poskusi so pokazali, da malo manj kot polovica vode priteka v izvire Bistre po podzemnih vodnih poteh direktno iz Cerkniškega jezera (ponori na severovzhodnem delu jezera), polovica pa s Planinskega polja, ki pa ima tudi dokazano povezavo s Cerkniškim jezerom. Izvir v Malnih dobiva vodo delno iz severozahodnega dela Cerkniškega jezera prek Rakovega Škocjana, delno pa iz Javornikov. Razmerje v količinah obeh tokov ni določeno, ker v javorniškem toku doslej sledilni poskusi niso bili izvedeni. Razlog je predvsem tehnična in finančna zahtevnost injiciranja, saj je praktično edina možnost injiciranje sledila v sneg ali vrtnice.

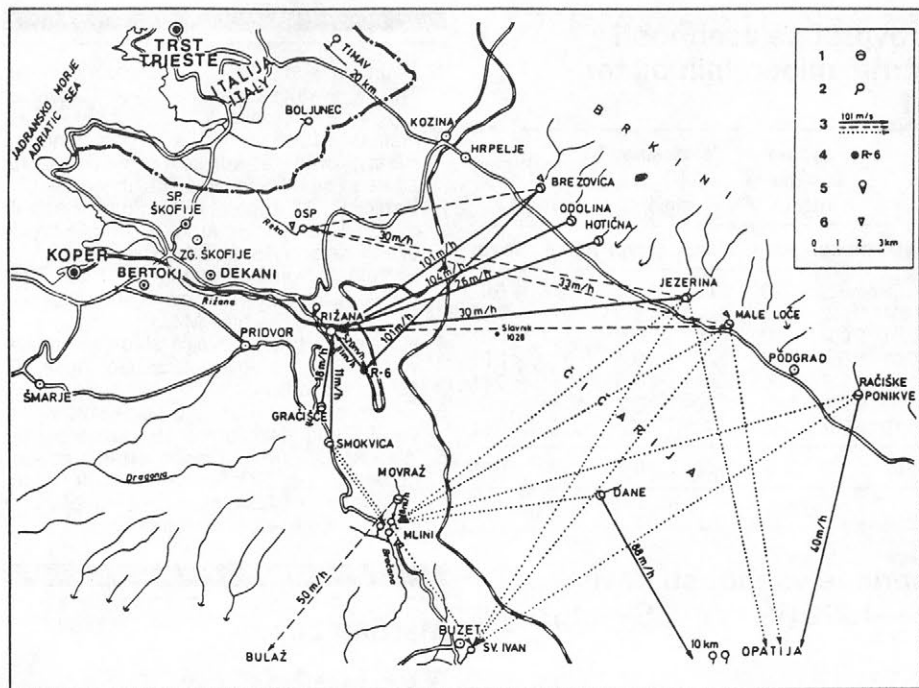
Na sliki 2 so prikazane podzemne vodne poti iz zaledja k izviru Rižane. Vsi ponori so v neposredni bližini ceste Kozina—



3. SUWT 1976

Slika 1. Razpored ugotovljenih sledil v testnem območju sledilnega poskusa za določitev zaledja izvirov kraške Ljubljanice.

* Ministrstvo za varstvo okolja in urejanje prostora, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Vojkova 1 b, Ljubljana.



Slika 2. Opazovalna mreža in rezultati sledilnih poskusov v zaledju izvira Rižane: 1 — obarvani požiralnik, 2 — opazovalni izvir, 3 — ugotovljena smer in navidezna hitrost podzemne vode (glavna, stranska in nezanesljiva povezava), 4 — opazovana vrtna, 5 — vodomerna postaja z limnigrafom, 6 — vodomerni profil.

Podgrad in ceste Bertoki—Buzet, po katerih poteka glavni tovorni prevoz iz Trsta in Kopra proti Pulju in Reki.

Obstoječe ceste niso zaščitene pred izlivom kemikalij in se je pravzaprav treba zahvaliti sreči, da še ni prišlo do večjega onesnaženja izvirov, ki se uporabljajo za oskrbo z vodo. Najbolj je ogrožen izvir Rižane, v manjši meri pa tudi izviri na hrvaški strani, ki se tudi uporabljajo za preskrbo.

