

7. Strokovne podlage za določitev ogroženosti podzemne vode v Sloveniji, Agencija RS za okolje, Ljubljana, julij 2002.
8. Kemijsko stanje podzemne vode aluvijalnih vodonosnikov glede vsebnosti pesticidov v letih 2000 in 2001, Agencija RS za okolje, Ljubljana, oktober 2002.
9. Uredba o določanju statusa zaradi fitofarmaceutskih sredstev ogroženega območja vodonosnikov in njihovih hidrografskih zaledij in o ukrepih celovite sanacije, Uradni list RS, 97/2003.
10. Odlok o območju vodonosnikov in njihovih hidrografskih zaledij, ogroženih zaradi fitofarmaceutskih sredstev, Uradni list RS, 97/2003.
11. Uredba o območju vodonosnika Ljubljanskega polja in njegovega hidrografskega zaledja, ogroženega zaradi fitofarmaceutskih sredstev in lahkohlapnih kloriranih ogljikovodikov, Uradni list RS, 102/2003.

Vpliv kmetijstva na podzemne vode Ljubljanskega polja

Primož Auersperger¹, Branka Bračič-Železnik², Brigita Jamnik³, Jurij Kus⁴

1 Kmetijstvo in vodovarstvena območja v Ljubljani

Vpliv človekove dejavnosti na površini prispevnih območij črpališč ljubljanskega sistema oskrbe s pitno vodo je zelo pomemben za varno oskrbo. Pogled na karto mesta Ljubljane pove, da so se poseljene površine mesta krepko zajedle v ljubljanski vodovarstveni prostor. Že nekaj desetletij je znano, da tudi zelene kmetijske površine danes ne predstavljajo zaščitne vodonosnih plasti pred onesnaženjem, kot so jih morda nekoč. Kmetijska dejavnost se je spremenila tako po namembnosti kot tudi po intenzivnosti pridelave.

Kmetijska dejavnost je v neposredni bližini mesta Ljubljana že desetletja tesno povezana z zaščito vodnih virov. Zahvaljujoč neposeljenim površinam mesta, ki jim je prostorski načrt na podlagi desetletja veljavnih odlokov o varstvu virov pitne vode namenjal varovalno funkcijo, je tudi preživela, saj bi bila območja sicer že davno poseljena.

Kmetovanje je lahko v nasprotju z varnim sistemom oskrbe s pitno vodo, če ni usmerjeno, nadzorovano in omejevano v

intenzivnosti pridelave. Sama intenzivnost pridelave še ni sporna, vendar bi intenzivna pridelava zahtevala strog nadzor, kar bi najverjetneje predstavljalo preveliko finančno obremenitev. Obstaja pa tudi velika nevarnost, da delo na terenu uide nadzoru.

Varovanje vodnih virov in kmetijstvo bosta morala v ljubljanskem prostoru v prihodnje najti pot do vzajemnega preživetja. Kmetijstvo je nedvomno ena tistih dejavnosti, ki so pripravljene intenzivno sodelovati v procesu zmanjševanja okoljevarstvenih bremen. Onesnaževanje s fitofarmaceutskimi sredstvi (FFS) in rastlinskimi hranili je sicer že postalo tudi pomemben predmet zanimanja javnosti. Glede na vzpostavljeno okoljevarstveno zakonodajo in obveznosti ter zavedanja javnosti in kmetov o pomenu zaščite okolja se koncentracije neželenih kemikalij iz kmetijstva v okolju ne bi smele povečevati. Temeljni motiv ni zgolj zaščita virov pitne vode, ampak je ozadje širše – gre za dolgoročno zaščito okolja, tudi naših življenj.

Napajalni območji dveh najpomembnejših vodarn ljubljanskega sistema oskrbe s pitno vodo, vodarn Kleče in Hrastje, po-

krivajo kmetijske površine. Preiskave potekajo v krajših časovnih intervalih ter hkrati načrtovano, kar je bistvena prednost v primerjavi z že vzpostavljenimi monitoringi kakovosti podzemnih voda.

