

## Mikrobiološka kakovost vode iz individualnih zajetij in vodnjakov

Rok Fink, Martina Oder in Karmen Godič Torkar  
Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta

### IZVLEČEK

Osredotočili smo se na ugotavljanje mikrobiološke kakovosti vode individualnih zajetij in vodnjakov, ki jo posamezniki, zlasti v ruralnih področjih, uporabljajo v gospodinjstvu, za zalivanje ali napajanje živine. Ker je problematika najbolj pereča v Prekmurju, smo posebej izpostavili to področje Slovenije. V obdobju od decembra 2008 do septembra 2009 (v zimskem in poletnem obdobju) smo odvzeli 64 vzorcev iz 32 individualnih zajetij ali vodnjakov po celotni Sloveniji, od tega 18 v Prekmurju. Za preiskave mikrobiološke kakovosti vzorcev smo uporabljali predpisane metode z mikrobiološkimi gojišči. Ob upoštevanju kriterijev mikrobiološke kakovosti za pitno vodo po Pravilniku o pitni vodi so bili neskladni vsi prekmurski vzorci, najpogostejši vzrok neskladnosti je bila prisotnost koliformnih bakterij (94 %) in povišano število aerobnih mezofilnih mikroorganizmov (67 %). Bakterija *E. coli* je bila ugotovljena v 50 % vzorcev. Izmed odvzetih vzorcev po vseh slovenskih regijah je bilo skladnih le okrog 5 % vzorcev. Tudi v teh vzorcih so bili najpogostejši koliformni mikroorganizmi (v 95 % preiskanih vzorcev) ali povišano skupno število aerobnih mezofilnih mikroorganizmov (v 55 % preiskanih vzorcev). Bakterija *E. coli* je bila prisotna v 33 % vzorcev. Tudi enterokoki in sulfid reducirajoči klostridiji so bili prisotni v 50 %, oziroma 53 % vzorcev, *P. aeruginosa* pa celo v 67 % primerov. Statistično značilnih razlik v mikrobiološki kakovosti vzorcev med zimskim in poletnim obdobjem nismo zasledili. V kar 50 % prekmurskih in 22 % vzorcev iz celotne Slovenije je koncentracija nitratov dosegala ali presežala dovoljene vrednosti 50 mg/l.

### IZHODIŠČA

Voda je ena najpomembnejših snovi na Zemlji. Je nujno potrebna za življenje, pa tudi za normalno delovanje človeka v civilizirani družbi (1). Uporabljamo jo v vsakdanjem življenju, kmetijstvu, v ribogojništvu, živilski in ostali industriji. Skrb za ohranjanje čiste in zdrave vode je izrednega pomena za sedanjo in prihodnje generacije. Vzorce jemljemo največkrat iz kontroliranih vodovodnih omrežij, vzorčimo in preverjamo se tudi kakovost kopalnih voda. Pomembna pa je tudi kakovost ostalih voda, npr. površinskih voda, podtalnice, vode iz vodnjakov, odpadnih voda, prečiščene vode iz čistilnih naprav, itd. iz katerih se lahko napaja vodovodni sistem pitne vode. Preverjanje kakovosti vode temelji na ugotavljanju števila in prisotnosti le nekaterih vrst ali skupin mikroorganizmov, parazitov in virusov ter le posameznih kemijskih elementov in spojin. Zdravstvena ustreznost pitnih vod se ocenjuje na osnovi fizikalno-kemijskih in mikrobioloških parametrov, ki jih v

Sloveniji predpisuje Pravilnik o pitni vodi s spremembami in dopolnitvami (2 – 6). V mikrobiološke kriterije so v okviru rednih preskušanj zajeti normativi za skupno število aerobnih mezofilnih mikroorganizmov, prisotnost koliformnih mikroorganizmov, enterokokov, bakterij vrste *Escherichia coli* (*E. coli*) ter spor vrste *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*) iz skupine sulfit reducirajočih klostridijev. V določenih primerih ugotavljamo tudi prisotnost vrste *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*). V okviru monitoringa izvajamo redna preskušanja vzorcev s poudarkom na mikrobioloških parametrih, ki zagotavljajo osnovne informacije o pitni vodi ter informacije o učinkovitosti priprave pitne vode, kjer se ta uporablja. Druga skupina so občasna preskušanja, s katerimi, poleg mikrobioloških, preverjamo tudi širok nabor kemijskih parametrov, npr. nitrate, pesticide, težke kovine, itd. (2 – 6). Vzorčenje poteka na oskrbovalnih območjih, ki so vir za pitno vodo javnega vodovodnega omrežja (7).

