

Obmejni vodonosniki med Slovenijo in Hrvaško – Območje med Kvarnerskim in Tržaškim zalivom

Transboundary aquifers between Slovenia and Croatia – The area between Gulf of Kvarner and Gulf of Trieste

Božidar BIONDIĆ¹, Joerg PRESTOR², Ranko BIONDIĆ¹, Andrej LAPANJE², Sanja KAPELJ¹, Mitja JANŽA², Rada RIKANOVIĆ², Janko URBANČ² & Davorin SINGER¹

¹ Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Geološki zavod Slovenije, Dimčeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenija

Ključne besede: Slovenija – Hrvaška, Smernice 2000/60/EC, obmejni vodonosniki, varstveni pasovi vodnih virov, telo podzemne vode

Key words: Slovenia – Croatia, Directive 2000/60/EC, transboundary aquifers, water resources protection zones, body of groundwater

Kratka vsebina

Smernice Evropske skupnosti (DIRECTIVE 2000/60/EC) opredeljujejo telesa podzemne vode (body of groundwater) kot ločljivo prostornino vode v vodonosniku ali sistemu vodonosnikov. Vsaka članica EU mora opredeliti vsa telesa podzemne vode, ki se že uporabljajo ali pa so v prihodnosti namenjena za izkoriščanje pitne vode. Posebno podrobno je potrebno opredeliti obmejna telesa podzemne vode, to je tista, kjer se podzemna voda v vodonosnikih pretaka z ene strani meje na drugo. V letu 2000/2001 so bile opravljene skupne hrvaško-slovenske raziskave na območju med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom. V okviru teh skupnih koordiniranih raziskav je bila napravljena poenotena hidrogeološka karta v skladu z mednarodnimi standardi, določene so bile obmejne razvodnice in odprta vprašanja glede le-teh, vzpostavljena sta bila skupni geoinformacijski sistem ter mreža vzorčevanj podzemnih vod na reprezentativnih izviri za ugotavljanje njihovega izvora in kakovosti, izveden je bil še sledilni poskus na območju mesta Buje in izvirov Bužini in Gabrijeli.

Vodonosni sistemi na tem obmejnem območju so izrednega pomena za oskrbo z vodo tudi večjih mest kot sta Reka in Koper. Za ohranjanje in optimalno izkoriščanje teh vodonosnikov, kjer so lahko območja napajanja v eni državi, točke izkoriščanja pa v drugi, so nujne vzajemne raziskave strokovnjakov na obeh straneh meje.

Abstract

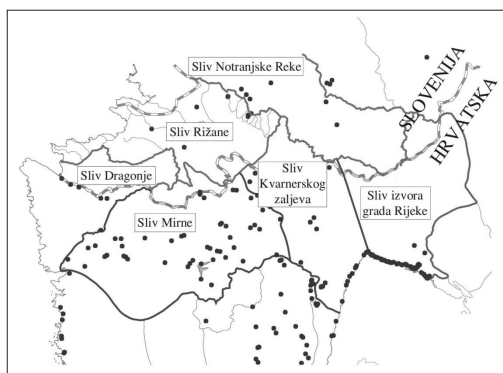
Directive 2000/60/EC is defining body of groundwater as a distinct volume of groundwater within an aquifer or aquifers. Every member state has to identify all groundwater bodies where the water is in the certain amount abstracted or where is intent to abstract for water supply. Special significance should be given to those bodies of groundwater that extent across the state borders, i.e. groundwater that has underground flow from one to another side of the state border. In 2000/2001 there was common Slovene-Croatian research project effectuated on the area between Gulf of Kvarner and Gulf of Trieste. In this frame transboundary aquifer systems on this area were identified, the standardized hydrogeological map was produced, transboundary water divides and theirs uncertainties were identified, common GIS and representative monitoring system were established, additional tracer test was done in Buje anticline area.

Transboundary aquifer system in the area between Gulf of Kvarner and Gulf of Trieste are of extreme importance for water supply of cities like Reka (Croatia) and Koper (Slovenia). Future conservation and optimal abstraction of these aquifers where the recharge area is at least partly in one state and abstraction point in the other state mutual research activities are indispensable.

