ALTERNATOR
Misliti znanost.

So legende o jarmih z dekličinimi lasmi resnične?

29. 6. 2020

Številka: 31/2020

Avtorici:

- Nataša Ravbar
- Metka Petrič



Foto: Arne Hodalič

Matej si je oblekel Tyvekovo zaščitno obleko in si čez glavo poveznil kapuco. Čez obraz si je previdno nadel zaščitno masko in na roke plastične rokavice. Bil je pripravljen in kamera je stekla. Režiserka Anja še vedno ni bila prepričana, kako bodo gledalci sprejeli ta kader. Seveda se takrat ni zavedala, da bodo le čez leto dni prizori z zdravstvenimi delavci v popolni zaščitni opremi stalnica v praktično vseh medijih.

Matej je pazljivo vlil vnaprej pripravljeno raztopino živo zelene fluorescentne barve v manjšo ponikalnico. Na ta način pogosto iščemo odgovore na vprašanja o tem, kako se pretakajo vode v krasu, in Anja je skupaj z ekipo o našem delu pripravila dokumentarno-izobraževalno oddajo (https://4d.rtvslo.si/arhiv/ugriznimo-znanost/174609769) .

Za kras je značilno, da površinsko tekoče vode navadno ni, saj v obliki padavin ali rek ponikalnic nemudoma ponikne v podzemlje. Tam se pretaka po očem skritih poteh in se zopet pojavi v vodnih jamah in izvirih. V Sloveniji imamo nešteto takšnih primerov podzemnih vodnih povezav, najbolj razvejane, z vmesnimi prekinitvami površinskega toka preko kraških polj, so prav gotovo v zaledju izvirov Ljubljanice, imenovane tudi Reka sedmerih imen. V Evropi je najbolj zanimiva povezava ponorov v strugi Donave pri Immedingenu in Fridingenu na jugu nemške zvezne dežele Baden-Württemberg s približno petnajst kilometrov oddaljenimi izviri reke Aach v povirnem delu Rena. To dokazuje, da si dve največji reki Evrope delita porečje, in razvodnice med njima v tem delu ne moremo potegniti.

Prepoznavanje in razumevanje podzemnih vodnih povezav vzbujata zanimanje že stoletja. Pogosto o njih pričajo pripovedke in legende, ki navadno govorijo o zalih dekletih z volovskimi vpregami. Potem ko so te nesrečno končale v

požiralnikih, je jarem z dekličinimi lasmi priplaval na površje pri kakšnem izviru. Najbolj neposredno pa lahko podzemne vodne povezave proučujemo s pomočjo sledenj z umetnimi sledili.



Foto: Nataša Ravbar

Enega prvih takšnih poskusov je leta 1599 opravil oče Pietro Imperato na območju matičnega krasa med Slovenijo in Italijo. Uporabil je obarvan les, ki ga je vrgel v različne jame z vodnim tokom. Želel je dobiti več informacij o povezavi v Škocjanskih jamah ponikajoče reke Reke in izviri Timave v Tržaškem zalivu. Ta vodotok so še večkrat z različnimi metodami sledili številni drugi. Na primer, pred slabimi sto leti je profesor Sella iz Rovinja v Reko izpustil večjo količino označenih jegulj. Po letu dni so jih osem odstotkov polovili v izvirih Timava.

Nekatere povezave pa so bile odkrite čisto slučajno, na primer ob nesrečah, kakršna je bila požar žganjarne blizu kraja Pontarlier na vzhodu Francije leta 1901, ko so, da bi preprečili silovito eksplozijo, v reko Doubs zlili 600.000 litrov absinta in žganja. Po dveh dneh se je voda v petnajst kilometrov oddaljenem izviru Loue obarvala motno zeleno-belo in imela značilen vonj po absintu. Prvi kvantitativni sledilni poskus pa je bil opravljen leta 1877. Z njim so želeli ugotoviti značilnosti pretakanja v sistemu Donava - Aach.

Na začetku se je metoda sledenja večinoma uporabljala za določanje povezav med ponikalnicami in izviri, kasneje pa se je razvila in omogočila pridobivanje podrobnejših informacij o značilnostih pretoka podzemne vode in prenosa snovi v različnih delih kraškega sistema.

Injiciranje je najbolj spektakularen, a manj zahteven del poskusa

Z Matejem smo pred injiciranjem sledila dobro proučili območje, kamor bi se ponikla voda lahko stekala. Raziskava je poglavitni del projekta »Žegnan studenec (https://www.obcina-recica.si/objava/195559) «, v okviru katerega želi lokalno prebivalstvo pridobiti več informacij o tem, ali in na kakšen način bi lahko ta izvir uporabili za oskrbo z vodo. V ta namen smo natančno skartirali geološke značilnosti prispevnega območja, večkrat izmerili pretoke ponikalnice in bližnjih izvirov. Spremljali smo osnovne naravne značilnosti teh voda, kot sta temperatura in specifična električna prevodnost. Pred injiciranjem smo vse lokacije, kjer bi bile glede na geološke in hidravlične značilnosti vodonosnika povezave z mestom vnosa sledila možne, opremili s posebnimi napravami, ki nam bodo med poskusom samodejno vzorčile vodo. Na ta način smo pridobili tudi slepe vzorce, torej stanje pred injiciranjem, za katero vemo, da ni zaznamovano s sledilom.


