

UGOTAVLJANJE PODZEMNEGA PRETAKANJA VODE V KRASU KOT OSNOVA ZA NAČRTHNO TRAJNOSTNO GOSPODARJENJE S PROSTOROM

Janja Kogovšek*

Povzetek

Pogoste nesreče na kraškem površju, tako izlitja nevarnih snovi ob prometnih in industrijskih nesrečah kot tudi vse druge vrste onesnaževanja kraškega površja, ogrožajo kakovost kraške vode. V primeru, ko pride do onesnaženja na območju zaledja kraškega izvira, ki je zajet za oskrbo prebivalstva s pitno vodo, je lahko ogroženo tudi zdravje ljudi. V preteklosti je bilo potrebno že večkrat zaradi onesnaženja izključiti tak vodni vir za določen čas iz vodnega omrežja. V primeru večjega onesnaženja pa je potrebno iskati celo nadomesten vir. Za trajnostno gospodarjenje s kraškimi vodami v okviru načrtnega in dolgoročnega gospodarjenja s kraškim prostorom je nujno poznavanje zaledij kraških izvirov, ki so zajeti za vodovode, saj le tako lahko načrtujemo ustrezne dejavnosti na površju in sočasno trajnostno zagotavljamo zdravo pitno vodo.

Uvod

Slovenija je izrazito kraška dežela. Kras je zaradi svojih naravnih značilnosti zelo občutljivo okolje. Naravne lastnosti krasa, ki so odvisne od geoloških in hidrogeoloških značilnosti, opisujemo kot ranljivost krasa. Ta omogoča oceno občutljivosti krasa na različne vplive onesnaževanja.

Številni primeri onesnaženja krasa v preteklosti so pokazali, da na kraškem svetu sanacije niso učinkovite in da je nujna preventiva. Ker pa se le ne moremo popolnoma izogniti določenemu številu nesreč, moramo biti nanje čim bolj pripravljeni. Ob morebitni nesreči je potrebno predvsem hitro in pravilno ukrepanje, ki mora temeljiti na ustrezni predhodni pripravi in strokovno izdelanih projektih, povzetih v zakonsko sprejetih kodeksih varovanja kraških vodnih virov (Kogovšek & Petrič, 2002a).

Varovanja krasa se moramo lotiti celovito, pri čemer je temeljni pogoj dobro poznavanje krasa, predvsem zaledij zajetih kraških izvirov kot tudi potencialnih vodnih virov. Tako upravljavci vodovodov kot tudi onesnaževalci morajo biti seznanjeni z razlogi in načini varovanja kraške vode. Zelo pomembna je tudi vzgoja in izobraževanje mladine in širše javnosti.

Kraške vode ogrožajo naselja, industrija, kmetijstvo, promet in drugo. Skoraj ni dejavnosti, ki ne bi proizvajala odpadkov ali odpadnih voda in v različni meri onesnaževala kras in kraške vode. Kmetijstvo povzroča razpršeno onesnaževanje kraškega površja zaradi gnojenja in uporabe zaščitnih snovi, medtem ko izpusti odpadnih voda, odlagališča odpadkov ter razlitja nevarnih snovi ob raznih nesrečah pomenijo točkovno onesnaženje.

V preteklosti je prihajalo kar pogosto do prometnih nesreč, v katerih so bili udeleženi prevozniki naftnih derivatov. Ker promet narašča, je tudi verjetnost takih nesreč kljub dosedanjim opozorilom in izkušnjam še vedno velika. Prišlo je tudi do izlitij naftnih derivatov na nekraškem svetu, od koder pa vodotoki odtekajo do krasa in vanj ponikajo. To pomeni, da je vplivno območje kraških voda večje, kot je samo območje krasa.

* Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija, kogovsek@zrc-sazu.si

Nesreče na krasu

Najbolj onesnažene so tiste kraške vode, ki se stekajo z gosto naseljenega krasa z razvito obrtjo, industrijo in turizmom, saj številna naselja z industrijo še nimajo čistilnih naprav. Te bi zadovoljivo očistile odpadne vode pred izpusti v reke ponikalnice, ki nato ponikajo v kras. Tudi onesnaževanje na obrobem nekraškem svetu, kjer površinski vodni tokovi odtekajo v smeri kraškega sveta in vanj ponikajo, enako vpliva na kakovost kraške vode. Temu onesnaževanju pa se pogosto pridružujejo še razlitja nevarnih in škodljivih snovi ob nesrečah v prometu, industriji in drugod. Kot zelo škodljivi so se pokazali naftni derivati. Ker niso topni v vodi, in se torej ne mešajo z vodo, se njihov prenos skozi kras razlikuje od prenosa topnih snovi. Vendar pa so opazovanja posledic po razlitju naftnih derivatov v preteklosti pokazala, da ubirajo vodne poti in da so za njihov prenos pomembne padavine.

Pred več kot tremi desetletji se je v vrtačo na Ravbarkomandi pri Postojni zvrnila cisterna s 25 000 l jedilnega olja. Po nekaj urah je bila v dnu vrtače le še rumena lisa. Oktobra 1976 sta na progi med Rakekom in Planino trčila dva tovorna vlaka in izteklo je 60 ton nafte. Na srečo se to ni zgodilo na odseku Postojna-Rakek, saj bi bila v takem primeru ogrožena kakovost Malenščice. Ker ni bila ogrožena kakovost pitne vode, tedaj niso bili sprejeti nobeni zaščitni ukrepi niti opravljene raziskave, kam je odtekla nafta. Kasneje so v naraslih jesenskih vodah opazili sklenjen oljni madež v Mali Ljubljani (Habič, 1988).

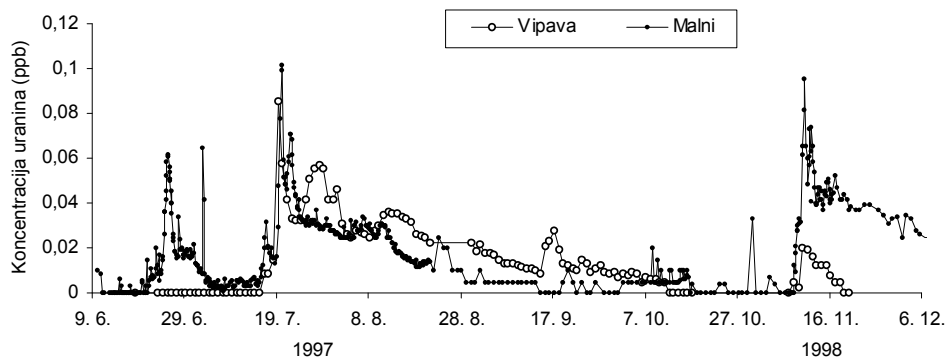
V začetku maja 1984 je iz Petrolovega skladišča v Postojni izteklo 18 000 l naftnih derivatov. Ker je bilo v preteklosti izvedeno sledenje v neposredni okolici skladišča, ki je pokazalo, da se v sušnih razmerah sledilo pojavi po 16 do 18 dneh v 6 km oddaljenem izviru Malenščice, so nafto pričakovali v tem izviru. Vendar se v Malenščici ni pojavila in se ne ve, kam je odtekla. Nesreča z naftnimi derivati se je leta 1991 zgodila tudi v Tovarni kemičnih kondenzatorjev (KEKO) v Žužemberku, kjer je v daljšem obdobju zaradi napake na napeljavi izteklo v kras 30 000 litrov kurilnega olja. Ker se je le-to zadržalo dalj časa v izoliranem oljnem madežu in je le počasi odtekalo v Krko, ni prišlo do takojšnjih usodnih posledic za rečno živalstvo. Pogosta so tudi izlitja naftnih derivatov ob prometnih nesrečah. Do takih izlitij je prišlo oktobra 1993 pri Kozini in oktobra 1994 pri Obrovu (Kogovšek, 1995). In še bi lahko naštevala.