Tako je kakovost pitne vode iz oskrbovalnih območjih, ki so v letu 2007 oskrbovala okrog 92 % prebivalstva (7) bolj ali manj občasno kontrolirana. Ostali porabniki uporabljajo vodo iz nekontroliranih oskrbovalnih območjih ali pa imajo lasten vir oskrbe z vodo. V ta namen velikokrat uporabljajo vodo iz svojih zajetij površinske ali nepovršinske vode, izvirov, deževnico, oziroma kapnico. Tudi nekatera kmetijska gospodarstva vsakodnevno potrošijo precejšnje količine vode za zalivanje, namakanje, napajanje živine in čiščenje. V ta namen velikokrat uporabljajo vodo iz svojih zajetij, ker je ta rešitev cenovno ugodnejša. Po podatkih popisa vodnjakov in vrtin v zasebni lasti na območju vodnih virov Mestne občine Ljubljana, je bilo skupno evidentiranih kar 1686 takšnih vodnih zajetij (8). Neevidentiranih vodnjakov je v Sloveniji še zelo veliko. To vodo inšpekcija redko kontrolira, razen v primeru, če lastniki sami oddajo vzorec v kontrolo pooblaščenim laboratorijem. Marsikdo od njih se ne zaveda, da je slaba mikrobiološka kakovost in fizikalno-kemijska onesnaženost vode lahko vzrok različnih obolenj ljudi in živali. V takšni vodi so lahko prisotni virusi, bakterije, glive, paraziti. Mnogi od njih tvorijo toksine, ki so nevarni za človeka. Prisotne so tudi različne kemijske snovi, pesticidi, težke kovine, nitriti, nitrati, amonij, in druga kmetijska, industrijska in komunalna onesnažila (9). Kakovost podtalnice je lahko ogrožena zaradi odlagališč odpadkov, industrijskih izplak, prenaseljenosti, neustreznega sistema kanalizacije, večjih kmetijskih, zlasti živinorejskih objektov, prometa itd. Zato je nujno tudi poznavanje in razumevanje procesov kot so sorpcija, disperzija in difuzija teh snovi v zemeljskih plasteh (10). Gnojevka iz farm in kmetijskih površin pronica v podtalnico in odprte ali površinske vodne vire, kjer lahko pride do okužbe npr. s koliformnimi mikroorganizmi, izmed katerih je najpogostejša *E. coli*, vključno z njeno hemoragično obliko *E. coli* O157:H7. Ta oblika je lahko prisotna kar v 1 – 3 % pitne vode, *Salmonella* pa v 5 % pitne vode (11). Rezultat prevelikega vnosa gnojil na obdelovalne površine so povečane koncentracije nitratov v podtalnici, ki se povečujejo kljub uredbi, ki omejuje vnos dušika na varstvenem pasu, gnojenje z gnojevko in gnojnico na kmetijskih zemljiščih v času brez zelene odeje pa je prepovedano (12). Rezultati občasnih preskusov vzorcev pitne vode so pokazali, da je bilo v letu 2007 zaradi kemijskih parametrov neskladnih 7 % vzorcev iz vodonosnikov, ki so izvor pitne vode in sicer le v razredih, ki oskrbujejo do 50.000 ljudi (na večjih sistemih ni bilo kemijsko neskladnih vzorcev). To znova kaže na problem majhnih oskrbovalnih vodonosnih območij, ki so redkeje ali pa sploh niso kontrolirana.

Vodna direktiva 2000/60/ES v 4. členu (Okoljski cilji) zahteva od članic, da do leta 2015 dosežejo dobro kemijsko in količinsko stanje za vsa vodna telesa podzemne vode (13). Vendar vodna direktiva zajema le tiste vire, iz katerih se za oskrbo s pitno vodo načrpa več kot 100 m<sup>3</sup> vode dnevno. (14). V ta namen je bil izdan tudi Pravilnik o monitoringu

podzemnih voda (15), ki določa način, pogostost vzorčenja, analiz ali meritev v skladu z Vodno direktivo Evropskega parlamenta 2000/60/ES (13). Vendar žal ta pravilnik zajema samo pregled kemijskega stanja in hidroloških pojavov podzemne vode na vzorčnih mestih, npr. na izbranih vodnjakih, vrtinah ali površinskih vodah, ki bogatijo vodonosnik (15). V ta sklop pa niso vključene mikrobiološke preiskave vzorcev podzemnih voda.

### **Problematika Prekmurja:**

Porečje Mure zajema 6,9 % površine Slovenije. Gostota naseljenosti je enaka slovenskemu povprečju. Kmetijskih površin je 66 %, gozdnih 30 % pozidanih 4 %. Za pitno vodo služi kar 99 % podzemne vode in 1 % izvirov podzemne vode. Le 10 % kmetijskih gospodarstev na porečju Mure je vključenih v izvajanje Nitratne direktive in uveljavljajo plačila za investicijske stroške za izgradnjo kapacitet za živinska gnojila (gnojišča, urejene jame za gnojevko, itd.). Dodatne obremenitve predstavlja tudi industrijska odpadna voda. (16). Največji problemi v porečju Mure so prekomerne vsebnosti hranil (dušikove in fosforne spojine) v vodi, organsko onesnaženje in hidromorfološke obremenitve na večini vodnih teles (16). Vse to je povezano tudi s prekomerno vsebnostjo določenih skupin mikroorganizmov v podtalnici in površinskih vodah. Poleg problematike slabe kakovosti kontrolirane vode iz oskrbovanih območij pa je zaskrbljujoče tudi dejstvo, da se kar 22 % prebivalcev oskrbuje iz lastnih vodooskrbnih objektov, ki niso pod nobenim nadzorom (17).

Namen raziskave je ugotoviti mikrobiološko kakovost vzorcev vode iz posameznih individualnih zajetij, odvzetih v Prekmurju in ostalih področjih Slovenije. Ugotoviti želimo prisotnost ali število tistih skupin mikroorganizmov, ki so zakonsko predpisani za redno in občasno kontrolo pitne vode, to so skupno število mikroorganizmov, prisotnost koliformnih mikroorganizmov, enterokokov in bakterij *E. coli*, *P. aeruginosa* ter *C. perfringens*. Želimo ugotoviti mikrobiološko kakovost in nekatere fizikalno-kemijske lastnosti vzorcev vode, odvzetih v vodnjakih po Sloveniji v zimskem in poletnem obdobju. V prispevku bomo zaradi pereče problematike posebej izpostavili rezultate vzorcev, odvzetih v Pomurju.