Foto: Matej Blatnik

Umetna sledila so namreč snovi, ki jih človek vnese v vodonosnik, navadno z nekim raziskovalnim namenom, in jih moramo ločiti od naravnih sledil. Slednje so snovi ali parametri, ki so naravno prisotni v vodi, npr. temperatura, izotopi, specifični ioni in podobno. Kot umetna sledila pa navadno uporabljamo različne soli, kot so jodirana, litijeva, kalijeva, fluorescentna barvila, pa tudi trose in bakteriofage.

Matej je uporabil uranin, ki poleg različnih vrst rodaminov, eozina, tinopala in drugih sodi v skupino fluorescentnih sledil. To so organske snovi, ki absorbirajo svetlobo na določenih valovnih dolžinah in jo oddajajo v območju daljših valovnih dolžin. Dostopna so v obliki izredno finega prahu, zato strog izvedbeni protokol injiciranja zahteva upoštevanje ukrepov preprečevanja morebitnega navzkrižnega ali lažnega kontaminiranja vzorcev s sledilom. Zaradi tega mora Matej pri injiciranju nositi posebno zaščitno obleko, kasneje pa pri vzorčenju ne sme sodelovati.

Uranin ali natrijev fluorescein je barvilo zelenega barvnega spektra. Sodi med najbolj pogosto uporabljena sledila, ker je zelo topen, relativno poceni in ima s koncentracijo 0,005 µg/L izjemno nizko raven določljivosti, kar je več kot 1000-krat manj od meje vidljivosti. Njegova dobra lastnost je tudi ta, da se težje veže na glinene minerale, ki so pogosto prisotni v krasu. Precej višjo mejo določljivosti, pogosto več µg/L, ima na primer naftionat, sledilo ultravijolično-modrega spektra, vendar je tudi v zelo visokih koncentracijah očem neviden in ga uporabimo v primerih, ko si zares ne želimo, da bi se v vidni obliki pojavilo na izviru. To obsega raziskave v zaledju pomembnih vodnih virov, virov vode za zdravilišča in podobno.

Čeprav v Sloveniji zakonskih priporočil o izvedbi sledilnih poskusov ni, pri našem delu uporabljamo snovi, ki zdravju in okolju niso škodljive. Glede na to, da jih je mogoče zaznati v zelo nizkih koncentracijah, se trudimo, da z vneseno količino ne pretiravamo. Izračun primerne količine injiciranega sledila nam predstavlja najtežji del priprav. Pri določanju nam je vodilo ciljna koncentracija sledila na točkah, za katere predvidevamo, da se bo pojavilo, in razdalja od mesta injiciranja. Če gre za večje in bolj zapleteno zgrajene vodonosnike, iz katerih iztekajo izviri s po več deset m^3/s pretoka, poskus terja znatno večje količine injiciranega sledila. Prav tako je treba injicirati več, če sledilo razpršimo po površju, s katerega pričakujemo večje izgube. Na primer, v vrtino pri Štorjah smo injicirali 48 kg uranina, da smo ga lahko v pričakovanih koncentracijah zaznali v več kot dvajset kilometrov oddaljenih izvirih Timava in Brojnica pri Nabrežini.

Mesto in način injiciranja sta vedno določena glede na vprašanje, na katero iščemo odgovore. Posamezni projekti so usmerjeni v iskanje določenih virov onesnaženja, oceno vpliva obstoječih ali načrtovanih človekovih dejavnosti na podzemne vode in podobno. Lahko si izberemo več injicirnih točk hkrati, vendar moramo v teh primerih obvezno uporabiti več različnih sledil.

Vsakokrat z nestrpnostjo pričakujemo rezultate

Minila sta dva dneva, odkar je Matej injiciral sledilo, in čas je za pobiranje vzorcev iz samodejnih vzorčevalnikov. Že dan prej sva si pripravili vse potrebno in preden sva odšli, sva še enkrat preverili. Dva napolnjena avtomobilska akumulatorja, plastenke za vzorčevalnika, prazne stekleničke, kamor bova prelili vzorce, nalepke z vnaprej pripravljenimi oznakami vzorca, napolnjen računalnik za prevzetje podatkov s samodejnih merilcev fluorescence, ključi, ki nama omogočajo odpiranje škatel z akumulatorji, zvezek za beleženje opomb, škornji in še nekaj priročnih izvijačev, vse je bilo nared.