Ugotavljanje podzemnega pretakanja vode v krasu kot osnova načrtne rabe prostora

V zadnjih letih se končno le udejanja spoznanje o potrebi raziskovanja pretakanja podzemnih kraških voda ob načrtovanju posegov v kraškem prostoru. Sledilni poskusi z umetnimi sledili (fluorescentnimi sledili) so se pokazali kot zelo uporabna metoda, tako za ugotavljanje smeri kot hitrosti pretakanja vode in morebitnega onesnaženja (Kogovšek & Petrič, 2003). Prvo tako sledenje je bilo leta 1991 z dvorišča tovarne KEKO, da bi ugotovili, kam je odtekalo kurilno olje. Leta 1997 je bilo naročeno in izvedeno sledenje kraških voda z območja vojaškega poligona Poček z območja Javornikov, leta 1999 sledenje Tržiščice zaradi načrtovanja razširitve skladišč naftnih derivatov pri Ortneku in leta 2001 sledenje ob načrtovanju 2. tira železnice Koper–Divača, ko smo injicirali sledilo v ponor pri Ocizli, da bi preučili vpliv te gradnje na kraške vode.

Vojaški poligon Poček na Javornikih

Sledenje z območja vojaškega poligona Poček na kraškem območju Javornikov je naročilo Ministrstvo za obrambo, da bi ugotovili možen vpliv dejavnosti na Počku na zajeti izvir Malenščico. Rezultati, ki sem ji že predstavila (Kogovšek, 1999, 2001), so pokazali, da se padavine raztekajo v različnih smereh in z njimi morebitno onesnaženje. Skozi Malenščico je izteklo kar 55 % injiciranega sledila, največji del skoraj pol leta po injiciranju, v času intenzivnih in izdatnih jesenskih padavin. Uranin je iztekal tudi skozi 25 km oddaljen (zračna razdalja) izvir Vipave, ki je zajet za pitno vodo (Slika 1).



Slika 1 - Pojav sledila v Malenščici in Vipavi po injiciranju na Počku

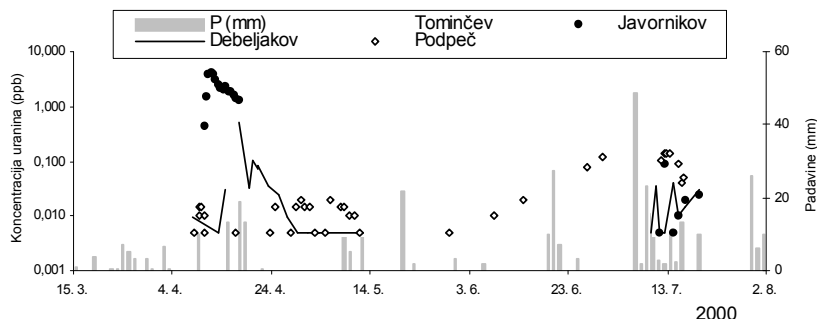
Načrtovanje razširitve skladišča naftnih derivatov pri Ortneku

Ob nesreči v skladišču naftnih derivatov pri Ortneku oktobra 1998, ko je iztekla neznana količina plinskega olja v bližnji potok, nato pa po Tržiščici skozi ponor Tentera v kras, so opazovali izvir Globočec, ki je zajet za vodno oskrbo Suhe krajine s pitno vodo. Glede na rezultate sledenja Tržiščice ob nizkem vodostaju (Novak, 1985, 1987) so namreč pričakovali, da bo plinsko olje odtekalo tudi v Globočec. Takojšnje analiziranje vode in kasnejši monitoring s fluorescenčnim spektrofotometrom sta pokazala, da se je plinsko olje pojavljalo v izviru po izdatnejših padavinah do maja 1999, vendar le nekajkrat v koncentracijah nekoliko nad 0,01 mg/l, medtem ko so občasno beležili prisotnost derivatov in nekoliko pogosteje značilen vonj. Prek poletja s skromnimi padavinami niso beležili povečan prisotnosti derivatov vse do začetka oktobra, čeprav bi ob nizkem vodostaju po padavinah glede na omenjena sledenja pričakovali pojav plinskega olja. Kljub sorazmerno majhnemu onesnaženju Globočca pa so morali prebivalstvo kar lep čas oskrbovati z vodo iz cistern.

