



SLOVENSKO DRUŠTVO
ZA ZAŠČITO VODA

Simpozij z mednarodno udeležbo

VODNI DNEVI 2021

ZBORNİK REFERATOV



7.–8. oktober 2021

Rimske Toplice, Kongresni center Rimske terme

**ZBORNİK REFERATOV SIMPOZIJA
VODNI DNEVI 2021 Z MEDNARODNO UDELEŽBO**

Rimske Toplice, september 2021

Izdajatelj: Slovensko društvo za zaščito voda

Urednica zbornika: mag. Stanka Cerkvėnik

Programski odbor

Predsednica: dr. Marjetka Levstek

Člani: prof. dr. Mihael J. Toman

dr. Brigita Jamnik

dr. Polona Pengal

mag. Mojca Vrbančič

Nataša Uranjek

Lektoriranje: Anja Miklavčič

Oblikovanje in prelom: Melita Rak

Elektronska izdaja

Dostopno na: <https://sdzv-drustvo.si/vodni-dnevi/>

Brezplačni izvod

Ljubljana, 2021

Kataložni zapis o publikaciji (CIP)

pripravili v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID 80171011

ISBN 978-961-6631-17-4 (PDF)



UVODNA BESEDA PREDSEDNICE SLOVENSKEGA DRUŠTVA ZA ZAŠČITO VODA

Evropski zeleni dogovor je jasen. Do leta 2050 se je Evropska unija zavezala k uresničevanju ciljev za doseganje podnebne nevtralnosti. Del te zaveze je tudi osmi okoljski akcijski program, v katerem je za oblikovanje in izvajanje okoljske ter podnebne politike do leta 2030 voda vključena v kar dve od šestih prioritet: prizadevanje za ničelno onesnaženje s toksičnimi snovmi ter zaščita, ohranitev in ponovna vzpostavitev biodiverzitete. Naštete programske usmeritve so za vse Evropejce še posebej pomembne, strokovno javnost, na katere ramenih slonijo razvojne odločitve, pa že danes in jutri čakajo zahtevne naloge. Prave rešitve, ki jih bomo znali tudi osmisлити, bodo ključ do našega uspeha, zato smo jih vsebinsko vpeli v celoten program letošnjega simpozija.

Na letošnjih Vodnih dnevih, že 27. po vrsti, želimo skozi prizmo vode kot vrednote ugotoviti, kje smo, po kateri poti moramo iti in kako hitro se moramo odzvati, da bi dosegli zastavljene cilje. Ko domači strokovnjaki pod doseganje rezultate potegnemo črto, ugotavljamo, da resda nadgrajujemo svoje izkušnje in se bogatimo z najnovejšimi pristopi ter tehnološkim napredkom, kar izkazujemo tudi s primeri dobrih praks, na drugi strani pa se zavedamo, da bo marsikaj še treba spremeniti. Najprej sta to komunikacija in intenzivnejše sodelovanje posameznih strok, tudi v odnosu same politike pri upravljanju voda in varstvu okolja. Prav tako opozarjamo na nujnost pravočasnega povezovanja stroke z ostalimi deležniki, kjer ima še posebej pomembno vlogo civilna družba.

Program simpozija zato obsega 16 predavanj, razvrščenih v štiri tematske sklope. Iz različnih zornih kotov izpostavljamo razmišljanja tujih in domačih strokovnjakov, ki nam podajajo jasna sporočila in usmeritve. K uresničevanju zelenega dogovora moramo pristopiti strukturirano in z jasno vizijo. Tudi vodni viri in pitna voda so zaradi naših dejavnosti pod velikim pritiskom. V pitni vodi se pojavljajo novodobna onesnaževala, zaznavamo tudi prisotnost človeku nevarnih mikroorganizmov. Osredotočamo se na nove pristope pri pripravi in nadzoru pitne vode, pridobivamo pa tudi izkušnje pri upravljanju akumulacij kot zalog vodnih virov za pripravo pitne vode. Pri čiščenju odpadne vode je ključno interdisciplinarno razumevanje kompleksnega procesa čiščenja. Vrhunske rezultate želimo doseči ob čim nižji porabi energije in kemikalij ter s kar najnižjimi emisijami toplogrednih plinov. K uspehom prispevajo tudi pravilno delovanje malih komunalnih čistilnih naprav ter vgradnja enostavnih in zanesljivih sistemov, tudi tistih, ki so plod slovenskega razvoja. Tudi pri slednjih potrebujemo aktivno komuniciranje s širšo javnostjo in učinkovitejše pristope za usposabljanje ter ozaveščanje o njihovi namembnosti, vse to tudi z razumljivim zapisom zakonodaje, ki naj temelji na načelu sorazmernosti. Cilj Biotske strategije je do konca leta 2030 povezati 25.000 kilometrov rek in rečnih odsekov. Ko so v ospredju narava in vodna okolja, ugotavljamo, da v Sloveniji potrebujemo celostno analizo stanja pregrad ter postavitve lastne strategije. Prihajamo v desetletje renaturacij. Na biotsko

raznoverstnost vodnih teles vplivajo tudi podnebne spremembe. S pomočjo podnebnega modela izkazujemo tri različne ocene vodnih količin v Sloveniji. Vode v Sloveniji po izračunih ne bo primanjkovalo, se pa nakazuje povečanje ekstremnih dogodkov kar do 40 %.

Z izmenjavo mnenj na okroglih mizah in z razmišljanji na vodni kavarni želimo izpostaviti, da bo morala voda dobiti nazaj svojo vrednost, da mora področje celostnega upravljanja z vodami postati še bolj interdisciplinarno, vsi vpleteni v določene okoljske projekte pa se morajo med seboj še bolj učinkovito povezovati in komunicirati. Le tako bomo vode ohranili za ljudi in zaščitili naravo, kar je tudi glavni cilj zelenega dogovora.

Vsem se ob tej priložnosti tudi toplo zahvaljujemo za vašo udeležbo, saj ste s svojo prisotnostjo potrdili, kako pomembna je za vse nas celovita zaščita slovenskih voda.

