Standardni projekt Skupni geoinformacijski sistem (GIS) za varovanje virov pitne vode v izrednih dogodkih z akronimom

GEP

sofinanciran v okviru Programa čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013 iz sredstev Evropskega sklada za regionalni razvoj in nacionalnih sredstev.

Delovni sklop 6: Hidrogeološka nadgradnja GIS virov pitne vode.
Aktivnost 3: Študija procesov širjenja onesnaževal.

Naslov študije:

SLEDILNI POSKUS NA LOKACIJI MALO POLJE PRI COLU

Nosilec in izvajalec:
PP1 - Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU

REPUBLIKA SLOVENIJA
SLUŽBA VLADE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA RAZVOJ IN EVROPSKO KOHEZIJSKO POLITIKO

Ministero dell'Economia e delle Finanze

2007-2013 cooperazione territoriale europea programma per la cooperazione transfrontaliera Italia-Slovenia
evropsko teritorialno sodelovanje program čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija

Investiamo nel vostro futuro!
Naložba v vašo prihodnost!
www.ita-slo.eu
Progetto cofinanziato dal Fondo europeo di sviluppo regionale
Projekt sofinancira Evropski sklad za regionalni razvoj

ZNANSTVENORAZISKOVALNI CENTER
SLOVENSKE AKADEMIJE
ZNANOSTI IN UMETNOSTI

45/111-5/14
21.10.2014

SLEDILNI POSKUS NA LOKACIJI MALO POLJE PRI COLU

Projekt: GEP: Skupni geoinformacijski sistem za varovanje virov pitne vode v izrednih dogodkih (Program čezmejnega sodelovanja Slovenija - Italija 2007-2013).

Izvajalec: Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU
Titov trg 2
6230 Postojna

Izdelali: dr. Metka Petrič, univ.dipl.inž.geol., doktorica geologije,
dr. Janja Kogovšek, univ.dipl.inž.kem.tehn., doktorica krasoslovja.

Sodelavci: dr. Nataša Ravbar, univ.dipl.geograf. in sinol., doktorica krasoslovja,
Franjo Drole, geodetski tehnik,
Mateja Zadel, laboratorijska tehnica,
Leon Drame, samostojni tehnik,
Peter Kozel, mag. biol. in ekol. z naravovarstvom.

Predstojnik
dr. Tadej Slabe.

za Metka Petrič

Znanstvenoraziskovalni center
Slovenske akademije znanosti in umetnosti
Inštitut za raziskovanje krasa
Titov trg 2
6230 Postojna

Inštitut za raziskovanje krasa, Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Karst Research Institute, Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts
Titov trg 2, SI - 6230 Postojna, Slovenia, T. +386 5 700 19 00, F. +386 5 700 19 99, E. izrk@zrc-sazu.si, www.zrc-sazu.si/www/izrk/izrk-s.htm

VSEBINA

Uvod	3
Hidrološke razmere	**3**
Injiciranje sledila, vzorčenje in meritve fluorescence	5
Padavinske in hidrološke razmere v času sledenja	7
Rezultati sledilnega poskusa	8
Sklepi	10
Viri	10

UVOD

Sledilni poskus, ki je opisan v tem poročilu, je bil izveden v sklopu projekta »Skupni geoinformacijski sistem za varovanje virov pitne vode v izrednih dogodkih (GEP)« v Programu čezmejnega sodelovanja Slovenija-Italija 2007-2013. Namen projekta je bil vzpostaviti enoten čezmejni sistem ukrepanja civilne zaščite v primeru ogroženosti virov pitne vode zaradi tehnološkega tveganja in naravnih nesreč na območju Gorenjske, Goriške in Obalno–kraške statistične regije v Sloveniji ter Avtonomne dežele Furlanije-Julijske krajine v Italiji. Pomembna pridobitev projekta je bila hidrogeološka nadgradnja GIS-a virov pitne vode za dve testni območji, eden od teh je bil kraški vodonosnik Trnovsko-Banjške planote, ki napaja številne pomembne vodne vire na obrobju. Za pripravo ustreznih načrtov ukrepanja je bilo potrebno upoštevati hidrogeološke in hidrološke značilnosti območja v njihovem prispevnem zaledju. Kam in kako hitro se bo širilo morebitno onesnaženje namreč lahko uspešno napovemo le, če poznamo značilnosti kamninske zgradbe in hidrogeološke razmere. Za to so potrebne ustrezne predhodne hidrogeološke raziskave.