Onesnaženost ponorov in izvirov, med katerimi so dokazane podzemne vodne zveze

Osnovne fizikalno-kemijske kazalce onesnaženja v porečju kraške Ljubljani- ce, vključno z izvirom v Malnih, spremljamo od leta 1972, izvir Rižane pa od leta 1977. Od leta 1986 se je obseg analiz razširil na določanje kovin in organskih spojin v vodi, suspendiranih delcih in sedimentu (analize dela Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Center za varstvo okolja).

Primerjali smo rezultate osnovnih fizikalno-kemijskih analiz, analiz kovin in organskih spojin v naslednjih zalednih vodah in izviri:

Cerkniško jezero — Dolenje jezero, Cerkniščica — Dolenja vas (pod ČN), Mlinščica — Malni, Unica — Hasberk, Bistra — Bistra, Mala Ljubljani- ca — izvir Veliki Močilnik, Velika Ljubljani- ca — Mirke.

Dodaten vir onesnaževanja izvirov Ljubljani- ce je tudi Logaško polje, ki pa ga v okviru monitoringa ne spremljamo. Logaško polje ima podzemno povezavo z izviri Male in Velike Ljubljani- ce, z izviri Bistre pa ne.

Vpliv onesnaženja iz kraškega zaledja se v vseh letih opazovanja in v vseh izviri- h pokaže v občasno povišani količini suspendiranih snovi, povišani vsebnosti dušikovih in fosforjevih spojin, fenolnih spojin, detergentov ter mineralnih olj. Prav tako je bila skoraj stalna slaba bakteriološka slika izvirov.

Prenos onesnaženja skozi kraško podzemlje še bolj nazorno pokaže obdelava analitskih podatkov o vsebnosti kovin in organskih spojin, analiziranih v letih 1986—1991. V preglednicah 1—3 so prikazani izbrani podatki osnovnih fizikalno-kemijskih analiz, analiz kovin in organskih spojin za leta 1986—1991. Prikazane so maksimalne in za osnovne kemijske kazalce onesnaženja tudi povprečne izmerjene vsebnosti, ki smo jih v omenjenih letih izmerili v kraškem zaledju in v izviri- h. Maksimalne izmerjene vsebnosti namreč dobro ponazorijo stalno prisotno nevarnost onesnaženja izvirov iz njihovega kraškega zaledja, medtem ko povprečne vrednosti vseh meritev v nekaterih primerih pokažejo navidežno boljše stanje. Kraški izviri so zaradi hitrega prenosa onesnaženja po podzemnih kraških poteh temu pojavu zelo izpostavljeni, saj traja pot pri direktnih povezavah le nekaj

dni. Omeniti je treba tudi razmeroma nizko samočistilno sposobnost vode v podzemnem vodnem toku, ker je v vodi zelo malo živih organizmov, ki veliko prispevajo k samočiščenju vode. Samočistilno sposobnost zmanjšuje tudi nizka temperatura vode v podzemlju. Onesnaženje se torej na izviri- h pojavlja v komaj kaj zmanjšanem obsegu.

V preglednici 1 so zbrane maksimalne izmerjene in povprečne vsebnosti tistih osnovnih kemijskih parametrov (merijo se v vseh vzorcih, vzeti 4- do 8-krat na leto), ki so v izbranih zalednih in izviri- h vodah pogosto povišani in presegajo normative za pitno vodo tudi v povprečnih vrednostih. V preglednici so upoštevani normativi za pitno vodo, ki veljajo v Sloveniji (jugoslovanski) in so praktično enaki zahodnoevropskim. Formaldehid je značilen kazalec onesnaženja s Cerkniškega polja (lesna industrija). V izviru Rižane izstopa visoka vsebnost mineralnih olj, v posameznih vzorcih je visoka tudi vsebnost amonijevih spojin, nitrita in fenolnih spojin. V vseh izviri- h je pogosto slaba bakteriološka slika.