V okviru načrtovanega povečanja skladišča naftnih derivatov pri Ortneku smo po naročilu Zavoda RS za blagovne rezerve izvedli sledenje, saj se rezultati starih sledenj (Novak, 1985, 1987) niso pokazali kot zanesljivi. Sledilni poskus je v pogojih upadanja pretokov od srednjih do nizkih vod (ocenjeni pretok Tržiščice ob injiciranju je bil med 300 in 400 l/s, pretok Globočca pa je v času vzorčenja upadal od 750 l/s do 90 l/s) pokazal, da voda Tržiščice odteka najprej predvsem v Tominčev studenec (s hitrostjo 4,6 cm/s) ter nekoliko počasneje v Javornikov in Debeljakov izvir pri Dvoru (Kogovšek & Petrič, 2002b). V znatno manjši meri in z velikim časovnim zamikom (82 dni po injiciranju), ob močno upadlem nivoju vode v krasu, se je uranin po ponovnih padavinah pojavil tudi v Podpeški jami (Slika 2). Po nadaljnjih padavinah v juliju je bil uranin prisoten tako v

izvirih pri Dvoru kot v Podpeški jami ter v Šici pri Mali Račni na Radenskem polju. V opisanih hidroloških razmerah pa nismo ugotovili pričakovane povezave z izvirov Globočcem, ki smo ga sicer vzorčili najbolj podrobno.

Sledenje in pojav plinskega olja v Globočcu po razlitju pri Ortneku sta pokazala, da se pretakanje v krasu zelo spreminja in je odvisno od hidroloških razmer. Večina sledila, ki je dobro topno v vodi, je v koncentrirani obliki odtekla po v danih hidroloških razmerah najbolj prepustnih razpoložljivih kanalih. Del sledila se je zadržal v podzemlju daljši čas



Slika 2 - Pojav sledila v izviroh pri Dvoru in v Podpeški jami

in je iztekal ob nižjih vodostajih po padavinah še v drugih razpoložljivih smereh. Glede na dosedanje izkušnje s snovmi, ki se z vodo ne mešajo oz. se v njej ne raztapljajo, vidimo, da se take snovi spirajo dalj časa v manjših količinah oz. gre za akumuliranje in daljše iztekanje.

Primer onesnaženja Globočca s plinskim oljem pokazal, da tudi v primeru, če gre za sorazmerno majhno onesnaženje z nevarno snovjo, pomeni to lahko težke posledice. Zatorej bi bilo potrebno glede na dosedanje izkušnje ob načrtovanju dejavnosti na krasu, pa tudi na nekraškem svetu, ki je vplivno območje kraških voda, podrobno preučiti podzemno pretakanje voda ob različnih hidroloških razmerah ter upoštevati tudi vrsto možnega onesnaženja, ki lahko vpliva na kakovost pitne vode zajetij in potencialnih zajetij. V primeru nevarnejše snovi, ki že v zelo nizkih koncentracijah ogroža kakovost pitne vode, so tudi slabe povezave le ob določenem hidroloških razmerah lahko usodne.

Načrtovanje 2. tira železnice Koper-Divača

V Sloveniji v zadnjem desetletju pospešeno gradimo prometne povezave, ki potekajo tudi po kraškem svetu, saj je slaba polovica Slovenije kras. Ob načrtovanju 2. tira železnice Koper–Divača smo preučili vpliv te gradnje na kraške vode.