Na obravnavanem območju so bile v preteklih letih v številnih projektih opravljene osnovne geološke, geomorfološke, speleološke, hidrogeološke, meteorološke in hidrološke raziskave, bolj podrobne študije pa so vključevale tudi hidrokemijske analize in sledilne poskuse (Placer in Čar 1974, Habič 1982, Habič 1987, Čar in Gospodarič 1988, Janež in Čar 1990, Kranjc 1997, Janež s sodelavci 1997, Trček 2003, Turk s sodelavci 2013). V projektu GEP smo zbrali vse obstoječe podatke in jih kritično ovrednotili. Eden izmed problemov, ki jih opravljene raziskave niso zadovoljivo pojasnile, je položaj razvodnice med izviroma Podroteja in Hubelj na območju Križne gore. Zato smo na tem območju izvedli nov sledilni poskus z injciranjem sledila na Malem polju pri Colu.

HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

Po zgoraj omenjeni literaturi povzemamo kratek opis hidrogeoloških razmer. Trnovsko-Banjška planota skupaj z Nanosom sestavlja t.i. Visoki dinarski kras, ki ga omejujejo doline rek Soče, Idrijce, Vipave, Pivke in njihovih pritokov. Pas karbonatnih kamnin je širok 10 do 15 km, dolg okrog 50 km, in zavzema okrog 700 km^2 površine. Prevladujejo globoko zakraseli kredni in jurski apnenci ter triasni dolomiti, ki proti severozahodu potonejo pod mlajšimi, pretežno eocenskimi flišnimi kamninami. Fliš obdaja zakrasele apnence tudi na južni in vzhodni strani in učinkuje kot delna, viseča ali popolna hidrološka pregraja. Na severni strani je kraški vodonosnik obdan s pretežno neprepustnimi srednje in spodnjetriasnimi, delno tudi permskimi in karbonskimi kamninami. Vanje so zarezane površinske doline Belce, Idrijce, Zale in Trebuše. Podzemne kraške vode iztekajo na površju v najnižjih točkah neprepustnega obrobja skozi številne izvire. Največji so Podroteja

in Divje jezero pri Idriji, Hubelj pri Ajdovščini, Lijak in Mrzlek pri Novi Gorici ter Kajža pri Kanalu.

Slika 1: Hidrogeološka karta območja Trnovsko-Banjške planote.

Območje med Hubljem in Malim poljem gradijo v glavnem apnenci jurske starosti, na območju Malega polja pa izdanja glavni dolomit zgornjetriasne starosti, ki prekriva tudi Zadloško in Črnovrško planoto. Zaledje Podroteje in Divjega jezera gradijo spodnjekredni in zgornjekredni apnenci. Za obravnavano območje je značilna narivna struktura. V talnini narivne strukture je Hrušiški pokrov, ki predstavlja neprepustno podlago. Na Idrijskem ležita nad njim Koševniška in Čekovniška vmesna luska, ki ji pripada tudi območje Malega polja. Zgoraj je Trnovski pokrov.