V preglednici 2 so zbrane maksimalne izmerjene vsebnosti vseh merjenih kovin v vodi (vključno s suspendiranimi delci) in sedimentu, ki so bile merjene v izbranih vzorcih (1—2 vzorca na leto). Iz preglednice sledi, da se v izviri- h Ljubljani- ce in njihovih zalednih vodah pojavljajo iste kovine. Visoke so predvsem vsebnosti bakra, niklja in živega srebra, ki so v nekaj primerih presegle normativ za pitno vodo. Še višje so vsebnosti v sedimentu, kjer so višje tudi vsebnosti cinka, kadmija in svinca. Sediment v kraških izviri- h je na splošno drobnejši kot v površinskih vodah in s tem je tudi vezanje toksičnih spojin iz vode na sediment večje. V izviru Rižane je bil presežen normativ za pitno vodo v vsebnosti kadmija v vodi, visoka pa je tudi vsebnost bakra, cinka, kroma, niklja, svinca in živega srebra v sedimentu.

Skrb vzbujajoča je prav visoka vsebnost kovin v sedimentu, saj po podatkih iz literature že razmeroma majhna sprememba vrednosti pH v vodi lahko spremeni topnost kovin (Wachs, B., 1988).

Za kovine in organske spojine so kot dopustne koncentracije navedene smernice ES, ker so pri nas še veljavni jugoslovanski predpisi v večini parametrov premili. V preglednici 2 je naveden tudi predlog normativov za kovine v slovenskih površinskih vodah in sedimentu. Splošno veljavni normativov za vsebnost kovin v sedimentih namreč ni, ker so le-ti močno odvisni od geološke sestave prispevnih območij vodotokov. Predlog je bil sestavljen na podlagi rezultatov analiz slovenskih vodotokov v letih 1986—1990 in je ocenjen kot naravno ozadje (HMZ, 1991).

V preglednici 3 so zbrane maksimalne izmerjene vsebnosti tistih organskih spojin, ki so se v vodi pojavile v višjih koncentracijah. Organske spojine in posnetek GC/MS (plinska kromatografija/masna spektrofotografija).

Med organskimi spojinami, ki se pojavljajo v izviri- h Ljubljani- ce in njihovih zaled-

Preglednica 1. Maksimalne in povprečne vsebnosti amonjevih in fenolnih spojin, nitrita, mineralnih olj ter formaldehida v letih 1986—1991.

Zajemno mesto	Amonijeve spojine mg/l		Nitrit mg/l		Fenolne spojine mg/l		Mineralna olja mg/l		Formaldehid mg/l	
	maks.	povp.	maks.	povp.	maks.	povp.	maks.	povp.	maks.	povp.
Cerkniško jezero	2,66	0,25	0,19	0,03	0,022	0,004	0,030	0,008	0,08	0,02
Cerkniščica	12,0	2,42	0,24	0,04	0,019	0,006	0,028	0,013	0,21	0,05
Mlinščica	0,34	0,10	0,05	<0,01	0,005	0,002	0,005	0,003	0,01	<0,01
Unica	0,29	0,10	0,05	<0,01	0,005	0,001	0,015	0,006	0,02	<0,01
Bistra	0,45	0,14	0,47	0,05	0,017	0,003	0,011	0,005	0,01	<0,01
Mala Ljubljana	0,38	0,20	0,12	<0,01	0,009	0,003	0,009	0,007	<0,01	<0,01
Velika Ljubljana	0,33	0,12	1,05	0,10	0,007	0,002	—	—	<0,01	<0,01
Rižana	0,40	0,10	0,35	0,05	0,008	0,002	0,068	0,015	0,03	<0,01
Normativ za pitno vodo	0,12		0,02		0,002		0,010		—	

Preglednica 2. Maksimalne izmerjene vsebnosti kovin v vodi in sedimentu v letih 1986—1991 (V—µg/l, S—mg/kg suhe teže).

Zajemno mesto	Baker		Cink		Kadmij		Krom		Nikelj		Svinec		Živo srebro	
	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S	V	S
Cerkniško jezero	70	80	72	510	<1	2,0	<5	62	23	87	13	280	<0,5	0,70
Cerkniščica	20	54	62	820	<1	<1	<5	43	44	39	<5	154	0,8	0,47
Mlinščica	70	281	62	170	<1	7,7	<5	126	30	73	5	250	<0,5	0,08
Unica	68	184	85	94	<1	10,0	<5	31	22	20	8	508	<0,5	<0,05
Bistra	139	182	105	374	<1	6,0	19	244	22	196	15	717	2,0	0,25
Mala Ljubljana	183	40	52	250	<1	1,7	8	63	31	27	16	73	1,1	0,07
Velika Ljubljana	23	58	110	340	<1	5,0	11	62	29	66	7	72	<0,5	0,09
Rižana	<5	610	<50	698	8	7,0	13	46	22	156	13	87	<0,5	0,15
Normativ za pitno vodo ES	50		500		5		50		30		50		1	
Predlog normativa za površ. vode	30	40	55	200	1,5	1	45	50	15	50	15	50	0,5	0,05