## **METODE**

### **Vzorčenje:**

Odvzeli smo 64 vzorcev vode iz skupno 32 zajetij podzemne vode, ki so v obliki vodnjakov, vrtin ali zbiralnikov. Vorce smo odvzeli dvakrat in sicer v zimskem (od decembra do marca) in poletnem obdobju (od junija do septembra) v letih 2008 in 2009. Osemnajst (18) vzorcev smo odvzeli v Prekmurju, ostale v drugih področjih Slovenije. Šest (6) vzorcev smo odvzeli v primorski regiji, 12 vzorcev v širši gorenjski regiji, 6 vzorcev v Zasavju, 4 vzorce v koroški regiji, 6 vzorcev v osrednje slovenski regiji, 2 vzorca na Notranjskem in 10 vzorcev v štajerski regiji. Vodo iz teh vodnjakov uporabljajo ljudje stalno ali začasno za pitje, napajanje živine, zalivanje vrtin, pranje, itd. Vzorčili smo po navodilih za odvzem pitne vode ali vodnjakov, zbiralnikov in kapnic (18, 19).

### **Preiskave:**

Mikrobiološke preiskave smo izvedli tako, da smo ugotavljali rast, oziroma tvorbo kolonij mikroorganizmov v mikrobioloških gojiščih za tiste vrste, ki so navedeni v splošnih zahtevah za pitno vodo, oziroma, ki so v obsegu rednih preskušanj (2).

Mikrobiološke preiskave smo izvedli upoštevajoč priporočene postopke in mednarodne standarde:

- Ugotavljanje skupnega števila aerobnih mikroorganizmov pri temperaturi inkubacije 22 °C in 37 °C (20).
- Ugotavljanje prisotnosti koliformnih mikroorganizmov in bakterije *E. coli* (21).
- Ugotavljanje prisotnosti enterokokov (22).
- Ugotavljanje prisotnosti bakterije *P. aeruginosa* (23).
- Ugotavljanje prisotnosti sulfit reducirajočih klostridijev, oziroma bakterije *C. perfringens* vključno s spori v 100 ml (24, 25).

Izmerili smo naslednje kemijske parametre: vrednost pH (pH meter Omnilab, Nemčija), prisotnost nitritov in nitratov (Merckoquant nitrat 10020, Merck, Nemčija) ter amonija (Merckoquant Amonij, 10024, Merck, Nemčija).

Statistična analiza je bila izvedena s pomočjo programa Microsoft Excel in orodja za analizo varianc (Anova), kjer smo izračunali najnižje in najvišje vrednosti (min, max), povprečja meritev in statistično značilne razlike med sezonami (Pearsonov koeficient). Kot mejo statistične značilnosti smo določili  $p < 0,05$ .

## REZULTATI

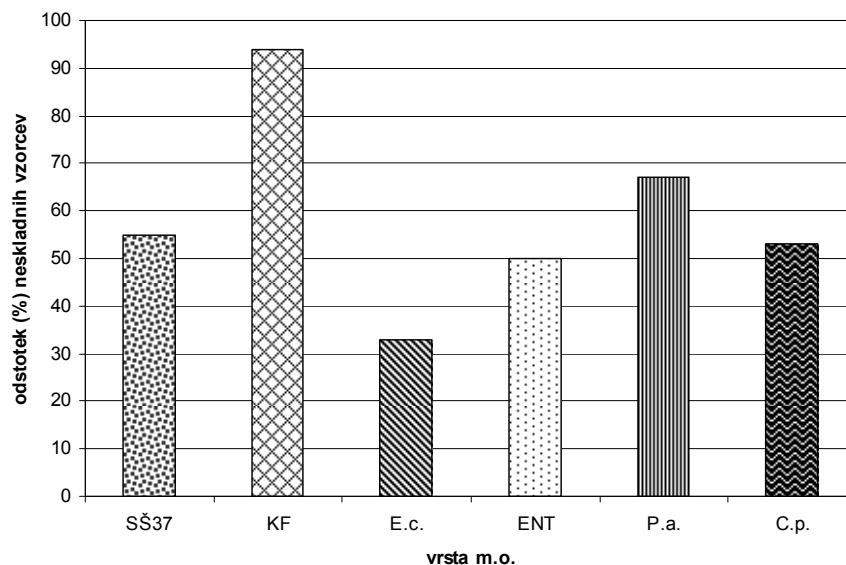
Po Pravilniku o pitni vodi (2) so vzorci skladni, če skupno število aerobnih mezofilnih mikroorganizmov, inkubiranih pri 37 °C ne presega 100 KE/ml in če v 100 ml vzorca ni prisotnih koliformnih bakterij, bakterij vrst *E. coli*, *C. perfringens* ter *P. aeruginosa*. Skupno število mikroorganizmov, inkubiranih pri temperaturi 22 °C, se določa v 1 ml vzorca vode (20) in ne sme biti večjih sprememb glede na izvorno vodo (2).