Dr. Marjetka Levstek,
predsednica SDZV



KAZALO

- 3 **UVOD**
dr. Marjetka Levstek
- 9 **VODA KOT VREDNOST ALI KOT VREDNOTA?**
dr. Pavel Gantar
- 19 **RAZSODNOST IN RAHLOČUTNOST: O KOMUNICIRANJU VODE**
Maja Hawlina
- 31 **VODA V KROŽNEM GOSPODARSTVU Z UPORABO TRAJNOSTNIH KONCEPTOV**
izr. prof. dr. Nataša Atanasova, doc. dr. Darja Istenič,
doc. dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, asist. Matej Radinja, Petra Pergar,
dr. Barbara Goličnik Marušič, Manca Dremel, Živa Ravnikar in
prof. dr. Tjaša Griessler Bulc
- 45 **IZBRUH GASTROENTERITISA V MESTU HAVELOCK NORTH LETA 2016
IN NJEGOV VPLIV NA NOVOZELANDSKO VODNO INDUSTRIJO**
Anže Lenček
- 55 **AKUMULACIJA BUTONIGA U ISTRI –
PRVA ISKUSTVA U KORIŠTENJU ZA VOODOPSKRBU**
dr. Bojana Hajduk Černeha
- 67 **NOV PRISTOP K PRIPRAVI IN NADZORU KAKOVOSTI PITNE VODE
ZA ZAGOTAVLJANJE VARNE VODOOSKRBE**
Nataša Uranjek, Bernarda Stropnik, Petra Stropnik, Primož Rošer
- 77 **SUSTAINABILITY EVALUATION OF PHOSPHORUS REMOVAL TECHNIQUES
ON MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS**
Bengt Hansen, Magnus Rahmberg, Sofia Lovisa Andersson, Erik Lindblom,
Kristin Johansson
- 91 **CELOSTNA IZKUŠNJA TEHNOLOŠKE OPTIMIZACIJE VODENJA
BIOLOŠKEGA PROCESA ČIŠČENJA ODPADNE VODE**
Peter Cerar, Matej Černivec, Rok Pirnat

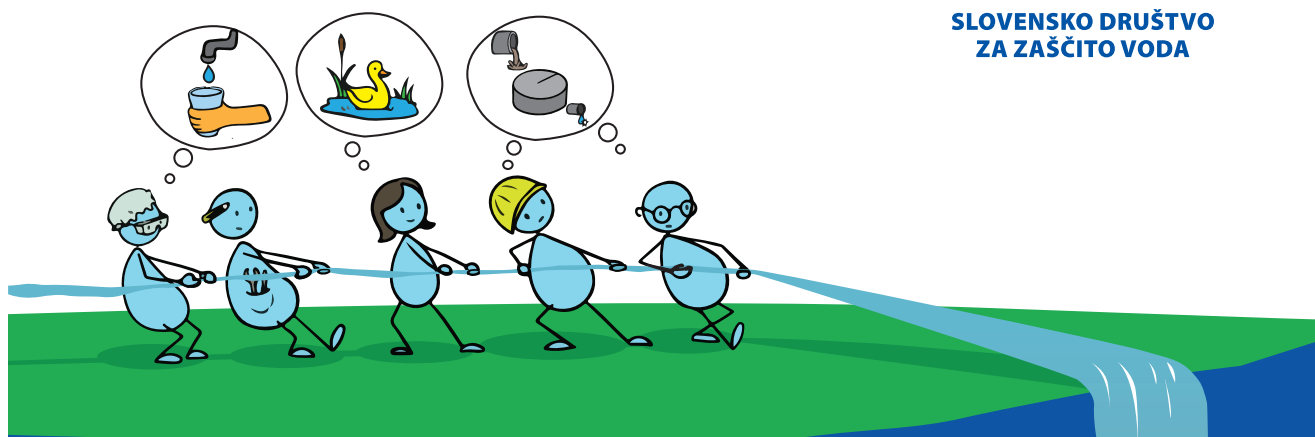




- 99 **MALE KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE ŠE VEDNO PREDSTAVLJAJO ŠTEVILNE IZZIVE**
mag. Mojca Vrbančič, Simona Viršek
- 113 **ČIŠČENJE KOMUNALNE ODPADNE VODE NA OBMOČJU RAZPRŠENE POSELITVE – NOVI PRISTOPI**
Sabina Senica, Aleš Levičar, Špela Arh Marinčič, Iztok Ameršek
- 127 **RAZDROBLJENOST REK V SLOVENIJI: POZIV K IZVEDBI NACIONALNEGA POPISA**
dr. Polona Pengal, Monika Gričnik, Živa Vita Alif
- 139 **NAJNOVEJŠA ZNANSTVENA DOGNANJA ZA BLAŽENJE UČINKOV PODNEBNIH SPREMOMB V VODNIH EKOSISTEMIH**
dr. Nataša Mori, dr. Tatjana Simčič, Tjaša Matjašič, dr. Polona Kogovšek, Maša Zupančič, doc. dr. Tina Eleršek
- 151 **OCENA SPREMOMB VODNIH KOLIČIN V SLOVENIJI DO KONCA 21. STOLETJA**
dr. Mira Kobold, dr. Peter Frantar
- 163 **ETIČNI PREMISLEKI O VIRIH PITNE VODE**
dr. Mihael Brenčič



SLOVENSKO DRUŠTVO
ZA ZAŠČITO VODA



Voda je naša skupna odgovornost. Zaščitimo jo!

Od leta 1991

- povezujemo,
- izobražujemo in
- ozaveščamo.

Vabljeni, da se nam pridružite!

Slovensko društvo za zaščito voda
Hajdrihova ulica 19, 1000 Ljubljana
www.sdzv-drustvo.si
sdzv@sdzv-drustvo.si



VODA KOT VREDNOST ALI KOT VREDNOTA?

dr. PAVEL GANTAR¹

Povzetek

Avtor raziskuje koncept ekosistemskih storitev in njegove implikacije za (pre)vrednotenje vode. Priznava, da koncept razširja razumevanje različnih razsežnosti vode in se zato odmi-ka od ozkega ekonomskega vrednotenja vode kot naravnega vira. Vendar pa z opredelitvijo različnih ekosistemskih storitev in njihovo kvantifikacijo, ki omogoča kalkulacijo in tržno vrednotenje storitev, ostaja trdno znotraj tržne ekonomije. Vrednost vode je več kot zgolj vsota ekosistemskih storitev, ki jih zagotavlja. Konceptu spodleti pri vzpostavljanju razlike med kvalitativnim in kvantitativnim vrednotenjem vode, torej med vodo kot vrednoto in vodo kot vrednostjo. V zaključku avtor obravnava simbolno vrednost vode, tako kot vstopa v domeno družbenega imaginarija.