Za določitev razvodnic med prispevnimi zaledji posameznih izvirov je bilo v preteklosti opravljenih več sledilnih poskusov (slika 1). Pri enem od njih je bila kot točka injiciranja sledila izbrana lokacija Malo polje pri Colu. V okviru mednarodnega projekta 7. SWT (Kranjc 1997) so na tem mestu 1. avgusta 1995 ob nizkem vodostaju injicirali 8,5 kg sledila piranina. Zaradi težav pri vzorčenju so v času možnega pojava sledila zajeli le po 5 vzorcev v Podroteji in Divjem jezeru. V njih so zabeležili koncentracije sledila do 0,02 mg/m^3 in na tej osnovi sklepali na možno podzemno vodno zvezo. Navidezna dominantna hitrost pretakanja je bila ocenjena na 14 m/h proti Podroteji in 13 m/h proti Divjem jezeru. V izviru Hubelj sledilo ni bilo zaznano. Zaradi majhnega števila vzorcev in nizke zaznane koncentracije sledila lahko rezultate tega sledenja ocenimo kot nezanesljive.

Vprašanje razvodnice med Hubljem in Podrotejo je bilo obravnavano tudi v sklopu slovensko-švicarskega projekta »Pomen kraških vodonosnikov za gospodarske potrebe (vodooskrba in ugotavljanje ranljivosti vodonosnikov na onesnaženje)« (Turk s sodelavci 2013). Z metodo KARSYS sta bila na osnovi zbranih geoloških kart in profilov ter hidrogeoloških podatkov izdelana 3D geološki in hidrogeološki model vodonosnika Trnovsko-Banjške planote. Glede na položaj neprepustne podlage je bila razvodnica med Hubljem in Podrotejo postavljena nekaj kilometrov severno od Malega polja, ki naj bi se nahajal znotraj prispevnega zaledja Hublja.

Ker obstoječe informacije o raztekanju kraških voda niso omogočale zanesljive določitve prispevnih zaledij obravnavanih izvirov, smo se odločili za izvedbo novega sledilnega poskusa na lokaciji Malo polje pri Colu.

INJICIRANJE SLEDILA, VZORČENJE IN MERITVE FLUORESCENCE

Na območju Malega Polja smo 24. aprila 2014 ob 11. uri s površja v kraško razpoko injicirali 6 kg sledila uranina (slika 2).

Najbolj podrobno smo opazovali izvira Hubelj in Podroteja, na katerih smo postavili avtomatska zajemalnika ISCO 6700 in vzorčili najprej dvakrat dnevno, po prehodu prvega vala sledila pa enkrat dnevno. Vzporedno smo na obeh izvirih fluorescenco merili v 30-minutnih intervalih s terenskima fluorimetroma LLF-M Gotschy Optotechnik in sicer na Podroteji do 10. oktobra 2014 (slika 3) in na Hublju do 22. avgusta 2014 (slika 4).

Slika 2: Injiciranje sledila uranina na lokaciji Malo polje pri Colu.

Slika 3: Postavitev avtomatskega zajemalnika in terenskega fluorimetra v zajetju izvira Podroteja.

Slika 4: Postavitev avtomatskega zajemalnika in terenskega fluorimetra v zajetju izvira Hubelj.

Na izviru Divje jezero smo vzorce zajemali ročno ob povečanih pretokih v obdobju od 24. aprila do 10. oktobra 2014. Kontrolno smo z avtomatskimi zajemalniki ISCO 6700 opremili in vzorce zajemali enkrat dnevno v izvirih Vipava 2 (do 22. maja 2014), Vipava 7 (do 8. avgusta 2014) in Mrzlek (do 20. oktobra 2014). V začetnem obdobju poskusa smo do 3. junija 2014 občasno ročno zajemali vzorce na manjšem izviru V Orešju na Colu.

Zajete vzorce vode smo analizirali v laboratoriju IZRK s fluorescenčnim spektrometrom LS 45 firme PERKIN ELMER pri E_{ex}=491 nm, E_{em}=512 nm direktno iz vzorcev že kmalu po zajemu ter kasneje po določenem času, ko so se morebitni trdni suspendirani delci v vzorcih dobro dekantirali.