### Celotna Slovenija:

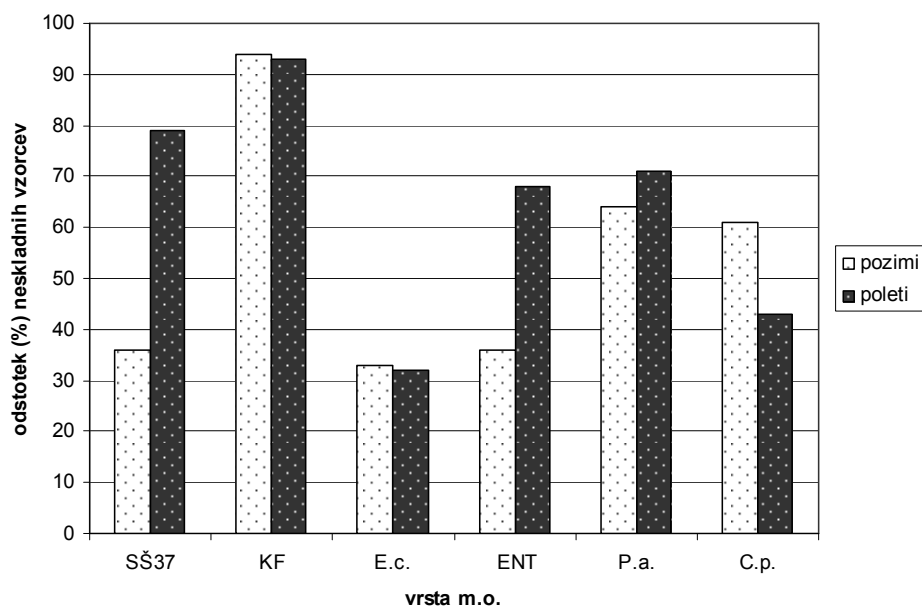
Od 64 preiskanih vzorcev iz celotne Slovenije jih je bilo glede na normative za pitno vodo (2) kar 61 (95 %) neskladnih. Najpogostejši vzrok za neskladnost je bila prisotnost koliformnih mikroorganizmov (v 95 % preiskanih vzorcev) ali povišano skupno število aerobnih mezofilnih mikroorganizmov v 35 (55 %) preiskanih vzorcih (Slika 1). Število aerobnih mikroorganizmov po inkubaciji pri 22 °C je v 33 (52 %) vzorcev preseglo 100/ml. Bakterija *E. coli* je bila prisotna v 21 (33 %) vzorcev. Tudi enterokoki in sulfit reducirajoči klostridiji (*C. perfringens*) so bili prisotni v 50, oziroma 53 % vzorcev, *P. aeruginosa* pa celo v 43 (67 %) primerov (slika 1).

Nitrate smo zasledili v 48 (75 %) od vseh odvzetih vzorcev, mejno koncentracijo 50 mg/l je bila dosežena ali presežena v 14 (22 %) primerih, večinoma v prekmurskih vzorcih. Nitritov z uporabljen metodo nismo zasledili, amonij pa je bil prisoten samo enkrat.

Statistično značilnih razlik v odstotku neskladnih vzorcev med zimskim in letnim obdobjem ni bilo ( $P > 0,05$ ). Poleti se je povečalo število vzorcev, kjer so bili preseženi normativi skupnega števila mikroorganizmov in prisotnosti enterokokov (Slika 2).



Slika 1: Odstotek (%) neskladnih vzorcev zaradi povišanega števila ali prisotnosti posameznih skupin ali vrst mikroorganizmov, odvzetih po slovenskih regijah, (SŠ37: skupno število mikroorganizmov, inkubiranih pri 37 °C; KF koliformni mikroorganizmi; E.c.: *E. coli*; ENT: enterokoki; P.a.: *P. aeruginosa*; C.p.: *C. perfringens*).



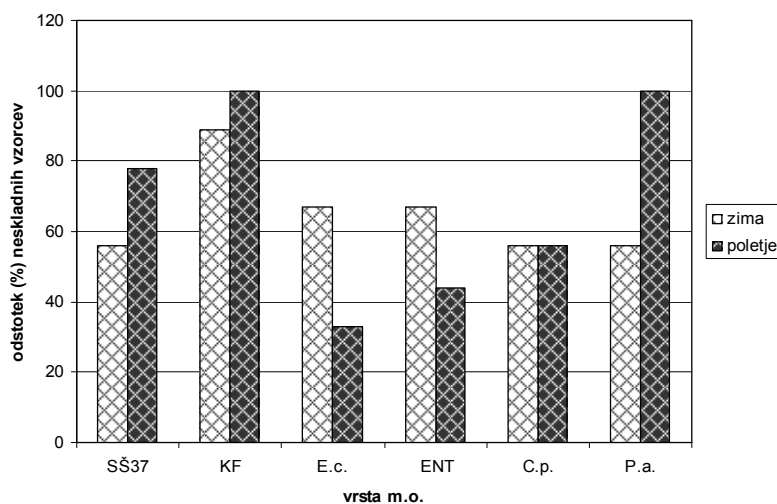
Slika 2: Odstotek (%) neskladnih vzorcev, odvzetih po slovenskih regijah, zaradi povišanega števila ali prisotnosti posameznih skupin ali vrst mikroorganizmov v zimskem in letnem obdobju (SŠ37: skupno število mikroorganizmov inkubiranih pri 37 °C; KF koliformni mikroorganizmi; E.c.: *Escherichia coli*; ENT: enterokoki; P.a.: *Pseudomonas aeruginosa*; C.p.: *Clostridium perfringens*).



Slika 3. Zemljevid Prekmurja z označenimi vzorčevalnimi mesti

### Prekmurje:

V Prekmurju smo vzorčili na 9 izbranih vodnjakih, ki so razporejeni po celotni regiji (Slika 3). Vsi (100 %) preiskani vzorci iz Prekmurja so bili neskladni, v 17 (94 %) primerih je bil vzrok za neskladnost prisotnost koliformnih bakterij, v 12 (67 %) vzorcih pa povišano skupno število mikroorganizmov, inkubiranih pri 37°C. V 13 (72 %) vzorcih je skupno število mikroorganizmov, inkubiranih pri 22 °C, presegalo 100 KE/ml, *E. coli* je bila prisotna v 9 (50 %) vzorcih, enterokoki in *C. perfringens* v 10 (56 %) vzorcih in *P. aeruginosa* v 14 (78 %) vzorcih. Statistično značilne razlike med mikrobiološko kakovostjo vzorcev, odvzetih v zimski in poletni sezoni nismo zasledili ( $P>0,05$ ), tudi ne v številu bakterij iz vrste *P. aeruginosa* ( $P=0,051$ ), kjer je število neskladnih vzorcev, odvzetih poleti, znatno višje, kot pri vzorčenjih v zimskem obdobju (Slika 4).