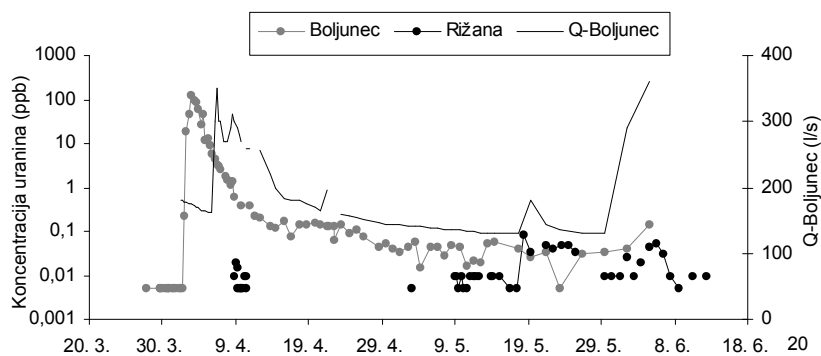
Na ožjem obravnavanem območju so najpomembnejši izviri Rižana, Osapska Reka in Boljunc na italijanski strani. Na stiku kraškega vodonosnika z neprepustnim flišem so še številni manjši izviri, ki pa so lokalnega značaja. Najbližje trasi predvidene železnice so ponori Beško-Ocizeljskega jamskega sistema, ki skupaj drenirajo 3,5 km² veliko flišno površje (Kogovšek & Petrič, 2003).

Da bi ugotovili, kam odteka voda s tega območja (Timeus, 1928, navaja zvezo z izviri v Boljuncu), predvsem ali obstaja povezava z zajetim izvirov Rižano oz. na katere izvire bi vplivalo morebitno onesnaževanje z območja železnice ob gradnji in kasneje ob njeni uporabi, smo izvedli sledilni poskus. Sledilo smo injicirali v Jamo s slapom na nadmorski višini 348 m konec marca 2001, v katero je tedaj ponikal potok s pretokom 32 l/s.

Po pričakovanju je sledilni poskus pokazal najbolšo povezavo z izviro Pri pralnici v Boljuncu in v prelivnem izviru Jama, ne pa tudi v izviru Na placu, ki se tudi po fizikalno-kemičnih parametrih razlikuje od izvira Pri pralnici. Uranin se je v izviru Pri pralnici pojavil še pred padavinami, 84 ur po injiciranju. Tudi vrh sledilnega vala in glaven prenos sledila skozi izvir se je zgodil ob stalno upadajočem pretoku, ko je v 4 dneh skozi izvir izteklo 84 % injiciranega sledila. Navidezna hitrost pretakanja glede na maksimalno koncentracijo je bila 33 m/h. Sledil je dež, ki je povečal pretok šele 6. aprila, ko je bila sledilna krivulja že v upadanju in je vplival le na intenzivnejše spiranje zaostalega uranina. Njegova koncentracija je izrazito upadala še teden dni, nato pa zmerno do konca aprila, ko je dosegala vrednosti pod 0,05 ppb. Ob naraslem pretoku v začetku junija je zopet prišlo do spiranja zaostalega sledila. Do tedaj je skozi ta izvir izteklo že 91 % injiciranega sledila, verjetno pa so manjše količine iztekale še po sledečih padavinah.

Sledenje ni pokazalo vodne povezave z Osapsko Reko, ki je 22. aprila presahnila, niti z manjšimi izviri. Znatno manj izrazit pojav injiciranega sledila kot v Boljuncu smo ugotovili v Rižani.