Ključne besede: ekosistemske storitve, poblagovljenje voda, vrednote.

Abstract

The author explores the concept of the ecosystem services and its implications for the (re) evaluation of water. Author does recognise that ecosystem service concept enhances the understanding of the various aspects of water and thus departs from narrow economic valuation of the water as a resource. Though, by defining various ecosystem services and by their quantification that enables calculation and marketisation of the services, it stays firmly within the market economy. The value of water is more than the sum of the ecosystem services it provides. The concept fails to draw the difference between qualitative and quantitative value of water. Author draws the difference between the »value« attached to water, that have both qualitative as quantitative aspect and »valuing« that has merely quantitative dimension. In conclusion author elaborates symbolic value of the water as it enters in the domain of the social imaginary.

Keywords: ecosystem services, commodification of water, values.

¹ Dr. Pavel Gantar, prostorski sociolog, član Slovenskega društva za zaščito voda.

1. RAZPOTJA VREDNOTENJA VODA

Zdi se nenavadno, verjetno celo paradoksalno, da številne pobude za (ponovno) vrednotenje vode, ki smo jim priča v zadnjih letih, izhajajo iz popolnoma različnih in na prvi pogled celo diametralno nasprotnih stališč. Po eni strani pobude za novo vrednotenje vode prihajajo od tistih, ki utemeljujejo, da je voda zožena na golo ekonomsko in tržno dobrino, obenem pa je kot naravni vir predmet tržne optimizacije in financializacije. Vse to omogoča neenak dostop do vode in cele skupine zemljanov potiska na rob vodne revščine. Po drugi strani pa se za novo vrednotenje vode zavzemajo tudi tisti, ki menijo, da neustrezno ekonomsko vrednotenje vode vodi v vodno razsipništvo in malomarno ravnanje, kar ogroža stabilnost vodooskrbe in prihodnost vodnih virov.

Čeprav pri obeh pristopih k problemu vrednotenja vode obstajajo številne različice, ki so bolj ali manj stroge v osnovnih izhodiščih, pa pravzaprav umanjka skupni temelj, ki bo omogočal razpravo med obema konceptualno različnima pristopoma. Voda ima neke pomene, ki jih ekonomsko in tržno ni mogoče ovrednotiti; prav zato z vidika obravnave vode kot naravnega vira tudi ne vemo, kaj z njimi početi.

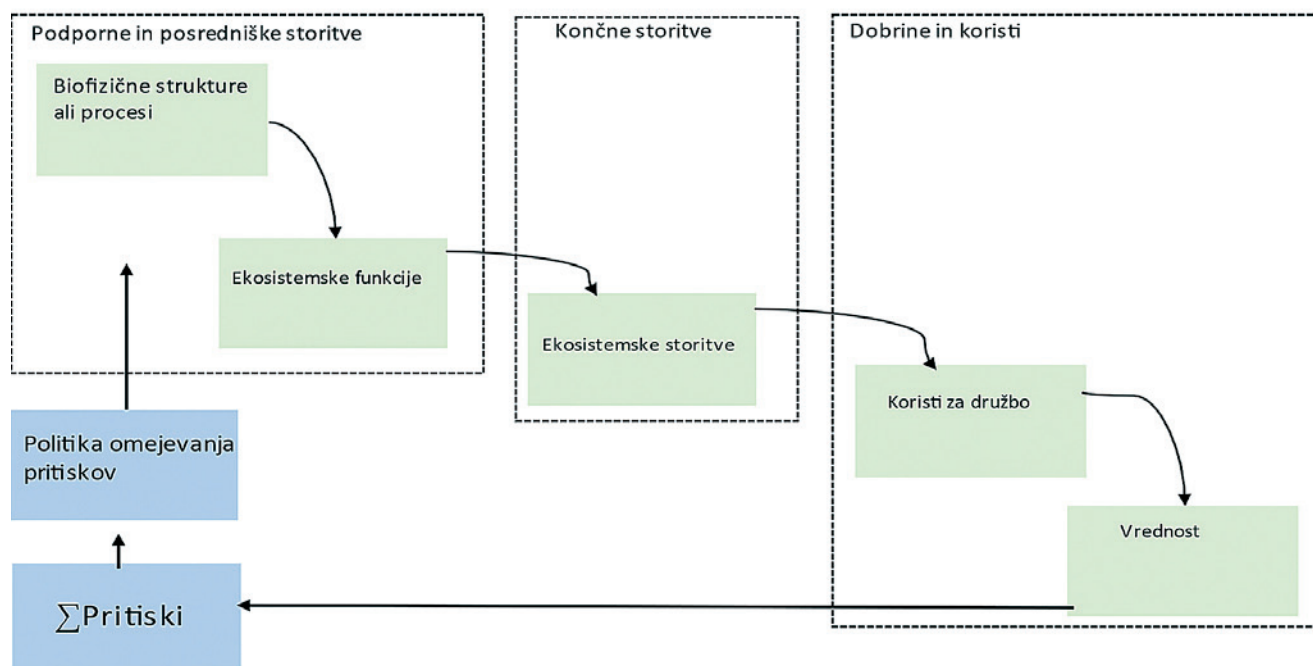
V ta razkol med ekonomskim vrednotenjem vode in večinoma tržnim določanjem njene cene za različne vrste rabe na eni strani ter njeno vlogo pri ohranjanju življenja na drugi, ki ji ni mogoče določiti vrednosti in cene v običajnem tržnem pomenu, vstopa koncept ekosistemskih storitev, za katerega se zdi, da utegne premostiti nespravljive razlike med obema pristopoma.