Vpliv kmetijstva na VVO Ljubljanskega polja je opazen, čeprav ne izjemen. Največji problem oskrbe s pitno vodo Ljubljanskega polja že več kot 15 let predstavljajo sledi FFS, predvsem atrazina, kot posledice nepravilne rabe, za katero pa ne moremo kriviti zgolj kmetijske dejavnosti, ampak so vzrok tudi nekmetijske dejavnosti. Podobno velja za pojavljanje ostankov rastlinskih hranil, predvsem nitratov v podzemni vodi Ljubljanskega polja, ki imajo več izvorov. Med pomembnejšimi je nepravilna raba rastlinskih hranil, ne smemo in ne moremo pa izključiti vpliva urbane rabe prostora, torej vpliva nekanaliziranih območij na VVO in neurejene kanalizacije. Za razliko od sledi FFS so koncentracije nitratov bistveno nižje od dovoljenih, kar pa še ne pomeni, da ustrezni zaščitni in sanacijski ukrepi niso potrebni. Koncentracije drugih snovi, ki izvirajo iz kmetijstva, danes ne predstavljajo večjega tveganja za kakovost podzemne vode.

¹ Univ. dipl. kem., JP Vodovod-Kanalizacija, d. o. o., Vodovodna cesta 90, Ljubljana

² Univ. dipl. inž. geol., prav tam

³ Dr., univ. dipl. kem., prav tam

⁴ Univ. dipl. biol., prav tam

2 Dinamika podzemne vode na Ljubljanskem polju

Ljubljansko polje je del ljubljanske udorine, ki je nastala v pliokvartarnem obdobju zaradi tektonskega pogrezanja in je zapolnjena s prodno peščenimi vodonosnimi sedimenti. Predstavlja enega največjih in najpomembnejših virov pitne vode v Sloveniji. Kotlino, ki v najglobljih delih doseže več kot sto metrov, je v zadnjem milijonu let zemeljske zgodovine zasipavala reka Sava s prodnimi in peščenimi sedimenti, ki jih je prinašala iz višje ležečih območij svoje doline. Intenzivne klimatske spremembe, menjavanje toplih in mrzlih obdobj med zadnjo ledeno dobo so narekovali intenzivnost zasipavanja kotline kakor tudi procese preperevanja sedimentov.

Vodonosnik Ljubljanskega polja je enoten vodonosnik z medzrnsko poroznostjo in prosto gladino podzemne vode.

Hidravlična prevodnost sedimentov se spreminja tako v prostoru kakor v vodoravni in horizontalni smeri. Vzrok je heterogena sestava sedimentov, več ali manj primesi melja, pojavljanje glinastih leč ter večja ali manjša sprijetost konglomerata in pojavljanja kavern v njem. V splošnem je hidravlična prevodnost vodonosnih plasti višja v osrednjem delu polja in nižja na obrobju, višja v zgornjih kakor v spodnjih plasteh.

Geološke in hidrogeološke značilnosti sedimentov vplivajo na tok podzemne vode in s tem posredno na širjenje onesnaženja v vodonosniku. Na splošno velja, da podzemna voda na Ljubljanskem polju teče od severozahoda proti jugovzhodu, lokalne geološke razmere pa jo delno preusmerijo, kar se izraža tudi v širjenju onesnaženja. Pomembno pri poznavanju hidrodinamičnih procesov na Ljubljanskem polju je poznavanje dinamike napajanja vodonosnika. Rezultati številnih raziskav, ki že desetletja potekajo na Ljubljanskem polju, kažejo, da se okoli 50 % podzemne vode obnovi z infiltracijo vode iz reke Save.

Najpomembnejši napajalni območji sta Roje in Tomačevo v skupni ocenjeni količini 2,8 m³. Infiltracija padavin prispeva preostalih 50 % obnovljivih količin podzemne vode. Padavine, ki imajo pomembno vlogo pri nastanku pedološkega horizonta, se precejajo skozi talni profil ter predstavljajo transportno sredstvo za prenos onesnaževalnih snovi do ravni podzemne vode.

Lokalne padavine in reka Sava, ki napajajo podzemno vodo na Ljubljanskem polju, so izpostavljeni različnim virom obremenjevanja, saj izvirajo iz različnih delov hidrološkega cikla. Rezultati preiskav kažejo, da ima danes raba prostora na Ljubljanskem polju večji vpliv na kakovost podzemne vode kot pa kakovost rečne vode. Iz tega razloga je pomen usmerjanja ustrezne rabe prostora na površini vodonosnika v Ljubljani izjemno pomemben.

Tla so vezni člen med površjem in ravnijo podzemne vode. Prek njih potekajo pretoki snovi, torej tudi različne oblike onesnaženja. Geološka podlaga je najpomembnejši tlottvorni element. Tudi klimatske razmere v veliki meri določajo značilnost tal. V tleh prevladujejo procesi premeščanja snovi navzdol po talnem profilu, kar je rezultat količinske prevlade padavin nad izhlapevanjem vode iz tal in transpiracijo rastlin. Nastanek in razvoj tal je zapleten prostorsko-časovni pojav. Sposobnost tal za razgradnjo in sintezo snovi ima svoje meje, ki jih je človek s svojimi posegi v naravo mnogokrat prekoračil.