Slika 4. Odstotek (%) neskladnih vzorcev, odvzetih samo v prekmurski regiji, zaradi povišanega števila ali prisotnosti posameznih skupin ali vrst mikroorganizmov v zimskem in letnem obdobju (SŠ37: skupno število mikroorganizmov inkubiranih pri 37 °C; KF koliformni mikroorganizmi; E.c.: *E. coli*; ENT: enterokoki; P.a.: *P. aeruginosa*; C.p.: *C. perfringens*).

Tabela 1. Statistični parametri za število KE v vzorcih iz Prekmurja

| Statistični parametri | Sezona  | Skupine mikroorganizmov |                   |                  |                   |
|-----------------------|---------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|                       |         | SS22 <sup>1</sup>       | SS37 <sup>1</sup> | ENT <sup>2</sup> | P.a. <sup>2</sup> |
| Povprečje             | Zima    | 393,8                   | 158,6             | 6,2              | 41,3              |
|                       | Poletje | 341,9                   | 241,1             | 18,9             | 102,7             |
| Minimum               | Zima    | <1                      | 6                 | <1               | <1                |
|                       | Poletje | 2                       | 36                | <1               | 14                |
| Maksimum              | Zima    | 1950                    | 500               | 21               | 150               |
|                       | Poletje | 600                     | 560               | 55               | 200               |

<sup>1</sup> število KE/1 ml vzorca; <sup>2</sup> število KE/100 ml vzorca; Povprečje: povprečno število KE v vseh preiskanih vzorcih; Min: najmanjše število KE, ki smo jih prešteli v enem vzorcu; Max: največje število KE, ki smo jih prešteli v enem vzorcu

Prisotnost nitratov smo zasledili v kar 16 od 18 vzorcev (89 %), od tega je v 50 % vzorcev koncentracija dosegala ali presegala dovoljene vrednosti 50 mg/l. Nitritov v mejah občutljivosti uporabljene metode nismo zasledili. Pozimi smo mejno vrednost izmerili v 22 % vzorcev, poleti pa v kar 89 %, povprečna koncentracija nitrata v vzorcih je bila v poletnih vzorcih kar 45,6 mg/l.

## RAZPRAVA

Onesnaženost podzemne vode je poleg procesov onesnaževanja in s tem povezanega prenosa onesnaževal v prostor predvsem odvisna od lastnosti vodonosnikov. Ocena njegove ogroženosti je odvisna od stopnje urbanizacije in razvitosti komunalne infrastrukture. Vodooskrba je že tradicionalno vezana na zajemanje podzemne vode. V preteklosti je bila vezana na ročno kopane vodnjake in na zajemanje vode iz izvirov. Ta način oskrbovanja s pitno vodo je aktualen tudi danes, kjer v večjih urbanih centrih oskrbujejo prebivalstvo s pitno vodo iz večjih vodonosnih sistemov, v ruralnem območju pa je ostal vodooskrbovalni sistem podoben tistemu v preteklosti. Ker je v Sloveniji izvorov podzemne pitne vode relativno veliko, se z njimi pogosto ravna neodgovorno in tako pride do njihovega onesnaževanja. Do neke mere so vodonosniki delno sposobni samočiščenja, zaradi počasnega pretoka vode skozi kamnine ali sedimente, ki adsorbirajo in absorbirajo onesnaževala. Če je onesnaževanje pretirano, tudi samočiščenje ni več učinkovito. V takšnih primerih največkrat pride do iskanja novega vira in ne do sanacije že obstoječega. Pozitivne strani uporabe podzemne vode so številne. Ljudje uporabljajo takšno vodo zaradi njenega vonja, okusa, predvsem pa zavesti, da voda prihaja iz čistega in naravnega vira, zaloge so tudi dokaj sezonsko stabilne (26).

V poskusu smo zajeli 64 vzorcev vode iz 32 vodnjakov, ki smo jo vzorčili po različnih slovenskih regijah v zimskem in poletnem obdobju. To vodo uporabljajo prebivalci velikokrat tudi za pitje, zalivanje povrtnine ali napajanje živine. Zato mora ustrezati vsem normativom, ki veljajo za pitno vodo. Osredotočili smo se na mikrobiološko kakovost vode in na prisotnost nitritov in nitratov, kot pokazateljev fekalnega onesnaževanja podtalnice zaradi intenzivnega gnojenja poljedelskih površin in intenzivne živinoreje. Posebno pozornost smo posvetili kakovosti vode iz Prekmurja, saj podatki kažejo, da je problematika pitne vode na tem področju zelo pereča.

Kar polovica vzorcev je vsebovala več kot 100 KE skupnih aerobnih mezofilnih mikroorganizmov v 1 ml vzorca, v Prekmurju je bilo število neskladnih vzorcev še višje (67 %). Povprečno število teh mikroorganizmov v prekmurskih vzorcih je bilo okrog 200 KE/ml, nekoliko nižje je bilo v zimskem obdobju. Število aerobnih mezofilnih mikroorganizmov je parameter, uporaben pri ugotavljanju ustreznosti postopkov priprave vode. Med bakterijami te skupine so tudi take, ki lahko povzročijo zdravstvene težave, npr. *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Klebsiella*, itd. Te lahko preidejo v vodo iz okolja oz. površin v okolici vodnjaka. Epidemiološke raziskave do sedaj niso pokazale povezave med povečanim številom teh aerobnih mikroorganizmov, poraslih pri 37 °C in hidričnimi epidemijami (27). Tudi število aerobnih mikroorganizmov po inkubaciji pri 22 °C je v 52 % vzorcev (72 % v Prekmurju) preseгло 100/ ml, čeprav v Pravilniku o pitni vodi (2004) s spremembami in dopolnitvami (2 – 6) niso navedene mejne vrednosti. Število aerobnih mikroorganizmov, ki jih inkubiramo pri temperaturi 22 °C, zajema namreč tiste mikroorganizme, ki so sposobni rasti in razmnoževanja v vodi in ne ogrožajo uporabnikovega zdravja. Te bakterije so v vodi prisotne kot normalna mikroflora, ki so včasih za posamezen vodni vir celo značilna. Podatek nam predstavlja izhodišče za higiensko stanje sistema ali okolice, od koder je vzorec odvzet. Ta definicija v zakonodaji ni popolnoma opredeljena, navedeni kriterij je »brez vidnih sprememb« (2 – 6).