V prispevku bomo najprej orisali osnovne značilnosti koncepta ekosistemskih storitev in poskušali oceniti, ali lahko s tem konceptom nadomestimo redukcijo vrednosti vode zgolj na ekonomsko razsežnost, ali pa je koncept ekosistemskih storitev le način, kako odpreti pot ekonomskim kalkulacijam tudi tiste ekosistemske razsežnosti, ki so se do zdaj upirale ekonomski kalkulaciji. Ali lahko koncept ekosistemskih storitev predstavlja neke vrste presečišče med sicer nespravljivimi pristopi k vrednotenju vode?

2. KONCEPT EKOSISTEMSKIH STORITEV: POT K PREVREDNOTENJU ČLOVEKOVEGA ODNOSA DO NARAVE ALI KOMERCIALIZACIJA NARAVE?

Osnovna ideja ekosistemskih storitev je, da ekosistemi zagotavljajo določene dobrine oz. koristi za ljudi, in to počno v interakciji z njimi (človeški kapital), družbenimi skupnostmi (socialni kapital) ter okoljem (grajeni kapital).¹ Ključno je, da koncept ekosistemskih storitev izpostavlja naravo kot naravni kapital v odnosu do človeškega, družbenega in grajenega kapitala. Tako kot vsak kapital ima tudi naravni zmožnost ustvarjanja določenih dobrin ali uslug za druge. Ekosistemske storitve so nekakšen vmesnik med naravo in ljudmi, kot prikazuje Slika 1.

¹ Primerjaj: <https://vivagrass.eu/lessons/ecosystem-service-concept-and-classification-system/> [19. 8. 2021].



Slika 1: Kaskadni model.

Vir: Potschin in Haines-Young, 2016.

Iz slike je razvidno, da biofizične strukture oz. procesi prek ekosistemskih funkcij proizvajajo določene storitve², ki pomenijo koristi za družbo, kar vpliva tudi na njihovo vrednotenje. V povratni zanki dobrine in koristi vzvratno povzročajo pritiske na ekosisteme, ki jih poskušamo omejevati z ustreznimi politikami. Zagovorniki koncepta ekosistemskih storitev poudarjajo, da do degradacije narave in naravnih virov ter poslabšanja kakovosti življenja prihaja prav zato, ker se zanemarija in ne ovrednoti cele vrste storitev, ki jih ekosistemi, navadno opredeljeni kot različni tipi habitatov, zagotavljajo za kakovost življenja.

V strokovni literaturi obstaja razmeroma široko soglasje, za katere vrste storitev gre. Tako navajajo štiri kategorije ekosistemskih storitev:

- zagotavljanje storitev: sem sodi proizvodnja hrane in različnih materialov, torej vse, kar lahko ljudje neposredno uporabijo;
- storitve regulacije: z njimi ekosistemi regulirajo (upravljajo) druge okoljske procese, kot je uravnavanje vlažnosti in namočenosti v določenih habitatih, ali pa naravno prečiščevanje vode skozi pronicanje v podtalje, opraševanje in podobno;
- kulturne storitve: nanašajo se na kulturne in duhovne potrebe ljudi;
- podporne storitve: gre za ekosistemske procese in funkcije, ki omogočajo zgornje tri kategorije storitev.³

2 Kot značilen primer v literaturi navajajo »delo« ptic, žuželk in drugih opraševalcev, ki omogočajo pridelavo številnih »divjih« in »kulturnih« rastlin, pomembnih za prehrano.

3 Primerjaj: <https://vivagrass.eu/lessons/ecosystem-service-concept-and-classification-system/> [19. 8. 2021], Boehner, J. (6–7: 2015).

V osnovi koncept ekosistemskih storitev izhaja iz predpostavke, da so številni elementi našega naravnega okolja, čeprav so na prvi pogled nepomembni in neproduktivni za človeka ali celo predstavljajo razvojno oviro⁴, z ekosistemskega vidika, nekateri posredno, drugi pa neposredno, pomembni tudi za ljudi, zlasti pa za kakovost njihovega življenjskega okolja. Problem je predvsem v tem, da teh »storitev« nismo znali niti opredeliti niti ovrednotiti, zato ne moremo določiti njihovega prispevka k blaginji družbene skupnosti.

Koncept ekosistemskih storitev predstavlja pomemben korak k upoštevanju pomena in vloge številnih naravnih procesov za vzdrževanje življenja, obenem pa presega tradicionalno doktrino odnosa do narave, ki je preprosto predvsem vir za uporabo v človeške in družbene potrebe. V jeziku klasične ekonomske teorije bi lahko zatrdili, da koncept ekosistemskih storitev upošteva določene »eksternalije«, ki jih ekonomska raba naravnih virov prenaša na nedefinirano »družbo« in niso zajete v stroške rabe naravnih virov. Vendar, kot opozarjajo nekateri kritiki (Scales, 2015; Sullivan, 2013; Kopnina, 2016; Boehnert, 2015), koncept ekosistemskih storitev ostaja trdno znotraj tržno kapitalističnih okvirov, saj naravne ali hibridne procese⁵, ki vzdržujejo življenje, prekategorizira v čisto družbeni ali celo ekonomski koncept dobrine (blaga) oz. storitve (usluge). Pojem storitve oz. usluge ima veliko različnih pomenov, vsekakor pa v tem kontekstu pomeni nekaj, kar je nekemu (človeštvu) na razpolago, ta pa lahko to vzame in uporabi ali pa tudi ne. Če, recimo, vodno okolje zagotavlja habitat za številne rastlinske in živalske vrste, ki so pomembne tudi za človeka, bi to težko opredelili zgolj s pojmom storitve, tako kot je to popravilo čevljev ali pa izobraževalni sistem. Torej ta prekategorizacija življenjskih procesov in njihove kompleksnosti v koncept storitev ima pomen, če te storitve lahko opredelimo in ekonomsko oz. finančno ovrednotimo.

Če se ozremo na gornjo kvalifikacijo ekosistemskih storitev, lahko razmeroma preprosto opredelimo in ovrednotimo dobrine ter usluge, ki jih zagotavlja voda in se izražajo bodisi skozi stroške zagotavljanja bodisi ceno, ki jo plačamo zanje.