Na fluvio-glacialnem zasipu Ljubljanskega polja so razvita serpeninasta tla, rjava rendzina in evtrična rjava tla. Tla so sicer rodovitna, po globini pa pretežno plitva.

3 O vplivu kmetijstva

Za vodonosnik Ljubljanskega polja je značilno, da je zaradi načina napajanja kakovost podzemne vode močno odvisna od opazovalnega mesta, to je od oddaljenosti mesta od napajalnega območja reke Save in od oddaljenosti mesta vzorčenja od virov onesnaževanja. Kljub odvisnosti dinamike podzemne vode na Ljubljanskem polju od dinamike reke Save se vpliv dogajanja na površini vodonosnika na polju samem bistveno bolj zrcali v kakovosti podzemne vode kot pa v kakovosti infiltrirane rečne vode. Dinamika razširjanja onesnaženja skozi humusne pasti in nenasičeno cono vodonosnika nam ni dovolj poznana, vendar na podlagi opisanih opažanj lahko zaključimo, da so procesi izredno hitri, kar predstavlja veliko nevarnost za vodni vir. Hkrati pa hitro razširjanje onesnaženja skozi zgornje nezasičene plasti pomeni tudi relativno hitro odstranitev onesnaženja.

V načrtani vodi vodonosnika Ljubljanskega polja predstavlja z vidika vpliva

kmetijstva trenutno bistveno večji problem prisotnost atrazina in njegovih razgradnih produktov kot pa prisotnost nitratov. Koncentracija nitratov pa tudi atrazina in njegovih razgradnih produktov je najnižja v neposredni bližini reke Save. Ta pojav povezujemo z relativno kratkim časom zadrževanja podzemne vode v vodonosniku in s tem z manjšo možnostjo, da se vodonosne plasti »obogatijo« s padavinsko vodo z večjo vsebnostjo onesnaženja s površine.

V vodarni Kleče naraščanja koncentracije nitratov ni, le-to pa je zaznavno v vodarni Hrastje. V vodarni Kleče so koncentracije nitratov v osrednjem delu vodarne nizke (okrog 10 mg NO₃/l), kar je povezano z visokim odstotkom rečne vode, ki jo zajemajo vodnjaki na skrajnem zahodnem delu. V vodarni Hrastje pa se vsebnosti nitratov približujejo koncentraciji 25 mg NO₃/l. Kljub temu da trenutno ni večjih težav zaradi prisotnosti nitratov v vodarni Kleče, je po našem mnenju prav od usmerjanja kmetijstva na prispevnem območju vodarne odvisno, ali bo oskrba s pitno vodo varna tudi v prihodnje. Razlika v načinu kmetovanja na prispevnem območju vodarne Hrastje v primerjavi s prispevnim območjem vodarne Kleče je po našem mnenju eden izmed glavnih vzrokov za višje koncentracije v vodarni Hrastje. Potrebno bo ugotoviti, ali je vzrok višjih koncentracij nitratov in atrazina na zahodnem območju vodarne Kleče neprimeren način kmetovanja na prispevnih površinah vodarne ali zgolj upočasnjena dinamika podzemnih voda v primerjavi z osrednjim delom polja. Visoke koncentracije nitratov in ostankov FFS so predvsem opazne v plitvih hišnih vodnjakih na območju Dravelj, ki ležijo v poseljenem in nekmetijskem delu širšega VVO. Zato obstaja možnost, da ta del Ljubljane predstavlja tudi enega izmed pomembnejših virov atrazina starejšega datuma, ki pa zaradi počasnih procesov razgradnje in počasnejše dinamike podzemne vode v primerjavi z osrednjim delom polja kontinuirano onesnažuje vodonosnik.

Na levem bregu reke Save ne opažamo povišanih koncentracij nitratov in FFS, vpliv kmetovanja pa je opazen predvsem v razliki med kakovostjo načrpane vode vodnjakov, ki so bolj ali manj oddaljeni od kmetijsko obdelanih površin.