V Rižani smo prve sledi uranina določili 10 dni po injiciranju, ko je pretok dosegel vrh vodnega vala ob pretoku 16,3 m³/s. Vsebnost uranina je nato upadla pod mejo določljivosti. Opaznejša povečanja koncentracije uranina (do 0,08 ppb) pa smo zabeležili šele 50 dni po injiciranju, ob nizkem, upadajočem pretoku, ko smo določili koncentracije do 0,64 m³/s. V začetku junija je prišlo do oblikovanja vodnega vala z maksimalnim pretokom 5 m³/s in do ponovnega spiranja uranina (do 0,055 ppb). Skozi Rižano se izteka dobra 2 % injiciranega sledila, spiranje uranina pa se je verjetno še nadaljevalo. Skupno je skozi oba izvira v dveh mesecih in pol izteklo 93 % injiciranega sledila (Kogovšek & Petrič, 2003).



Slika 3 - Pojav sledila v izvirih v Boljuncu in v Rižani

Sklepi

Sledilni poskusi na slovenskem krasu so v zadnjem desetletju pokazali sorazmerno široko raztekanje voda, ki pa se v odvisnosti od hidroloških razmer spreminja. Ugotavljamo, da prihaja pogosto ob različnih hidroloških pogojih do pretakanja vode v različnih smereh. Le sledenje, ki traja dovolj dolgo, lahko poda popolno sliko, tudi smeri, v katerih odteka voda le ob zelo nizkih vodostajih. Torej moramo biti v primeru onesnaženja na krasu pa tudi na bližnjem nekraškem svetu, ki je vplivno območje kraških voda, pozorni ne le na prvo intenzivno odtekanje onesnaženja, temveč tudi na močno zakasnelo pretakanje, posebno še v izvire, ki so zajeti za vodovode. Zelo pomembna je tudi vrsta polutanta, saj imajo nevarne in strupene snovi usodne posledice že v zelo nizkih koncentracijah.

Literatura

- Habič, P., 1988: Ogroženost kraških voda zaradi izlivov škodljivih tekočin. *Ujma*, 2, 83-86. Ljubljana.
- Kogovšek, J., 1995: Izlitja nevarnih snovi ogrožajo kraško vodo : onesnaženje Rižane oktobra 1994 zaradi izlitja plinskega olja ob prometni nesreči pri Obrovu. *Annales*; Vol. 5, No. 7, pp. 141-148, Koper.
- Kogovšek, J., 1999: Nova spoznanja o podzemnem pretakanju vode v severnem delu Javornikov (Visoki kras). *Acta carsologica*; No. 28/1, pp. 161–200, Ljubljana.
- Kogovšek, J., 2001: Sledenje kraških voda – primer izvira Malenščice. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2001. Zbornik predavanj, Ljubljana.
- Kogovšek, J., Petrič, M., 2002a: Ogroženost kraškega sveta. V: UŠENIČNIK, Bojan (ur.). *Nesreče in varstvo pred njimi*. Ljubljana: Uprava RS za zaščito in reševanje Ministrstva za obrambo, 2002, str. 170-183.
- Kogovšek, J., Petrič, M., 2002b: Podzemno raztekanje vode iz ponora Tržiščice (JV Slovenija). *Acta carsologica*; No. 31/2, pp. 75–91, Ljubljana.
- Kogovšek, J., Petrič, M., 2003: Tracing tests as a tool for the estimation of possible impacts of human activities on karst waters - examples from Slovenia. *RMZ-mater. geoenviron.*, 2003, letn. 50, št. 1, str. 161-164.
- Kogovšek, J., Petrič, M., 2004: Advantages of longer-term tracing – three case studies from Slovenia. *Environmental Geology*. Published online: 31. August 2004.
- Novak, D., 1985: Izvir Globočec in njegovo zaledje. *Naše jame*; No. 27, pp. 5-9. Ljubljana.
- Novak, D., 1987: Podzemeljski vodni tokovi na Dolenjskem. *Dolenjski kras*, 2, 23-27, Novo mesto.
- Timeus, G., 1928: *Nei misteri del mondo sotterraneo*. *Alpi Giulie*, 29/1, 1-40, Trieste.