Uvod

Zaščita in upravljanje obmejnih vodonosnikov imata v smernicah Evropske skupnosti poseben poudarjen pomen, saj se prav na tem področju, izkoriščanju vodnih virov na obmejnih območjih, še posebno pri njihovi zaščiti, pričakujejo največji problemi. Ta tema je bila obravnavana že v času skupnega hrvaško-slovenskega znanstvenega projekta »Zaščita kraških vodonosnikov v obmejnem območju« (1998). Poseben poudarek je bil posvečen zelo ranljivemu kraškemu območju med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom, kot prostoru, ki mu je treba posvetiti posebno pozornost in predlagati skupne raziskave. Obe strani sta soglašali, da so na tem območju skupni vodonosniki, ki se izkoriščajo z ene in druge strani meje. Problem njihove zaščite in optimalnega izkoriščanja pa je skupno vprašanje, ki ga je treba reševati s kompleksnimi hidrogeološkimi raziskavami ob visoki stopnji koordinacije obeh skupin raziskovalcev. Tak pristop omogoča izdelavo kvalitetnih strokovnih podlag za upravljanje vodnih virov in sprejemanje objektivnih odločitev v vedno občutljivem obmejnem območju dveh držav.

Na obmejne kraške vodonosnike med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom je vezana vodooskrba mest Kopra, Pirana in Ilirske Bistrice v Sloveniji in dela Istrskega polotoka, Reke in Opatije na Hrvaškem, skupno okrog 400.000 prebivalcev (Slika 1). Kako zaščititi te vodne vire v pogojih intenzivnega razvoja in hkrati pokriti rastoče potrebe po pitni vodi je problem, ki ga je treba nujno reševati. Poudariti je treba, da je na tem območju projektirana avtocesta Reka – Trst,



Slika 1. Povodja na obravnavanem območju

da se številna naselja pospešeno razvijajo in da se obremenitve kraškega podzemlja dnevno povečujejo. Osnovna naloga projekta je s skupnimi raziskavami dvigniti nivo znanja o naravnih vodonosnih sistemih in, s predlaganimi tehničnimi ukrepi pri zaščiti pred odpadnimi vodami iz mest in prometnic, na posebno nevarnih mestih zmanjšati bodoča tveganja in celo izboljšati današnje stanje.

Ta območja tudi danes hidrogeološko niso popolnoma nepoznana, saj so kolegi iz Slovenije razvijali vodooskrbni sistem Rižane, prav tako je tudi hrvaška stran raziskovala izvire pitne vode na območju mesta Reke. Vendar sta bila stalno pomanjkanje finančnih sredstev za temeljne hidrogeološke raziskave visokih delov povodij in pomanjkanje sodelovanja slovenskih in hrvaških strokovnjakov razlog nerešenih problemov na tem prostoru.

Pomembno je poudariti, da določene zahteve in priporočila Smernic Evropske skupnosti vsebujejo cel niz elementov, ki so bili že do sedaj del hidrogeoloških raziskav, hkrati pa tudi veliko novih, ki vstopajo na področje socialno-ekonomskih analiz. Kot pomembnejše lahko izdvojimo: 1. Karte položaja in mej vodnih teles; 2. Karte položaja in mej teles podzemne vode; 3. Ocena vpliva človekove dejavnosti na podzemne vode (točkovni in razpršeni viri onesnaženja); 4. Karte zaščitene območij; 5. Mreža monitoringa kakovosti in količine podzemne vode; 6. Stanje kakovosti vode (podzemne in površinske); 7. Popis ciljev zaščite; 8. Ekonomska analiza rabe vode; 9. Predpise o zaščiti vode; 10. Praktične postopke in zaščitne ukrepe; 11. Strnjeni prikaz rabe vode; 12. Skupni načrt upravljanja povodij (River basin management) in za povodja, ki prehajajo državne meje; 13. Preprečevanje in zmanjševanje vpliva nenadnih onesnaženj in drugo.