Težje je z ekosistemskimi storitvami regulacije, vendar jih kljub temu lahko vsaj posredno opredelimo kot prispevek k proizvodnji poljščin, sadja, kot vrednost ribjega življa v rekah. Recimo element cene ekosistemskih storitev, ki omogočajo ribji živelj v rekah, lahko predstavlja število izdanih ribjih dovolilnic, in prihodki, ki jih ribiške družine ali kdor koli že, iztržijo zanje.⁶

Podobno veja tudi za kulturne in duhovne potrebe, ki jih lahko merimo s številom obiskovalcev, ki zahajajo v naravo, ter s prihodki, ki jih iztržimo z raznovrstnimi kulturnimi in rekreativnimi vsebinami v naravi.

Ključno za diskurz ekosistemskih storitev je, da omogoča »boljše razumevanje procesov, ki jih ima narava za ljudi« (Rode et al., 213: 2017). Kot poudarjajo omenjeni avtorji, lahko ekosistemske storitve »ovrednotimo in predstavimo na kvalitativen – ali vsaj ne monetariziran

4 Kot prizadevanje naravovarstvenikov za ohranitev določenega habitata, recimo mokrišča pred pozidavo.

5 O hibridnih procesih govorimo tedaj, kadar ni mogoče povsem razločiti medsebojnega vpliva med naravo in človekovim delovanjem.

6 V medijih večkrat preberemo, kakšno gospodarsko škodo povzročamo, ko z onesnaženjem kakšnega vodotoka pomorimo življenje v njem.



– način, pa vendar z namenom kvantifikacije biofizičnih meril, kot so ponori ogljika, izguba opráševalcev ali hidrološke razmere«.

Kvantifikacija ekosistemskih storitev pa je, kot že rečeno, pogoj, da jim določimo ceno in jim s tem podelimo status blaga (jih poblagovimo, komodificiramo), torej jim ne določimo samo uporabne vrednosti, ampak tudi menjalno. Obstaja več poskusov, s katerimi so ekonomisti poskušali izračunati monetarizirano vrednost ekosistemskih storitev. Tako Sullivan (2013) navaja ekonomista Roberta Constanzo in njegovo znano oceno letne »vrednosti« globalnih ekosistemskih storitev ter naravnega kapitala, ki naj bi bila v razponu od 16 do 54 trilijonov dolarjev.⁷ Paradoks te ocene je seveda v tem, da nam po eni strani nepredstavlljivo visoka številka z vidika vsakodnevne izkušnje ne pomeni veliko. Po drugi strani pa se zastavlja vprašanje, ali lahko vse ekosistemske storitve, torej vse, kar podpira in omogoča življenje, monetariziramo? Vprašajmo se drugače, če bi te storitve »ukinili« ali se jim odrekli, vsem ali samo nekaterim, ali bi bili res samo na izgubi od 16 do 54 trilijonov dolarjev? Ali ne bi bila izguba bistveno večja od sicer nepredstavljljive številke in bi pomenila konec, če že ne pomembno okrnjenje življenja nasploh? Tega pač ni mogoče ovrednotiti.

Kvantitativno vrednotenje ekosistemskih storitev odpira tudi pot k analizi stroškov in koristi (»*cost benefit analysis*«), sicer priljubljeni metodi primerjalnega vrednotenja okoljskih stroškov. Takšna analiza lahko pokaže, da je cena degradacije določenega naravnega habitata in ekosistemskih storitev višja od ekonomskih koristi pri proizvodnji neke dobrine ali storitve, zaradi katere smo prizadeli določen ekosistem. Seveda pa velja tudi obratno: ekonomske koristi pri izkoriščanju določenega naravnega vira so tako visoke, da si lahko privoščimo izgubo določenih vitalnih ekosistemskih storitev na določenem območju. Na naravovarstvenem področju so takšne analize stroškov in koristi utrle pot ideji nadomestnih habitatov kot izravnalnih ukrepov, kadar se kapitalistično gospodarstvo ni bilo pripravljeno odreči visoko profitni dejavnosti, ki krni ekosistemske storitve.

Npr. u voda je bilo to vprašanje v ozadju nedavne široke javne razprave v kontekstu na referendumu zavrnjene novele zakona o vodah, še posebej v zvezi s sicer umaknjenim členom, ki je sproščal pozidavo na vodovarstvenih okoljih. Gre za logiko argumentiranja, v kateri je zaslediti odsev ideje ekosistemskih storitev: sproščanje pozidave na vodovarstvenih območjih pomeni odpravljanje »birokratskih ovir«, kar blagodejno vpliva na gospodarsko rast, zato lahko mirno zanemarimo ekosistemsko storitev varovanja podzemnih voda, saj lahko pitno vodo zagotovimo tudi na druge načine. Načeloma lahko za posamezno območje izračunamo, v kolikšni meri bodo večja gospodarska dejavnost, zaposlenost in podobno prispevali k blaginji določene skupnosti, pa tudi večje stroške, ki bi jih imela ob zagotavljanju ustrezne pitne vode. Vendar to je tudi skrajna meja, do katere lahko pride analiza stroškov in koristi, ki v kalkulaciji upošteva tudi ekosistemske storitve in izravnalne ukrepe, kadar so te okrnjene. Odločitev je navsezadnje stvar političnega procesa odločanja, interesnih razmerij, politične moči in navsezadnje vprašanje vrednot. Interesi po večjem dobičku so lahko tako močni, da zanemarjajo ekosistemske storitve, še posebej tedaj, kadar sami z njihovo izgubo niso prizadeti.