PADAVINSKE IN HIDROLOŠKE RAZMERE V ČASU SLEDENJA

Ob injicirnem mestu na Malem polju smo že 18. aprila 2014 postavili dežemer Hobo Onset RG2-M ter merili količino in intenziteto padavin do 10. oktobra 2014. Po nekajdnevnem deževju konec marca 2014 padavine v začetku aprila niso bile pogoste in intenzivne. Potem je med 20. in 23. aprilom padlo skupaj približno 38 mm dežja. Po injiciranju je najprej deževalo med 28. aprilom in 4. majem 2014 (50 mm), potem pa pogosto in dokaj enakomerno skozi celotno obdobje trajanja sledilnega poskusa do oktobra 2014 (slika 5).

Na Podroteji ima Agencija RS za okolje vzpostavljeno hidrološko postajo, s katero v 30-minutnih intervalih merijo nivoje vode v izviru. Posredovali so nam podatke za obdobje od 19. marca do 20. oktobra 2014, za kar se jim zahvaljujemo. Na skupnem toku Idrijce pod izvirom je ARSO samodejna hidrološka postaja Podroteja I, za katero so na www.arso.gov.si dostopni podatki o pretokih Idrijce v 30-minutnih intervalih. Ob zajemanju vzorcev na Divjem jezeru smo odčitali nivo vode na lati na Jezernici (tok od Divjega jezera proti Idrijci) pred mostom (opuščena ARSO hidrološka postaja). V času sledilnega poskusa smo ob različnih vodostajih s konduktometrom WTW 330i ročno merili specifično električno prevodnost in temperaturo vode na Idrijci pred sotočjem z Jezernico, med dotokom iz Jezernice in Podroteje ter pod sotočjem z izvirom Podrotejo ter na obeh izvirih (Podroteja in Divje jezero). Ob upoštevanju obstoječega podatka o pretoku Idrijce pod Podrotejo (ARSO) in razlik v izmerjenih specifičnih električnih prevodnostih ali temperaturah na vseh merilnih mestih smo z uporabo linearne enačbe mešanja ali enačbe masne bilance ocenili pretoke izvirov Podroteja in Divje jezero. Na osnovi primerjave z izmerjenimi nivoji vode ob različnih vodostajih smo za oba izvira postavili enačbo odvisnosti pretoka od nivoja vode. S to enačbo smo za vse izmerjene nivoje vode v obeh izvirih ocenili vrednosti pretokov (slika 5), ki smo jih potem uporabili tudi pri oceni deležev povrnjenega sledila.

V času prvih dveh mesecev po injiciranju so bili sicer pretoki relativno nizki, a so se povečali po vsakem izrazitejšem padavinskem dogodku (slika 5). Od konca junija do oktobra 2014 so bila obdobja nižjih pretokov še krajša in doseženi vrhovi na hidrogramu višji. Za celotno obdobje sledenja lahko rečemo, da je bil nivo podzemne vode v kraškem vodonosniku v zaledju opazovanih izvirov dokaj visok, z vodo pa je bila dobro zapolnjena tudi vadozna cona.

REZULTATI SLEDILNEGA POSKUSA

Injicirano sledilo uranin se je po dobrem mesecu dni pojavilo 28. maja 2014 v 10 km oddaljenem izviru Podroteja, čez dva dni pa še v sosednjem prelivnem izviru Divje jezero (slika 5). Prvi višek krivulje prehoda sledila v Podroteji s koncentracijo 0,43 mg/m^3 je bil zabeležen 5. junija 2014 ob 12:00, maksimalna koncentracija 0,52 mg/m^3 pa 25. junija 2014 ob 0:00. Glede na zračno razdaljo med točko injiciranja in izvirom ter prvim in najbolj izrazitim pojavom sledila smo navidezno maksimalno hitrost podzemnega pretakanja ocenili na 12,6 m/h, navidezno dominantno hitrost pa na 7 m/h. V Divjem jezeru je bila maksimalna koncentracija izmerjena v vzorcu, ki je bil odvzet 30. junija 2014 ob 16:10, ugotovljeni maksimalna in dominantna hitrost pa 11,5 m/h in 5,8 m/h.