Kratek geološki in hidrogeološki opis

V okviru projekta je bila izdelana skupna hidrogeološka karta. Osnova za to karto je bila dobro preučena geološka karta, večidel prevzeta po Osnovni geološki karti v merilu 1:100.000. Celotni obmejni prostor dveh držav med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom pripada kraškemu območju Dinaridov, robnemu delu t. i. con Visokega krasa in Jadranskega pasu, oziroma con Dinarika in Adri-

jatika, kot ju poimenuje Herak (1991). Za robni del Adriatika ali Jadranske karbonatne platforme je značilno pogosto pojavljanje klastitov, ki so v tem primeru prostrane cone fliša eocenske starosti od Tržaškega zaliva do Novega Vinodolskega na Hrvaškem. Tektonski odnos teh dveh megastrukturnih enot je v veliki meri izražen v številnih narivih, lokalnega in regionalnega značaja. Poseben hidrogeološki pomen ima cona fliša. Le-ta regionalno deli vodonosna sistema hribovitega območja Gorskega kotarja na Hrvaškem in slovenskega Snežnika na severovzhodni strani od vodonosnih sistemov na jugozahodni strani flišne cone. V obmejnem območju dveh držav je treba omeniti še luskastrukturo Čičarije in Učke (menjavanje zakraselih krednih in paleogenskih apnencev ter fliša) in širokega flišnega bazena v centralnem delu Istrskega polotoka. Določene razlike kaže t. i. Bujska karbonatna forma zaradi svoje globinske razsežnosti, kar potrjujejo pojavi termalne vode v Istrskih toplicah.

Za hidrogeološko interpretacijo je najpomembnejše čim natančneje definirati odnose med zakraselimi vodoprepustnimi karbonatnimi kamninami in neprepustnimi plastmi fliša. V vodoprepustnem kompleksu kraških kamnin je pomembno ločiti prevladujoče dobro prepustne apnenice od slabše prepustnih dolomitov. Slednji imajo lahko ponekod funkcijo bariere toka podzemne vode in so pogosto v veliko pomoč pri določanju razvodnic v kompleksu karbonatnih kamnin (Slika 2).

Najprej je treba poudariti, da poteka po robnem delu raziskovanega območja razvodnica med Jadranskim in Črnomorskim povodjem. Njen položaj je večidel vezan na slabo prepustne dolomite zgornje triasne starosti v gorskih območjih. Prav tako je treba poudariti, da je odtekanje vode v največjem delu povodij na območju med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom usmerjeno proti Jadranskemu morju, celo v primeru goratega območja na severovzhodni strani flišnega bazena. V obmejnem območju dveh držav so določena naslednja povodja: 1. Povodje reke Rižane; 2. Povodje reke Dragonje; 3. Povodje reke Mirne; 4. Povodje Notranjske Reke; 5. Povodje izvira v mestu Reka; 6. Povodje Kvarnerskega zaliva.

Večina pomembnih zajetih in nezajetih kraških izvirov je vezana predvsem na kontaktne območja med prepustnimi karbonat-

nimi masivi in neprepustnimi flišnimi kamninami. V visokogorskih območjih so taki izviri pitne vode zajeti za mesti Reka (Zvir I, Zvir II, Martinščica in drugi) in Ilirska Bistrica. V okviru tega projekta je pomembno določiti mejno območje teh dveh povodij zaradi zaščite omenjenih pomembnih izvirov pitne vode. To so najvišji deli goratega območja, kjer v preteklosti ni bilo podrobnih raziskav, se pa načrtujejo sedaj. Poleg tega, da so izviri skupni, se celo manjši del vode iz izvira v Ilirski Bistrici po cevovodih prenaša na Hrvaško. Zatorej je definiranje povodij in njihova zaščita ključnega pomena za obe državi (Slika 1).