Preglednica 3. Maksimalne izmerjene vsebnosti organskih spojin v vodi v letih 1986—1991.

Zajemno mesto	PAO µg/l	Atrazin µg/l
Cerkniško jezero	0,418	0,044
Cerkniščica	0,052	0,030
Mlinščica	0,032	0,010
Unica	0,036	0,008
Bistra	0,008	0,043
Mala Ljubljana	0,003	0,008
Velika Ljubljana	0,003	0,056
Rižana	0,032	0,060
Normativ za pitno vodo — ES	0,2	0,1

PAO — policiklični aromatski ogljikovodiki

nih vodah, so najbolj značilni policiklični aromatski ogljikovodiki in pesticid atrazin. Vsebnost policikličnih ogljikovodikov v Cerkniškem jezeru precej presega normativ za pitno vodo. Posnetki GC/MS so v izviri Bistre in v izviru v Malnih pokazali tudi prisotnost organskih spojin, značilnih za komunalno onesnaženje (fekalni steroidi holesterolne vrste, proste maš-

čobne kisline, alkilni estri ftalne kisline in elementarno izločeno žveplo).

Zaključki

Kemijske analize izvirov Ljubljane kažejo vpliv onesnaževanja iz kraškega zaledja. Vir onesnaženja so komunalne in industrijske odpadne vode Cerkniškega polja. V izviri in zalednih vodah so visoke vsebnosti dušikovih in fenolnih spojin, mineralnih olj, formaldehida, kovin in organskih spojin. Pogosto je slaba tudi bakteriološka slika.

Kemijske analize izvira Rižane dokazujejo vpliv odpadnih voda s cestnih površin (mineralna olja, kovine) in tudi fekalnih odpadnih voda, vključno s kmetijskimi (dušikove spojine, bakteriološka analiza). Dovoljene vsebnosti posameznih kazalcev onesnaženja v pitni vodi so po evropskih priporočilih občasno presežene, medtem ko dopustne vsebnosti pri nas doslej še niso bile presežene.

Ukrepi za zavarovanje izvirov pred onesnaženjem so brez dvoma potrebni, še posebej to velja za izvir v Malnih in izvir Rižane.

1. Bauer in sod., 1976. Underground Water Tracing, Investigations in Slovenia, 1972—1975, Ljubljana.
2. Gams, I., 1965. Aperçu sur l'hydrologie du Karst Slovène et sur ses communications souterraines. Naše jame 7, Ljubljana.
2. Habič, P., M. Zupan, 1989. Študij sledilnih metod v Sloveniji. Arhiv Hidrometeorološkega zavoda RS, Ljubljana.
3. Hidrometeorološki zavod RS, 1991. Raziskave kakovosti površinskih voda v Sloveniji v letu 1990. Arhiv HMZ.
4. Novak, D., 1965. Novejša sledenja kraških voda v Sloveniji po letu 1965. Geologija, 33, 1990, Ljubljana.
5. Šerko, A., 1946. Barvanje ponikalnic v Sloveniji. Geografski vestnik 18, Ljubljana.
6. Wachs, B., 1988. Gewässerrelevanz der gefährlichsten Schwermetalle. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie, 42, München.

Martina Zupan

Transfer of Pollution in the Karst Region

Karst springs are strongly exposed to uncontrolled pollution from the hinterland. The strictest protection measures against pollution are necessary for hinterland springs used for water supply. Two cases of the transfer of pollution from the karst hinterland are described in Slovenia where underground waterways are well researched. The influence of polluted hinterland waters from Cerkniško polje on the sources of the Ljubljana River and on the source at Malni, as well as the influence of pollution on the source of the Rižana are described.

UJMA

UJMA

UJMA