Zanimivo je, da je skupno število mikroorganizmov, inkubiranih pri temperaturi 22 °C, nekoliko nižje poleti, kot pozimi. Ena od razlag tega rezultata je, da so ti mikroorganizmi bolj prilagojeni na nizke zimske temperature in se v teh pogojih bolje razmnožujejo. V vzorcih smo najpogosteje (v 95 % skupnih in 94 % prekmurskih vzorcih) zasledili koliformne bakterije, ki so pokazatelji fekalnega mikrobnega onesnaževanja, saj so prisotni v visokem številu v blatu ljudi in toplokrvnih živali, v naravi v čisti vodi niso prisotni, na postopke obdelave in priprave vode pa se odzivajo podobno kot patogeni mikroorganizmi (28). V to skupino spada tudi *E. coli*, ki je lahko v človeškem blatu prisotna tudi v koncentracijah 10<sup>9</sup>/g in je zato zanesljivo v odplakah in vodah, ki so izpostavljene onesnaževanju s fekalijami (človeka, divjih živali, uporabe v kmetijstvu). V našem poskusu smo jo zasledili v 33 % odvzetih vzorcev. Celo v najbolj oddaljenih krajih, kjer bi pričakovali čisto vodo, tega onesnaževanja ne moremo popolnoma izključiti (prisotnost divjih ptic, divjadi, klimatske spremembe, itd.) (28). Vendar v skupino koliformnih bakterij uvrščamo poleg rodu *Escherichia*, še druge laktozo fermentirajoče rodove, kot so *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, katere ne najdemo samo v fecesu, ampak tudi v okolju, v zemlji, rastlinskih odpadkih, površinskih vodah ali prehransko bogatem okolju (*Serratia fonticola*, *Rahnella aquatilis*, *Butiauxella agrestis*, itd.). Zato te skupine bakterij ne moremo uporabljati kot indikatorja izključno fekalnega onesnaževanja, je pa primerna za presojo ustreznosti priprave vode in prisotnosti organskih snovi v njej (28).

Enterokoke lahko prav tako upoštevamo kot zanesljive fekalne indikatorje. V vodi se skoraj ne razmnožujejo in se ohranijo v njej dlje časa kot koliformne bakterije, vključno z bakterijo *E. coli*. Zelo so odporni za izsuševanje in so uporabni tudi za ugotavljanje onesnaženosti podtalnice s spiranjem iz zgornjih površinskih slojev zemlje (28). Enterokoki so bili prisotni v naših vzorcih celo pogosteje kot *E. coli*, kar kaže na trajno onesnaževanje podtalnice, oziroma vode iz vzorčenih vodnjakov.

Sulfit reducirajoči klostridiji, z glavnim predstavnikom vrsto *C. perfringens*, so sporogene bakterije, ki so najpogosteje prisotni v fecesu, zemlji in drugod v okolju. Spore preživijo v vodi zelo dolgo in so odporne za dezinfekcijo. Če so v vodi prisotni skupaj z ostalimi pokazatelji, je okužba sveža, če so sami, pa kažejo staro fekalno onesnaženje ali odplake.



Največkrat testiramo na prisotnost sulfit reducirajočih klostridijev tisto pitno vodo, katere izvor je površinska voda (2 – 6, 28). V naših vzorcih, ki smo jih odvzeli iz vodnjakov, katerih vir je bila podtalnica ali neposredno ob izviru, predvidoma niso imeli stika s površinsko vodo. Kljub temu so bili v več kot 67 % vzorcev spore klostridijev prisotne.

Vrsta *P. aeruginosa* v pitni vodi dokazuje njegovo primarno naselitev in prisotnost biofilmov, ki jih pogosto sestavlja oportunistična mikroflora. Spada namreč v skupino oportunističnih in drugih patogenih agensov. Običajno mikroorganizmi iz te skupine niso patogeni, vendar lahko pitje vode, zlasti pa kontakt z okuženo vodo, npr. pri kopanju, lahko pri ljudeh z okvarjenimi lokalnimi ali splošnimi obrambnimi mehanizmi povzroči infekcije kože, sluznic oči, zunanjšega sluhovoda, nosu, žrela (28).

Statistično značilnih razlik v številu mikroorganizmov med zimskim in poletnim vzorčenjem nismo zasledili. Deloma je to razumljivo. Podzemna voda je v primerjavi s površinsko vodo manj podvržena sezonskim in trenutnim nihanjem kakovosti, ki so posledica meteoroloških in antropogenih dejavnikov in ostalim okoljskim spremembam (26).