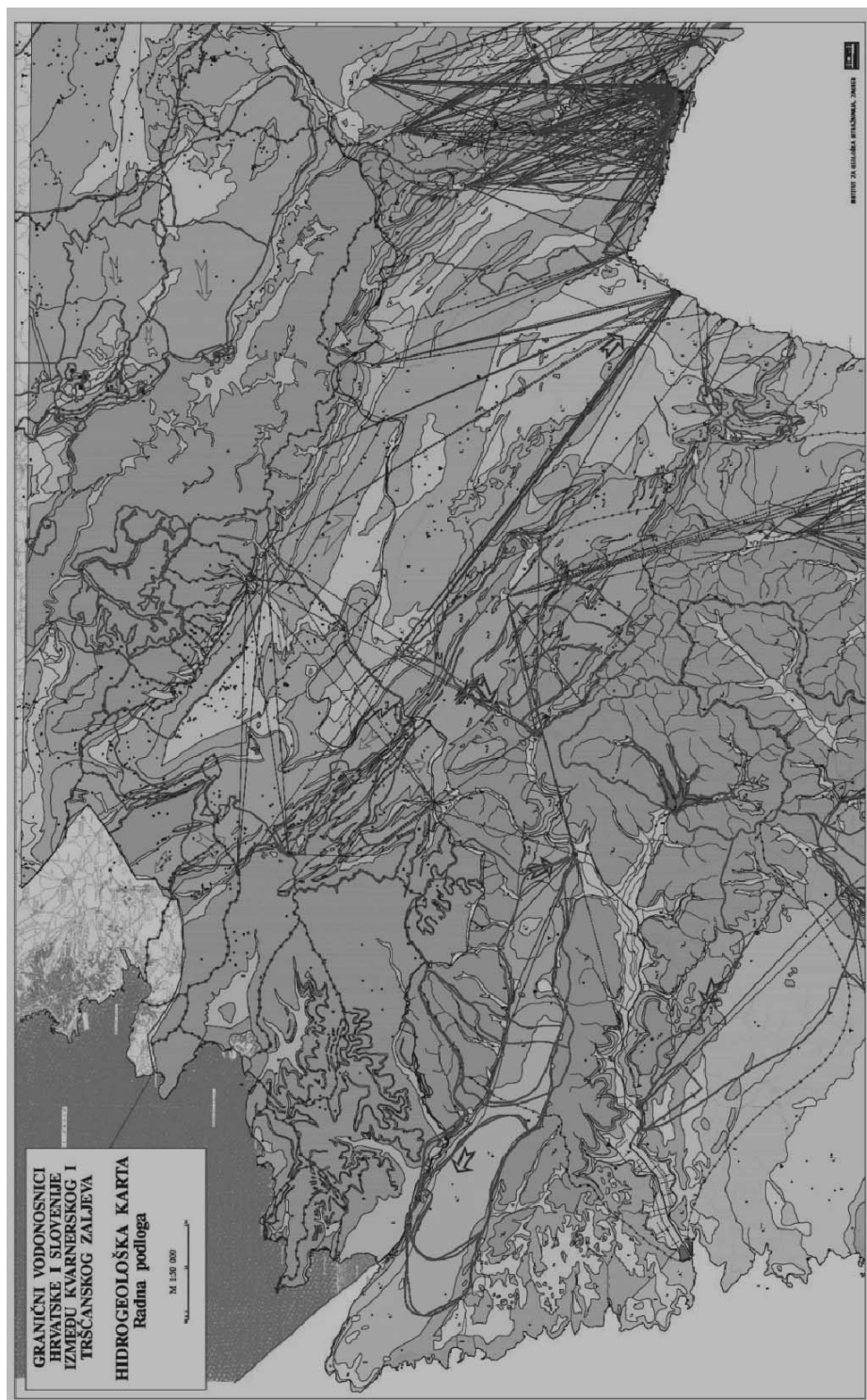
Območje krasi na jugozahodni strani flišnega bazena je prav tako zelo zanimivo, ker je to območje razvodnice med povodji rek Rižane in Mirne ter priobalnih izvirov na Opatijskem območju. Do sedaj je bilo na tem območju izvedenih nekaj sledilnih poskusov, s pomočjo katerih je bila dokazana pripadnost določenih območij navedenim povodjem. Vendarle ostaja odprt še večji bilančno pomemben prostor, ki je vezan na rob flišnega bazena s ponori ob njem in karbonatnega masiva, ki ga je treba podrobneje opredeliti. Definiranje razvodnice na tem prostoru je pomembno zaradi zaščite izvira Sv. Ivan (Mirna) na Hrvaškem in izvira Rižane v Sloveniji, kakor tudi potencialnega vodnega vira Kristal na Opatijskem območju. Treba je poudariti, da je to območje pomembnih transportnih poti in urbanega razvoja.