⁷ Oznake velikih števil se v anglosaškem svetu razlikujejo od teh, ki so uveljavljene v celinski Evropi. Ker gre za besedilo iz anglosaškega okolja, predpostavljamo, da trilijon pomeni 10.¹²

Predvsem pa koncept storitev, pa naj bodo ekosistemske ali kakršne koli druge, implicira plačevanje zanje (Scales, 2015). Tako kot npr. plačujemo dimnikarske storitve, plačujemo tudi »storitve narave«; če želimo imeti čiste in privlačne reke, bomo za to dobrino plačevali ne samo tisti, ki onesnažuje (načelo onesnaževalec plača), ampak vsi, ki imamo materialno ali nematerialno korist od čistih rek, lepega razgleda, svežega zraka in sploh naravnega okolja, ki nas obdaja, ne glede na to, da je to okolje že hibridno, torej ne čisto naravno in ne čisto človeško. Pristop z vidika ekosistemskih storitev je zato v diametralnem nasprotju s konceptom »skupnega dobra«, ki implicira mehanizme družbene odgovornosti družbenih skupnosti do naravnih procesov in omejuje svoje dejavnosti na način, da procesi, ki vzdržujejo življenje, niso vitalno prizadeti.

Koncept ekosistemskih storitev je torej izrazito antropocentričen in instrumentalen ter zane-marja tako imenovane intrinzične (notranje) ekološke vrednote, torej naravo samo po sebi⁸ (Rode et. al., 214: 2017). Bistveni napredek koncepta ekosistemskih storitev v primerjavi z modernim pojmovanjem narave kot vira za človekovo uporabo je v razkritju številnih razsežnosti naravnih, ki vzdržujejo življenje, čeprav so na prvi pogled za človeka »nekoristni«. Najpomembnejša slabost pa je poskus, da bi »delovanje narave« razčlenili na storitve oz. usluge za ljudi in njihove skupnosti, jih poblagovili kot naravni kapital, na koncu pa jih prepustili tržnim kalkulacijam.

3. ODNOS DO VODE V KONTEKSTU EKOSISTEMSKIH STORITEV – VODA KOT NEKOOPERATIVNA DOBRINA OZ. BLAGO

Če se ozremo na vodo skozi prizmo ekosistemskih storitev, brez težav ugotovimo, da v gibanju skozi vodno družbeni krog (hidrosocialni cikel) opravlja vse štiri vrste ekosistemskih storitev – od zagotavljanja storitev in dobrin, regulatorne funkcije, kulturnih in duhovnih storitev vse do podpornih funkcij za druge ekosistemske storitve. Kljub vsemu pa je te ekosistemske storitve vode težko vrednotiti, preprosto zato, ker je, kot pravi Bakker (2005), voda nekooperativna dobrina oz. blago. Torej se voda upira poblagovljenju in redukciji na tržno blago, ki ga je mogoče kvantitativno ovrednotiti. Kot ugotavlja, je vodo težko lastniti, zasebno upravljati in poblagoviti. Že samo lastninjenje predstavlja problem, tudi tam (recimo v zahodnih državah ZDA), kjer obstaja tradicija lastniških pravic tistega, ki prvi pride. Lastnina pomeni nadzor nad dobrino in nad vodo ga je težko zagotavljati, saj je odvisna od ravnanja z vodo v gorvodnih območjih, podzemna voda in vodonosniki ne poznajo razmejitve lastninskih pravic nad zemljo (površino), pod katero se nahaja in podobno. Bakkerjeva navaja štiri razloge, zaradi katerih se voda upira poblagovljenju, *prvič*, njeno zagotavljanje in raba vključujeta niz kompleksnih in difuznih biofizičnih procesov – od padavin, površinskih in rečnih tokov do hrambe. *Drugič*, za njeno zagotavljanje so potrebne obsežna infrastruktura in velike naložbe, kar favorizira monopolistični nadzor namesto konkurence različnih dobaviteljev na svobodnem trgu. *Tretjič*, voda prečka politične in gospodarske meje, kar otežuje upravljanje, in nazadnje, tj. *četrtič*, voda

8 Julian Rode je skupaj s sodelavci opravil empirično raziskavo v zvezi s tem, kakšno vlogo ima pristop z vidika ekosistemskih storitev na povečevanje javne podpore varstvu okolja v primerjavi z »notranjimi« in kvalitativnimi ekološkimi vrednotami. Ugotavljajo, da argumenti ekosistemskih storitev lahko povečajo javno podporo okoljevarstvenim projektom, toda moralno ekološki argumenti so učinkovitejši. Največjo stopnjo podpore okoljevarstvenim prizadevanjem pa predstavlja kombinacija enih in drugih argumentov (Rode et al., 218: 2017).



vključuje različne vrste uporabnikov, ki imajo različne in med seboj konkurenčne prioritete v zvezi z njeno rabo (Bakker, 2014; Scales, 2015).

Skratka, četudi voda lahko nastopa kot tržno blago, kar dokazuje močno razviti trg ustekleničene vode, pa je njeno zagotavljanje za potrebe industrije pijač vse prej kot tržna dejavnost in je vezana na »netržne« mehanizme, kot so razna dovoljenja, koncesije in podobno. O tem, da ima voda tudi ekonomsko vrednost v primeru javne rabe, ne more biti dvoma, vendar pa, kot poudarja Bakkerjeva, »ne more biti preprosto definirana kot blago« (Bakker, 484: 2014).

4. VODA KOT VREDNOST IN VREDNOTA

Ugotovili smo, da s pomočjo koncepta ekosistemskih storitev lahko razširimo razsežnosti, ki določajo vrednost vode v biosferi, vsekakor pa smo še daleč, da bi ovrednotili vodo v vseh njenih razsežnostih. Pravzaprav smo se omejili na tiste elemente, ki jih lahko kvantificiramo kot (ekosistemske) storitve. Številni avtorji opozarjajo, da to še zdaleč ne izčrpa različnih razsežnosti vrednotenja vode. Euzen in Morehouse opozarjata, da je sodobno raziskovanje »spodletelo pri prepoznavanju in integraciji kulturnih, socialnih in okoljskih vrednot vode – torej vrednot, ki izpadejo iz kalkulacij tradicionalnega tržnega vrednotenja –, kar predstavlja resen izziv za enakopravno in vzdržno upravljanje z vodami« (Euzen in Morehouse, 238: 2011). Očitno je, da težave pri vrednotenju vode izhajajo iz njene večpomenskosti in dejstva, da se voda kljub njeni biofizični materialnosti in določljivosti izogiba opredelitvi, ki bi vključila vse njene raznolike pojavnosti in še toliko manj vse različne načine, s katerimi ljudje stopajo v interakcijo z njo (Gantar, 2020).