Odstotni delež neskladnih vzorcev pitne vode, ki je pod uradno kontrolo pristojnih institucij, močno pada z velikostjo razreda oskrbovalnih območij, zato lahko naše rezultate deloma primerjamo z mikrobiološko kakovostjo vode iz najmanjših oskrbovalnih območij. Rezultati rednih preskušanj pitne vode iz oskrbovalnih območij Slovenije kažejo, da je bilo v letu 2007 v najnižjem velikostnem razredu (50-500 prebivalcev) neskladnih 54 % vseh vzorcev, zaradi prisotnosti bakterije *E. coli* pa 31 % vzorcev. Število neskladnih vzorcev vodnjakov je bilo v našem poskusu znatno višje (95 %), medtem ko je število vzorcev z bakterijo *E. coli* (32,5 %) zelo podobno uradnim podatkom za pitno vodo v letu 2007, ki ga je objavil Inštitut za varovanje zdravja (7).

#### **Problematika Prekmurja:**

Uradni podatki mikrobiološke kakovosti pitne vode na oskrbovalnih področjih (7), kot tudi naši rezultati vzorčenj vodnjakov kažejo, da je voda v Prekmurju zelo onesnažena. Bitenc in sod. (7) poroča, da je bila bakterija *E. coli* največkrat prisotna v vzorcih pitne vode poleg območij ZZV Novo mesto, Nova Gorica, Kranj tudi v območju ZZV Murska Sobota. Tudi mi smo zasledili bakterijo *E. coli* v kar 50 % vzorcev iz vodnjakov iz Prekmurja. Delež oskrbovalnih območij z neskladnimi vzorci je bil največji na območjih ZZV Murska Sobota (72 %) (7), v našem poskusu so bili vsi vzorci iz tega področja neskladni. Bitenc s sod. (7) tudi poroča, da z največ neskladnimi kemijskimi parametri in vzorci pitne vode izstopa ravno območje ZZV Murska Sobota (arzen, nitrati, vsota [nitrat]/50+[nitrit]/3, atrazin, desetilatrazin, bentazon, pesticidi vsota). Preseženim koncentracijam nitratov je bilo izpostavljenih 3.555 prebivalcev, vsi na območju ZZV Murska Sobota (7). Nitrati nad dovoljeno vrednostjo so bili v našem poskusu prisotni v polovici vzorcev. Ugotovili smo, da so nitrati pogosto prisotni tudi v ostalih odzemnih mestih SV Slovenije. Bitenc in sod. (7) navajajo kot vzrok za tako slabo kakovost vode v Pomurju dejstvo, da je vsa surova voda, ki jo uporabljajo prebivalci, za razliko od ostalih regij, nepovršinska. Za 1,5 % prebivalstva (7 oskrbovalnih območij) v tej regiji ni podatka, ali uporabljajo površinsko ali nepovršinsko vodo. Podtalnica v Pomurju leži zelo plitvo pod površjem (3 – 6 m). Področje je intenzivno kmetijsko, hkrati pa so v dolini tudi naselja, ki nimajo urejene kanalizacije. Podtalnica se napaja v glavnem iz padavin, ki spirajo onesnaževala iz površine v podtalnico (29). Menimo, da je to eden izmed glavnih vzrokov mikrobiološkega

onesnaževanja kakor tudi prisotnosti visoke koncentracije nitratov v vzorcih, odvzetih v našem poskusu.

S problematiko zagotavljanja kakovostne pitne vode se zavzeto ukvarjajo tudi na ZZV Murska Sobota. Rešitev vodooskrbe v regiji vidijo v centralizaciji vodooskrbe, na kar že vrsto let opozarjajo tako javnost, kot tudi lokalne skupnosti. S centralizacijo vodooskrbe bi se zagotovila zdrava pitna voda tudi za prebivalce, ki se sedaj s pitno vodo oskrbujejo individualno. Za vse obstoječe vodovode je nujno potrebno strokovno določiti vodovarstvene pasove, predpisati režime upravljanja v vodovarstvenih pasovih, zagotoviti vzdrževanje vodnih sistemov, itd. (17).

Menimo, da bi morali za izboljšanje podzemne vode in velikega števila individualnih vodnjakov, ki se še vedno množično uporabljajo zlasti v ruralnem območju, večjo pozornost posvetiti kontroli ravnanja z odpadki (divja odlagališča), gnojenja kmetijskih površin, urejanja živinorejskih obratov ter industrijskih in komunalnih izpustov odpadne vode.

## SKLEP

1. V Sloveniji, zlasti v ruralnem območju, prebivalci še vedno pogosto uporabljajo individualne vodnjake ali zajetja za oskrbo s pitno vodo. Kakovost te vode največkrat ni kontrolirana.
2. Ugotovili smo, da je 95 % vzorcev vode iz individualnih zajetij ni skladnih s Pravilnikom o pitni vodi, predvsem zaradi prisotnosti koliformnih bakterij, vključno z vrsto *E. coli*, enterokokov in zaradi povišanega števila aerobnih mezofilnih mikroorganizmov.
3. Najbolj problematična je kakovost vzorcev vode iz Prekmurja, saj nobeden izmed preskušanih vzorcev ni bil skladen s Pravilnikom o pitni vodi.
4. Vzrok neskladnosti vzorcev iz Prekmurja je prav tako prisotnosti koliformnih bakterij, in povišano število aerobnih mezofilnih mikroorganizmov.
5. V kar 75 % vseh preskušanih in 89 % prekmurskih vzorcev so bili prisotni nitrati, od tega je njihova koncentracija v 22 % vseh (59 % prekmurskih) vzorcev dosegala ali presežala 50 mg/ml.

## KRATICE IN OKRAJŠAVE:

KE/ml: kolonijske enote v ml vzorca (iz angl.: CFU: colony forming units/ml);

m.o.: mikroorganizmi;

SŠ37: skupno število mikroorganizmov inkubiranih pri 37 °C;

KF: koliformni mikroorganizmi;

E.c.: *Escherichia coli* (*E. coli*);

ENT: enterokoki;

P.a.: *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*);

C.p.: *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*);

p-vrednost: najmanjša stopnja značilnosti, pri kateri še zavrnamo ničelno hipotezo.  $P < 0,05$ ;

ZZV: Zavod za zdravstveno varstvo.