Kot zadnje, a ne manj pomembno, omenjamo povodje reke Dragonje, ki se večidel razprostira na neprepustnih plasteh. Tukaj ne smemo pozabiti na zelo pomembna kraška obmejna izvira Bužini in Gabrijeli, ki se napajata z območja t.i. Bujske antiklinale (Hrvaška). Tam so obremenitve že tako velike, da je nadaljnje izkoriščanje teh izvirov za oskrbo z vodo vprašljivo.

Danes so izkoristljivi vodni potenciali obravnavanega območja okrog 5.400 l/s v poletnih sušnih obdobjih, bodoči potenciali pa še dosti večji. To je bil vsekakor zadosten razlog za organiziranje skupnega projekta raziskav in zaščite.

Rezultati raziskav

Raziskave so razdeljene na tri faze. Do sedaj je bila izvedena prva faza, druga faza



Slika 2. Pregledna hidrogeološka karta raziskovanega območja

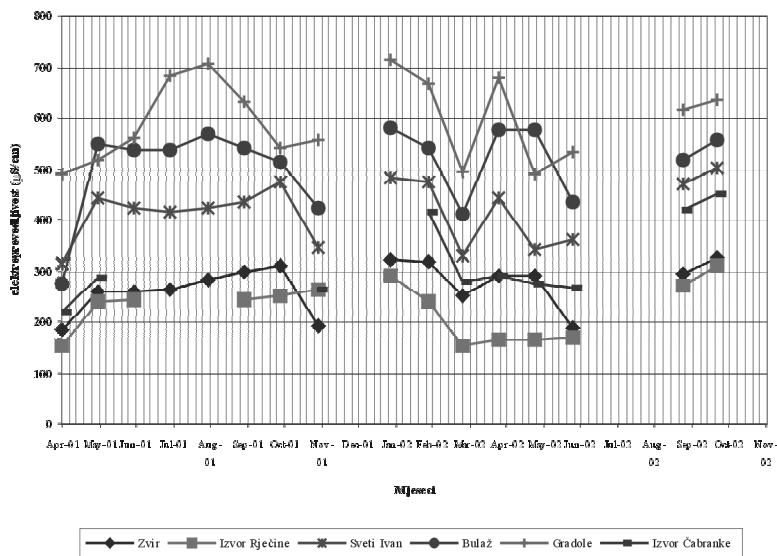
pa je v teku. V prvi fazi je bila izdelana hidrogeološka karta celotnega območja v merilu 1:50.000 v GIS obliki z orodjem ARC/INFO. Začela se je hidrološka analiza povodij, določena je bila mreža za monitoring na obeh straneh meje. Vzpostavljena mreža zajema vse pomembne izvire globoko na ozemlju vsake države, začela pa so se tudi redna stalna vzorčevanja za hidrogeokemijsko analizo in sledenje fizikalno-kemijskih značilnost vod.

Hidrogeološka karta je izdelana po obstoječih podatkih iz Osnovne geološke karte z oceno hidrogeoloških značilnosti geoloških plasti dobljenih z rekognosciranjem celotnega območja. V karto in spremljajoči informacijski sistem so vnešeni podatki o vseh značilnih vodnih (izvirih) in morfoloških pojavih (jame, brezna, ponori) in o sledenju podzemnih tokov, razporeditev povodij, mesta hidroloških in meteoroloških meritev in niz drugih podatkov, ki so potrebni za hidrogeološko interpretacijo obmejnih povodij. Posebej je grafično prikazana tudi mreža vzpostavljenega monitoringa.