Vsaj deloma lahko opisano nedoločljivost vrednotenja vode opišemo in pojasnimo z razlikovanjem med vrednotami in vrednostjo.⁹ Vrednost je seveda kategorija, ki jo je mogoče kvantificirati in se izraža bodisi kot strošek pri proizvodnji neke dobrine ali storitve bodisi kot cena, ki jo moramo plačati ali smo jo pripravljene plačati zanjo. S pojmom »vrednota« pa vsaj v sociologiji na najbolj osnovni ravni označujemo niz prepričanj o tem, kaj je dobro in zaželeno v življenju ter za kaj smo se pripravljene prizadevati. Pomembno je, da vrednote ne utelešajo samo odnosa posameznika do tega, kar meni, da je dobro, ampak so družbene vrednote tiste, ki oblikujejo in vzdržujejo družbene skupnosti: »Vrednote dajejo usmeritve, kako naj ljudje, organizacije in družbe delujejo; za kaj naj si prizadevajo in kaj prepoznavajo kot pomembno. Vrednote so kulturno prepoznane ponotranjene želje, ki motivirajo naše delovanje.« (Jaspers, 2018) Vrednote seveda niso večne in so kulturno vzpostavljene, so tudi predmet družbenega soglasja ter nasprotovanja. Skozi vrednote se izraža družbena dinamika (nasprotje med tradicionalnimi in novimi uveljavljajočimi se vrednotami), ne nazadnje tudi otopelost in umik.

Dejstvo, da vode ni mogoče opredeliti samo skozi nize bolj ali manj kvantificiranih vrednosti in razsežnosti, je prodrlo tudi v sodobne razprave o vrednotenju vode. Tako Shatanawi in Naber opozarjata, da imata »vrednost in vrednotenje več kot samo en pomen. To se izraža v dejstvu, da vrednotenje (določanje vrednosti) viru ni isto, kot je vrednotenje vira. (...) Vrednost ima

⁹ Slovenski jezik je tu v prednosti, saj razlikuje med »vrednoto« in »vrednostjo«, v angleškem jeziku pa pojem »value« pomeni tako eno kot drugo.

tako kvalitativno kot kvantitativno konotacijo, medtem ko je vrednotenje običajno kazalnik, vrsta ekonomskega merjenja. Če je beseda 'vrednost' uporabljena v subjektivnem smislu, lahko pomeni, da je voda tako pomembna (vrednota), da je onkraj ekonomske vrednosti (113: 2011)«.

Če voda nastopa kot vrednota, se na nek način paradoksalno osvobodi svoje neposredne materialnosti kot H₂O, prav tako tudi neposredne navezave na številne in potencialno možne rabe ter koristi, ki jih zagotavlja ljudem in ekosistemom, nato pa vstopi v polje imaginacije, ki, kot pravi Bachelard (23: 2011), ni »kot nas prepričuje etimologija, sposobnost oblikovanja podob realnosti; je sposobnost oblikovanja podob, ki presegajo realnost, ki realnost *opevajo*«.

Najbolj nazoren vstop vode v polje imaginarnega je pokazal referendum v zvezi z novelo zakona o vodah. Javna razprava v medijih in na družbenih omrežjih se je hitro preobrazila ter nadgradila v obliko, ki je presegla realno referendumsko vprašanje, po drugi strani pa ustoličila podobo in vrednoto vode, v kateri se izražajo vsa naša pričakovanja, želje, tudi strahovi in odpori. Bolj kot kadar koli se je izostrilo nasprotje med uporabno ter komercialno vrednostjo vodnega okolja, ki bi ga prinesla sproščena pozidava, in vodo kot vrednoto, ki nas povezuje v skupnost.

5. ZAKLJUČEK

Koncept ekosistemskih storitev razširja razsežnosti vrednotenja vode, vendar ga hkrati s konceptom »storitve« podvrže kvantifikaciji tržnemu vrednotenju. Nasprotje med vodo kot vrednoto in kot vrednostjo nas opozori, da se družbeni odnos do vode še zdaleč ne izčrpa v koristih, ki jih voda opravlja za ljudi. Voda kot vrednota tvori družbeni imaginarij, v kateri je zajet naš, to je družbeni odnos do življenja samega.

LITERATURA IN VIRI

1. Bachelard, G., 2011. Voda in sanje. Esej o imaginaciji snovi. Ljubljana: Studia Humanitatis.
2. Bakker, K., 2005. Neoliberalising nature? Market environmentalism on water supply in England and Wales. *Antipode* 95, 542–565.
3. Bakker, K., 2014. The Business of Water: Market Environmentalism in the Water Sector. *Annual Review of Environment and Resources*, 39: 469–94. DOI: 10.1146/annurev-environ-070312-132730.
4. Boehnert, J., 2015. The Green Economy: Reconceptualizing the Natural Commons as a Natural Capital. *Environmental Communication. Journal of Nature and Culture* (10/4) DOI: 10.1080/17524032.2015.1018296.
5. Euzen, A. in Morehouse, B., 2011. Special issue introduction Water: What values? *Policy and Society*, 30: 4, 237–247.
6. Gantar, P., 2020. Voda, ki povezuje, voda, ki razdružuje. Sociološki pogled na aktualne probleme vodá. *Vodni dnevi, Rimske Toplice*, 17.–18. september 2020. Dostopno na: https://sdzv-drustvo.si/wp-content/uploads/2020/10/1_GANTAR-clanek.pdf [11. 11. 2021].
7. Jaspers, E., 2018. Values. DOI: 10.1093/OBO/9780199756384-0182. Dostopno na: <https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199756384/obo-9780199756384-0182.xml><https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199756384/obo-9780199756384-0182.xml> [24. 8. 2021].
8. Kopnina, H., 2016. Commodification of natural resources and forest ecosystem services: examining implications for forest protection. *Environmental Conservation*. DOI:10.1017/S0376892916000436.