4 Rezultati preiskav o ostankih FFS

Pri analizi pojavljanja FFS in njihovih razgradnih produktov je pomembno poznavanje pedološkega horizonta. Dejavniki, ki vplivajo na razgradnjo FFS, so: vsebnost organske mase (humusa), delež glinenih frakcij ter vsebnost vode v tleh. Na delež organske snovi v tleh vplivajo klima, geološka osnova, topografija terena in vegetacija. V tleh se nalagajo organske in anorganske nevarne snovi, ki ostajajo v tleh tudi po prenehanju onesnaževanja, saj nekatere nevarne snovi le počasi razpadejo oziroma se izločijo iz tal. Učinek nevarnih snovi v tleh je odvisen od fizikalno-kemijskih lastnosti teh snovi ter lastnosti tal.

Interne preiskave organskih snovi s poudarkom na FFS in njihovih razgradnih

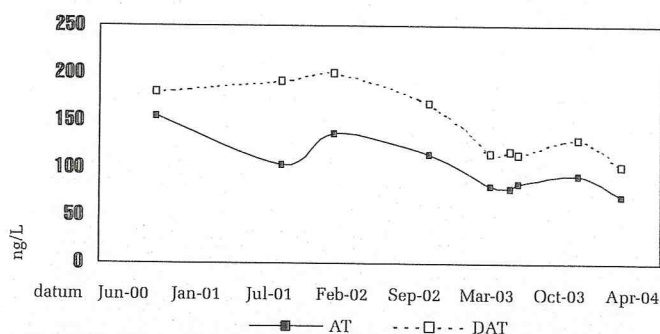
nice. Poleg zniževanja koncentracije AT in DAT v raziskovalnih vrtinah je zniževanje opazno tudi na zahodnem robu vodarne Kleče, kjer je bila v preteklih letih opazna višja obremenjenost od povprečne v tej vodarni (slika 1).

Zniževanje koncentracij je bilo zaznано tudi v smeri proti vodarni Hrastje. Meritve nakazujejo veliko verjetnost rabe AT južno od vodarne Kleče kljub prepovedi, kar vpliva na počasnejše zniževanje koncentracije AT in DAT na južnem robu vodarne Hrastje. V podzemni vodi južnih vodnjakov vodarne Hrastje opazamo večji delež AT v primerjavi z DAT, kot bi ga pričakovali, če nedavne rabe AT ne bi bilo. Kljub temu je zniževanje koncentracije AT in DAT ob istočasnem zaznavanju nekaj ng/l sledi metolaklor (MET) in terbutilazina dobro znamenje in potrjuje velik napredek predvsem v delu kmetijskih svetovalnih služb.

nali rabo terbutrina z metolaklorom. Ta pripravek v Sloveniji ni registriran, vendar pa je primernejši za uporabo kot AT, ker se ne spira v podtalnico. Uporaba terbutrina je dovoljena tudi v Nemčiji.

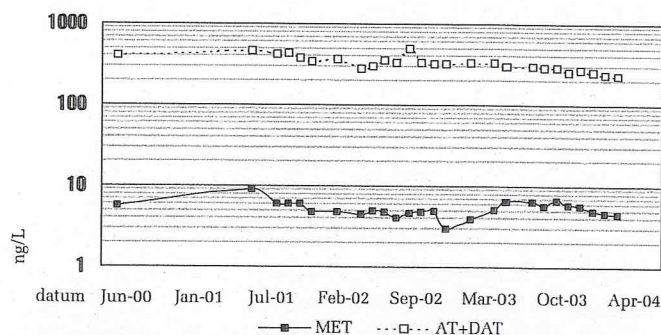
Izsledki kažejo, da terbutilazin v tem trenutku ne predstavlja pomembnejšega tveganja za vnos v podtalnico. Ker v prihodnjih letih pričakujemo povečano rabo terbutilazina, ga bomo v sklopu naših preiskav redno nadzirali. Poleg desetilterbutilazina lahko pri razgradnji terbutilazina nastane desizopropilatrazin, ki ga zadnje čase v nekoliko višjih koncentracijah zaznavamo na nekaterih lokacijah v plitvi podtalnici na območju Šiške.

Prednost razgradljivih FFS je, da transport na daljavo, ki je značilen za AT, nima pomembnejše vloge. Terbutilazin je po dosedanjih naših in tujih ugotovitvah primernejši za uporabo kot atrazin. Problem je morebitni nastanek obstojnih in vodo-



Slika 1

Spremembe koncentracije AT in DAT na zahodnem robu vodarne Kleče. Mejna vrednost za posamezen pesticid znaša 100 ng/l, za vsoto pesticidov pa 500 ng/l.