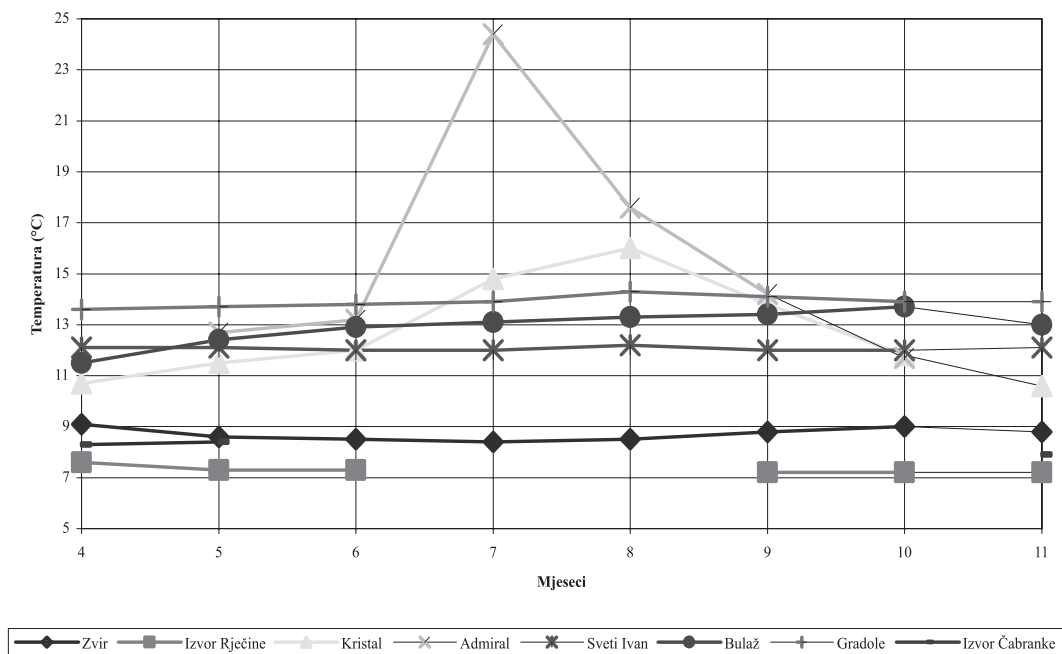
Fizikalno-kemijske «in situ» meritve so bile opravljane mesečno. Merjene so bile temperature in prevodnosti izvirov. V tem članku so predstavljene tovrstne meritve le za hrvaško stran, saj na slovenski strani niso bile izvedene v takem obsegu. Rezultati so zelo zanimivi (Slika 3), saj so izraz stanja v

območjih napajanja in dajejo dobro sliko razporeditve povodij. Jasno lahko razlikujemo tri skupine izvirov. Izviri Riječine in Zvira v mestu Reki so vezani na dotoke iz hribovitega območja Gorskega Kotarja in verjetno tudi dela hribovitega območja v Sloveniji. Temperature vode so zelo nizke, podobno kot elektroprevodnost. Drugo skupino izvirov tvorijo glavni opazovani izviri na Istrskem polotoku (Sv. Ivan, Bulaž, Gradole) s temperaturo vode med 12.1 in 13.7 °C in nekoliko povišano elektroprevodnostjo. Tretja skupina so priobalni izviri na območju Opatije (Kristal, Admiral), katerih iztok je pod vplivom morja (elektroprevodnost), temperature pa so precej podobne kot v izvirih Sv. Ivan pri Buzetu, s katerim imajo vsaj en del skupnega povodja. Na sliki 4, kjer je prikazana temperatura v tem obdobju meritev, je razvidno, da so temperature večine izvirov stabilne, odvisne od srednje temperature v povodju, temperatura priobalnih izvirov pa je pod vplivom temperature morja.

Hidrogeokemijska analitika je bila opravljena na celotnem raziskovanem območju – 8 izvirov v Hrvaški in 7 izvirov v Sloveniji. Analizirani so bili osnovni fizikalno-kemijski parametri, osnovni makroelementi, ter delež stabilnih izotopov in koncentracija aktivnosti tricija. V okviru tega članka je prikazana le uporaba stabilnih izotopov kisika in vodika za raziskave kraških vodonosnikov