Zapeljali sva najbližje izvirom, kar se da. Vseeno naju je čakalo nekaj hoje po ozki stezici navkreber. Brez prtljage bi bil to mačji kašelj, otovorjeni z vso težko opremo pa sva sopihali s precej godrnjanja in preklinjanja pri sebi. Še posebej, ker ta dan ni šlo vse po maslu. Čeprav naju je na izviru pozdravil majhen sramežljivi močerad, naju je vznejevoljila napol zarjavela ključavnica, ki se ni hotela vdati. Potem je pa še računalnik iz neznanih razlogov imel težave s prenosom podatkov. Na srečo so bili vzorci vsi vzeti, kot je treba, na vsaki dve uri, brez izpada.

Do analize morajo vzorci čakati na hladnem in temnem, da preprečimo razgradnjo sledila, celotna ekipa pa vsakokrat z nestrpnostjo pričakuje rezultate. Vzorčenje in analiziranje je sicer najdražji del izvedbe sledilnega poskusa, a vedno se trudimo, da poskusa ne končamo, dokler sledilo v zanesljivih koncentracijah še izteka iz sistema. Navadno se proti koncu sledilnega poskusa sledilo pojavi le še po vsakem izdatnejšem deževju. Pri nadaljnjem načrtovanju vzorčenja nam je v pomoč tudi podatek o deležu povrnjenega sledila. Ta je redko stoodstoten in je močno odvisen od načina injiciranja, od tipa sledila in od značilnosti proučevanega območja. Če pri uraninu, ki upravičeno velja za skoraj idealno sledilo, na izviru izteče recimo sedemdeset odstotkov injicirane količine, smo z rezultatom že zelo zadovoljni. Pri naftionatu, ki ima bistveno višji prag določljivosti in je zelo podvržen absorpciji in degradaciji ob višjih temperaturah, smo lahko zadovoljni z že okoli dvajsetodstotnim deležem povrnjene mase.

Med časovno najdlje trajajoča sledenja štejemo poskus, ki se je osredotočil na dinamiko iztekanja vode iz nezasičene cone nad Postojnsko jamo. Šlo je za specifično raziskavo, saj so bile vzorčne točke znotraj kraškega sistema, v curkih Postojnske jame. Šele po dobrih treh letih je iztekanje sledila doseglo najvišje koncentracije, celoten poskus pa je trajal osem let. Zelo dolgo trajajoč je bil tudi sledilni poskus z osrednjega dela Javorniško-snežniškega sistema, ki je zajemal kar dvanajst vzorčnih točk in je trajal leto in pol.

Poleg potrdila, ali sta dve točki medsebojno povezani ali ne, nas zanima tudi, kakšne so hitrosti pretakanja voda v podzemlju. Govorimo o navideznih hitrostih, ker dejanske poti, ki ga opravi sledilo skozi kraško podzemlje, ne poznamo. Izračunamo jo na podlagi zračne razdalje med točko vnosa in pojavom sledila ali njegove maksimalne koncentracije. V primeru dobro prepustnih in povezanih podzemnih vodnih poti hitrosti lahko dosegajo vrednosti več sto m/h.

Vse informacije so zbrane v prosto dostopni podatkovni zbirki

V dobrih sto letih je bilo na slovenskem krasu opravljenih več kot 230 sledilnih poskusov, ki se razlikujejo glede na namen izvedbe, vrsto in načina vnosa sledila, njegovega zaznavanja ter uporabnosti dobljenih rezultatov. Zaradi potreb po sistematičnem in hitro dostopnem digitalnem pregledu teh izsledkov smo na Inštitutu za raziskovanje krasa ZRC SAZU na podlagi pregleda objavljene literature in dostopnih poročil zbrali poglavitne informacije vseh teh sledilnih poskusov in oblikovali posebno bazo (https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102191) , ki je prosto dostopna na Atlasu okolja, prostorsko informacijskem sistemu Agencije RS za okolje.

Baza je koristen vir informacij in idej za nadaljnje raziskave na področju zaščite kraške podzemne vode. Omogoča hiter in enostaven način dostopa do informacij o toku podzemne vode in prenosu snovi tako raziskovalcem kot tistim, ki so zadolženi za razvoj, sprejemanje in izvedbo okoljskih ukrepov, pa tudi širši javnosti, ki jo kraške vode zanimajo. Zelo koristna je lahko v procesu celovitega upravljanja s kraškimi vodnimi viri, še posebej ob neposredni nevarnosti onesnaženja pri izrednih dogodkih, kakršna sta bila požar tovarne izolacijskih plošč v Podskrajniku in iztirjenje vlaka s kerozinom pri Hrastovljah, ki sta zaradi ogrožanja kakovosti naših največjih kraških vodnih virov zahtevala hitro in učinkovito ukrepanje.

* Prispevek je nastal v sklopu projekta »Trajnostno zagotavljanje endogenih vodnih virov – Žegnan studenec (https://www.obcina-recica.si/objava/195559) «, financiranega s sredstvi Evropske unije iz Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja ter Republike Slovenije iz Programa razvoja podeželja.