Skozi izvir Podroteja je injicirani uranin v značilnih koncentracijah iztekal stalno do konca avgusta 2014, torej kar 3 mesece. V Divjem jezeru so bili skladno z nihanjem pretokov in prelivno naravo izvira spremembe koncentracij bolj izrazite.

Slika 5: Dnevne padavine na Malem polju, pretoki izvirov Podroteja in Divje jezero (različna skala na ordinati), koncentracije uranina ter deleži povrnjenega sledila v izvirih Podroteja in Divje jezero (v slednjem smo ročno zajemali vzorce le občasno, zato krivulja ni sklenjena).

Za izračun deleža povrnjenega sledila smo uporabili ocenjene vrednosti pretokov obeh izvirov. Skozi izvir Podroteja (slika 6) je tako v obdobju opazovanja izteklo nekaj več kot 3 kg ali približno 51 % injiciranega sledila. Ker je bilo v Divjem jezeru vzorčenje le občasno, smo manjkajoče podatke o koncentracijah ocenili le približno na osnovi primerjave s Podrotejo. Ocenjeni delež povrnjenega sledila nekaj manj kot 2 kg ali približno 33% je torej manj zanesljiv. Skupaj je skozi oba izvira torej v času opazovanja izteklo približno 84 % injiciranega uranina, spiranje sledila v manjših koncentracijah pa se je zanesljivo nadaljevalo tudi po koncu naših opazovanj.

V ostalih opazovanih izvirih nismo zaznali pojava sledila v koncentracijah, ki bi omogočale zanesljivo potrditev podzemne vodne povezave.

Slika 6: Glavna smer pretakanja podzemne vode z območja Malega polja pri Colu je proti izviru Podroteja pri Idriji.

SKLEPI

Z območja Malega polja pri Colu podzemna voda odteka proti približno 10 km oddaljenima izviroma Podroteja in Divje jezero pri Idriji. Največji delež injiciranega uranina (51 %) je stekel skozi izvir Podroteja, manjši pa skozi izvir Divje jezero (33 %). Kljub ugodnih hidrološkim razmeram je bilo pretakanje z navideznima dominantnima hitrostma pretakanja 7 in 5,8 m/h relativno počasno. Tudi enakomerno iztekanje v daljšem obdobju treh mesecev kaže na vodonosnik z nekoliko manj razvito kraško drenažno mrežo.

VIRI

Čar, J., Gospodarič, R., 1988: Geološka zgradba in nekatere hidrološke značilnosti bruhalnika Lijaka. Acta carsologica 17, 3–32.

Habič, P., 1982: Kraški izvir Mrzlek, njegovo zaledje in varovalno območje. Acta carsologica 10, 45–73.

Habič, P., 1987: Sledilni poskus na kraškem razvodju med Idrijco, Vipavo in Ljubljanico. Acta carsologica 16, 105–119.

Janež, J., Čar, J., 1990: Kraški izvir Kajža in njegovo zaledje. Acta carsologica 19, 101–138.

Janež, J., Čar, J., Habič, P., Podobnik, R., 1997: Vodno bogastvo visokega krasa. Geologija d.o.o, Idrija, 167 pp.

Kranjc, A. (ur.), 1997: Karst Hydrogeological Investigations in South-Western Slovenia. Acta carsologica 26/1, 388 pp, Ljubljana.

Placer, L., Čar, J., 1974: Problem podzemeljske razvodnice Trnovskega gozda, Križne gore in Črnovrške planote. Acta carsologica 6, 79–93.

Trček, B., 2003: Epikarst zone and the karst aquifer behaviour. A case study of the Hubelj catchment, Slovenia. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 100 pp.

Turk, J., Malard, A., Jeannin, P.-Y., Vouillamoz, J., Masini, J., Petrič, M., Gabrovšek, F., Ravbar, N., Slabe, T., 2013: Interpretation of hydrogeological functioning of a high karst plateau using the KARSYS approach: the case of Trnovsko-Banjška planota (Slovenia). Acta carsologica 42/1, 61-74.