Slika 3. Vrednosti elektroprevodnosti vode na izvirih v Hrvaški



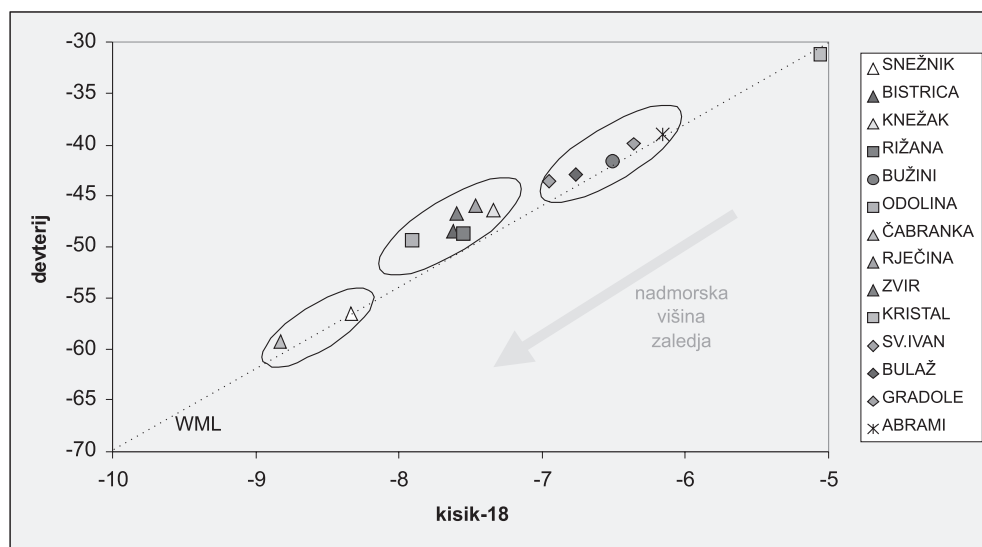
Slika 4. Temperatura vode na izviri v letu 2001

v smislu določanja izvora voda, območij napajanja in raziskav hidrodinamskih pogojev (Slika 5). Ugotovljena spremenljivost je posledica sprememb letnih časov, nadmorskih višin območij napajanja, bližine morja in izotopskih izmenjav z okolno kamninsko maso. Vrednosti za padavine so privzete s postaje St. Pietro pri Udinah v Italiji. Poleg osnovne tipologije vod je iz analitike razvidno, da vode niso obremenjene z nitrati, razen nekoliko povišane vsebnosti na izviru Gradole v Istri, da je vsebnost ortofosfatov povišana na izviru Čabranke v črnemorskem povodju zaradi lokalnih razmer in da so vsebnosti kloridov in sulfatov v mejah za pitno vodo, razen na priobalnih izviri pri Opatiji.

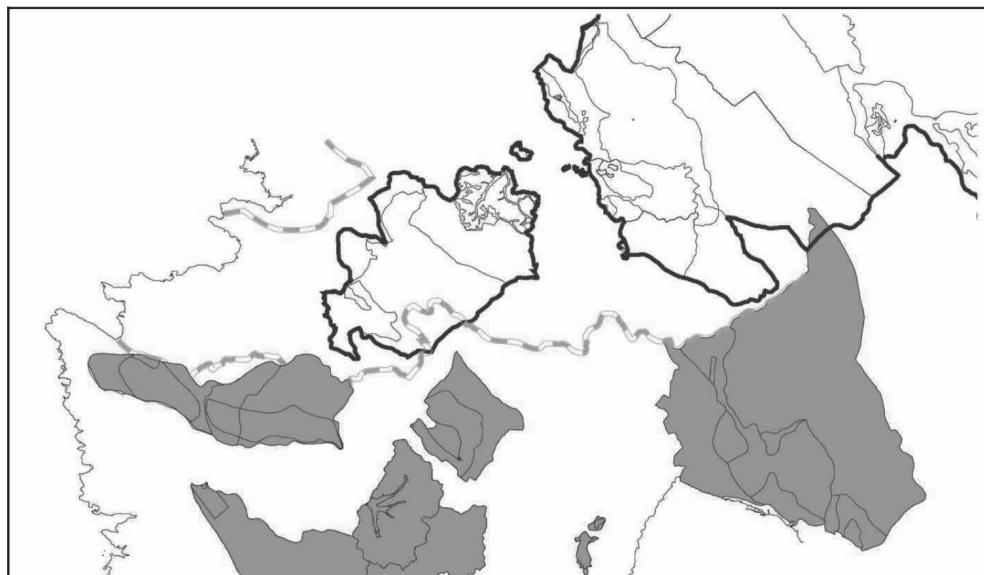
Sledenja podzemnih tokov so zelo pomembna ne samo pri določanju razvodnic med povodji pač pa tudi za ugotavljanje dinamičnega podzemne vode znotraj posameznih povodij. V sklopu tega projekta je izdelana baza vseh do sedaj izvedenih sledilnih poskusov na obravnavanem območju, v prvi fazi pa je bil s skupno sodelavo izveden tudi dodaten sledilni poskus z Na-fluoresceinom na območju Buj. Opazovani so bili izviri, za katere smo domnevali, da obstaja vsaj teoretična hidravlična povezava z obarvanim