## LITERATURA

1. Roš M (2007). Voda kot tehnološka dobrina. V: Raspor P, Kuščer E (ur.) Pomen biotehnologije in mikrobiologije za prihodnost, Biotehniška fakulteta, Ljubljana: 23 – 30.
2. Pravilnik o pitni vodi (2004). Uradni list Republike Slovenije, 19: 2155 – 2166.
3. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o pitni vodi (2004). Uradni list RS 35/04: 4137.
4. Pravilnik o spremembi Pravilnika o pitni vodi (2006). Uradni list RS 26/06: 2751.
5. Pravilnik o spremembah Pravilnika o pitni vodi (2006). Uradni list RS 92/06: 9792.
6. Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o pitni vodi (2009). Uradni list RS 25/09: 3356.
7. Bitenc K, Gale I, Petrovič A (2008). Poročilo o pitni vodi v republiki Sloveniji, Inštitut za varovanje zdravja RS, Ljubljana, Center za zdravstveno ekologijo, <http://www.ivz.si> <31.08.2009>
8. Smrekar A, Fridl J, Kladnik D, Pipan P, Rejec Brancelj I (2004) Popis vodnjakov in vrtin v zasebni lasti na območju vodnih virov Mestne občine Ljubljana. <http://giam.zrc-sazu.si/?q=sl/node/272> <01.09.2009>
9. Cebon, A, Garnier J (2005). *Nitrobacter* and *Nitrospira* genera as representatives of nitrite-oxidizing bacteria: Detection, quantification and growth along the lower Seine River (France). *Water Research* 39: 4979-4992.
10. Zupanc V, Veselič M, Cepuder P (2001). Vpliv agregacije poroznega medija na prenos nitrata in amonija v zemeljskih kolonijah. *Acta Hydrotechnica* 19(31): 117 - 135.
11. Veling, J. e tal., 2002. *Preventive Veterinary Medicine*, 53 (1-2): 31 - 42.
12. Bračič – Železnik B (2001). Vodovarstveni pasovi na območju Ljubljane in izvajanje ukrepov za varovanje podtalnice. V: Zbornik seminarja: Zdravstvena ustreznost pitne vode in varnost oskrbe. Otočec ob Krki, 3. april, 2001: 18 – 38.
13. Water Framework Directive (2000). European Parliament and the Council, 2000/60/ES, 28. <sup>th</sup> October, 2000; 1 – 94.
14. Program spremljanja kemijskega stanja podzemnih voda za leto 2009, Agencija RS za okolje, MOP, 1-114, <http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/>, <01. 09. 2009>
15. Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (2009). Uradni list RS, št. 31/2009, 20.04.2009: 4450 – 55.
16. Globevnik L (2007). Voda kot politična dobrina. V Raspor P, Kuščer E (ur.) Pomen biotehnologije in mikrobiologije za prihodnost, Biotehniška fakulteta, Ljubljana: 11 - 21.
17. Kvaliteta pitne vode v Pomurju, Zavod za zdravstveno varstvo Murska Sobota, 2004 <http://www.zzv-ms.si/si/pitna-voda/kvaliteta-pitne-vode-v-Pomurju.htm> <01.09.2009>
18. Water quality – Sampling – Part 11: Guidance on sampling of groundwaters (1993) International Organization of Standardization SIST ISO 5667 – 11: 26.

19. Water quality – Sampling – Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems (2006) International Organization of Standardization ISO 5667 – 5: 17.
20. Water quality – enumeration of culturable micro-organisms – Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium (1999) International Organization of Standardization ISO 6222: 4.
21. Water quality – Detection and enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria – Part 1: Membrane filtration method, (2002). International Organization of Standardization SIST EN ISO 9308 – 1: 1 – 10.
22. Water quality – Detection and enumeration of intestinal enterococci – Part 2: Membrane filtration method (2000). International Organization of Standardization, 7899 – 2: 1-7.
23. Water quality – Detection and enumeration of *Pseudomonas aeruginosa* – Method by membrane filtration (2006). International Organization of Standardization ISO 16266: 12.
24. Water quality – Detection and enumeration of the spores of sulfite-reducing anaerobes (clostridia) – Part 2: Method by membrane filtration (1986) International Organization of Standardization, 6461: (2): 3.
25. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of *Clostridium perfringens* – Colony-count technique (2004) International Organization of Standardization, ISO 7937: 16.
26. Brenčič M (2001). Ranljivost in ogroženost podzemnih virov pitne vode – odprta vprašanja in problemi. V: Zbornik seminarja: Zdravstvena ustreznost pitne vode in varnost oskrbe. Otočec ob Krki, 3. april, 2001: 12 – 17.
27. Klun N (2001). Mikrobiološka kakovost vode od izvira do vodovodne pipe. V: Zbornik Kakovost pitne vode, ZTI, Portorož, 1.-3- oktober, 2001: 22-28.
28. Klun N (2002). Mikrobiologija pitne vode in kriteriji zdravstvene ustreznosti. Zbornik HACCP v oskrbi s pitno vodo. Gospodarska zbornica Slovenije, Združenje za varstvo okolja, Moravske Toplice, 12. – 13. september, 2002:13 – 22.
29. Pintar M, Lobnik F (2001) Dinamika pojavljanja pesticidov in nitratov v podtalnici pod intenzivnimi kmetijskimi površinami. V: Zbornik seminarja: Zdravstvena ustreznost pitne vode in varnost oskrbe. Otočec ob Krki, 3. april, 2001: 39 – 47.