Slika 2

Spremembe koncentracije AT + DAT in MET na zahodnem robu vodarne Hrastje. Mejna vrednost za posamezen pesticid znaša 100 ng/l, za vsoto pesticidov pa 500 ng/l.

produktih (PDP) v podtalnici Ljubljanskega polja potekajo sistematično od leta 2000. Namen preiskav je predvsem ugotoviti mesta vnosa, časovne vrste koncentracijskih ravni ter hitrost odstranjevanja ostankov FFS in njihovih PDP iz vodonošnika. Tipična predstavnika FFS sta atrazin (AT) in njegov razgradni produkt desetil-atrazin (DAT). Pri spremljanju FFS ugotavljamo tudi prisotnosti novih onesnaževalnih snovi in njihovih PDP.

Na območju zahodnega dela podtalnice Ljubljanskega polja ugotavljamo zniževanje koncentracije AT, ki smo ga zaznali že konec leta 2002 in ga potrdili tudi z meritvami v letih 2003 in 2004. Ta vpliv se je najprej pokazal v nekaterih plitvejših vodnjakih, hišnih vodnjakih na draveljskem območju in v raziskovalnih vrtinah od Šentvida do severne ljubljanske obvoz-

Zniževanje koncentracije AT in DAT v vodarni Hrastje v letu 2003 ni samo posledica sušnega obdobja, saj smo zaznali povišanje koncentracije MET, ki ga ni spremljalo istočasno zvišanje koncentracije AT (slika 2).

Skupna značilnost preparatov, ki nadomeščajo AT, je večja razgradljivost, nekateri pa so manj mobilni oziroma manj vodotopni, kot npr. terbutrin, terbutilazin. To hkrati pomeni, da se vežejo v tla in se le v majhni meri spirajo. Že dve leti v pomladnem obdobju spremljamo koncentracijo terbutilazina in njegovega razgradnega produkta desetilterbutilazina v nekaterih površinskih vodah, v plitvi podtalnici na območju Šiške, v vrtinah na Ljubljanskem polju in na vodnjakih vodarn. Izmerjene so bile koncentracije v obsegu nekaj ng/l. V nekaterih površinskih vodah smo zaz-

topnih razgradnih produktov, ki se lahko spirajo v podtalnico in nato širijo na večjo razdaljo. Primer nastanka tovrstnega razgradnega produkta je razgradni produkt herbicida diklobenila (Casoron G), 2,6-diklorobenzamid (BAM, CAS 2008-58-4), ki smo ga ugotovili v podtalnici v prejšnjih letih, vzrok pa je bila njegova nekmetska raba. Z administrativno prepovedjo rabe Casoron G v februarju 2002 se je stanje v podtalnici že v dveh letih po prepovedi bistveno izboljšalo.

V primeru večje rabe uronskih preparatov lahko pričakujemo akumulacijo kloroanilinskih derivatov v podtalnici. Primer je nastanek 3,4-dikloroanilina iz linurona in diurona. Kloroaniline v sledih že zaznavamo na določenih predelih podtalnice, so pa tudi na seznamih onesnaževalnih snovi v EU.

Interne raziskave podtalnice Ljubljanskega polja potrjujejo, da se kakovostno stanje podzemne vode z vidika onesnaževalnih snovi, ki izvirajo iz kmetijstva, izboljšuje, vendar večjih sprememb na bolje v kratkem času vendarle ne moremo pričakovati. Pristojne institucije to dejstvo ne sme uspavati, saj bi napačna politika usmerjanja kmetijske dejavnosti na VVO lahko dolgoročno povzročila izjemno negativne posledice, ki sploh ne bi bile odpravljive. Enako seveda velja tudi za dru-

ge vrste človekovih dejavnosti na VVO. Kmetijstvo na VVO v neposredni bližini Ljubljane bo nedvomno živelo, vendar bo strogo usmerjano in nadzorovano. Prepričani smo, da so znanje, ki ga Slovenija premore, vzpostavljena okoljska zakonodaja ter istočasna ozaveščenost kmetov in širše javnosti zadostno jamstvo, da do poslabševanja stanja na vodovarstvenem prostoru zaradi vpliva kmetovanja v prihodnjih letih in desetletjih ne bo prišlo.

Zahvala

Avtorji se zahvaljujejo Javnemu podjetju Vodovod – Kanalizacija, d. o. o., ki je omogočilo pripravo prispevka. Zahvaljujemo se tudi sodelavcem laboratorija M. Ščavničar za skrbno pripravo vzorcev, B. Vidicu in J. Virantu za tehnično izvedbo vzorčenja ter V. Mislej, M. Predanič, K. Lah ter N. Čuk za anorgansko analizo vzorcev in pomoč pri pripravi gradiva.