ponorom (kanalizacija mesta Buje). Pojav sledila je bil zabeležen le na izviru Gabrijeli ob reki Dragonji tri dni po vnosu sledila. V nadaljnjih fazah raziskav načrtujemo izvedbo še štirih sledilnih poskusov.

Analiza obstoječih varstvenih pasov in zaščitnih ukrepov se podrobneje nadaljuje z začetkom druge faze raziskav. V okviru te analize je bila z metodo SINTACS (Civita & De Maio, 1998; 2000), izdelana karta naravne ranljivosti povodja izvira Rižane za ostala območja Slovenije in Hrvaške pa obstajajo varstveni pasovi izdelani s podobnimi metodološkimi pristopi (Slika 6). Osnova varstvenega pasu so geološke razmere in smeri toka podzemne vode. Na hrvaškem je bil sprejet nov Pravilnik o zaščiti izvirov pitne vode vezani na dinamiko vode v zasičeni coni in na pozitivno vlogo nezasičene cone kraških vodonosnikov. V Sloveniji so danes zelo aktualne raziskave vloge epikraške cone, vendar rezultati teh raziskav v tem trenutku še niso neposredno praktično uporabni. Celoten sistem zaščite vod na Hrvaškem je zastavljen tako, da omogoča tudi prihodnje vključevanje uporabnih izkušenj iz teh raziskav v podrobne preučitve visokih zaščitnih con. V vsakem primeru sta druga



Slika 5. $\delta^{18}\text{O}$ in $\delta^2\text{H}$ v izvirih (april 2001) in premica padavinske vode širšega območja



Slika 6. Območja povodij z varstvenimi pasovi

in tretja faza raziskav v veliki meri usmerjeni k izenačevanju sistema varovanja obmejnih območij.

Za izdelavo podatkovnih zbirk in GIS aplikacij se bo tudi v prihodnje uporabljalo orodje ARC/INFO, ki je vpeljeno pri obeh

raziskovalnih skupinah. Zbirke dinamičnih podatkov bodo izoblikovane na način, ki omogoča neposredno uporabo podatkov iz GIS-a za različne vrste modeliranja potrebnega za upravljanje vodnih sistemov.

Zaključki

Projekt raziskav obmejnih kraških vodonosnikov med Tržaškim in Kvarnerskim zalivom je usklajen s priporočili Okvirnih smernic za upravljanje z vodnimi viri Evropske skupnosti in je prvi tak projekt na mejnem območju med Slovenijo in Hrvaško. Upamo, da bo imel, na določen način, značaj pilotnega projekta, s katerim se usklajujejo pristopi in metode priprav strokovnih osnov za skupno upravljanje z vodnimi viri. Pri izdelavi projekta se uporabljajo vse poznane sodobne metode raziskav. V sklepni fazi predvidevamo tudi vključitev strokovnjakov izven Slovenije in Hrvaške, ki bodo zagotovili

nadzor objektivnosti vstopnih parametrov upravljanja.

Literatura

Civita, M. & De Maio, M. 1998: Mapping Groundwater Vulnerability by the Point Count System. Chapter 11 in Managing Hydro-Geological Disasters in a Vulnerable Environment, ed. K. Andah Publ. Grifo Publishers.

Civita, M. & De Maio, M. 2000: SINTACS R5, a new parametric system for the assessment and automating mapping of groundwater vulnerability to contamination – Pitagora Editor (Bologna).

Herak, M. 1991: Dinarides – mobilistic view of the genesis and structure.- *Acta geologica*, 21, 35-83, Zagreb.

DIRECTIVE 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council.