9. Potschin, M. in Haines-Young, R., 2016. Defining and measuring ecosystem services. V: Potschin, M., Haines-Young, R., Fish, R. in Turner, R. K. (ur.). Routledge Handbook of Ecosystem Services. Routledge, London and New York, pp. 25–44.
10. Rode, J., Le Menestrel, M. in Cornelisson, G., 2017. Ecosystem Service Arguments Enhance Public Support for Environmental Protection – But Beware of the Numbers! *Ecological Economics*, 141 (2017) 213–221.
11. Scales, I., 2015. Paying for nature: what every conservationist should know about political economy. *Oryx* 49(2), 226–231 ©2014 Fauna & Flora International doi:10.1017/S003060531400001.
12. Shatanawi, M. in Naber S., 2011. Valuing water from social, economic, and environmental perspective. V: Junier, S. (ur.), El Moujabber, M. (ur.), Trisorio-Liuzzi, G. (ur.), Tigrek, S. (ur.), Sernegu et, M. (ur.), Choukr-Allah, R. (ur.), Shatanawi, M. (ur.) in Rodríguez, R. (ur.). *Dialogues on Mediterranean water challenges: Rational water use, water price versus value and lessons learned from the European Water Framework Directive*. Bari: CIHEAM, 2011, pp. 109–117 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 98).
13. Sullivan, S., 2013. Banking Nature? The Spectacular Financialization of Environmental Conservation. *Antipode*, Vol. 45, No. 1.



Be Right™

Predstavljamo Hachovo najnovejšo tehnologijo na področju inteligentnega upravljanja voda – sistem Claros.

Claros zagotavlja

- popoln pregled delovanja merilne opreme,
- povezovanje laboratorijskih meritev z on-line meritvami,
- nadzor delovanja čistilne naprave,
- uporabo najnovejše tehnologije za pridobitev dragocenih operativnih podatkov, s pomočjo katerih boste procese na čistilni napravi upravljali v realnem času.



***Zmanjšajte negotovost.
Povečajte pravilnost svojih odločitev.***

Dobrodošli v svetu CLAROS-a.

Hach Lange, d. o. o., je hčerinsko podjetje istoimenske ameriško-nemške multinacionalke v Sloveniji z več kot 85-letno tradicijo na področju analize vode. Dolga leta izkušenj, izumi in kontinuiran razvoj so omogočili, da danes svojim kupcem po vsem svetu nudimo širok nabor laboratorijskih, prenosnih in on-line izdelkov za analizo pitne, odpadne ali industrijske vode.



RAZSODNOST IN RAHLOČUTNOST: O KOMUNICIRANJU VODE

MAJA HAWLINA¹

Povzetek

Voda je omejen in ranljiv vir. Vse bolj postajajo aktualna vprašanja: Kako lahko znanost, stroka, aktivizem in družbeno komuniciranje vzpostavijo okoljsko, družbeno, kulturno in psihološko vrednost vode? Kako lahko spodbudimo občutek osebne in kolektivne odgovornosti za vodo? Kako lahko ohranimo pravico do vode za vse, zdaj in v prihodnje?

Zaradi pluralnosti družbenopolitičnih pogledov, ideologij, interesov ter z njimi povezanih diskurzov je voda ena najbolj vročih in polarizirajočih okoljskih tem, ne nazadnje tudi komunikacijskih izzivov. Potrebna so razjasnjevanja protislovij, povezanih z vodo in njeno uporabo, upravljanjem ter družbenimi in političnimi okoliščinami, še posebej v zvezi z vseprisotnimi tendencami privatizacije vode. Ker ima kapital velik interes predstavljanja vode kot »vira«, ki je na voljo za industrijsko in investicijsko izkoriščanje, ter skuša aktivno utišati družbeno odgovorne okoljevarstvenike in družbeno odgovorno komunikacijo, ki se temu zoperstavljajo, je predstavljanje vode pomembno področje komunikacijskih bojev, ki potekajo v neksusu PR sporočil, lažnih novic ter kulture prerekanja.

Ključne besede: družbeno odgovorno komuniciranje, komuniciranje, komunikacijske kampanje, kultura prerekanja, voda.

Abstract

Water is a limited and vulnerable resource. Increasingly topical questions are how science, management, activism and social communication can establish the environmental, social, cultural and psychological value of water? How can we foster a sense of personal and collective responsibility for water? How can we maintain the right to water for all, now and for the future?

Due to the plurality of socio-political views, ideologies, interests and related discourses, water is one of the hottest and most polarizing environmental concerns and communication challenges. Clarifications are needed on the contradictions related to water, its use, management and social and political circumstances, especially with regard to the pervasive

¹ Maja Hawlina, dipl. psihologinja, Avanta Largo – zavod za družbeno komuniciranje.

tendencies of water privatization. Because capital has a strong interest in representing water as a »resource« available for industrial and investment exploitation and seeks to actively silence socially opposed environmentalists and socially responsible communications, water representation is an important field of communication struggles taking place in the nexus of PR messages, fake news and argument culture.

Keywords: argument culture, communication, communication campaigns, socially responsible communication, water.

1. VODA JE ŽIVLJENJE

Trditev »voda je življenje« zveni kot prazna krilatica, a je hkrati tako preprosta v svoji resničnosti, da ji težko resno prisluhnemo. Pa vendar, voda je življenje, dobesedno in resnično, obenem je omejen in ranljiv vir. Danes postajajo vse bolj aktualna vprašanja: Kako lahko znanost, umetnost, stroka, aktivizem in komuniciranje znova vzpostavijo okoljsko, družbeno, kulturno in psihološko vrednost vode? Kako lahko spodbudimo občutek osebne in kolektivne odgovornosti zanjo? Kako lahko ohranimo pravico do vode za vse, zdaj in v prihodnje? Kako se lahko skupaj pogovarjamo o vodi in kako jo sploh komuniciramo?

Komuniciranje je odnos, proces približevanja k skupnemu razumevanju. Podobno kot vztrajen tok vode tudi komuniciranje preprečuje, da bi katera koli oblika življenja zamrznila in postala statična. Zaradi pluralnosti družbenopolitičnih pogledov, ideologij, interesov ter z njimi povezanih diskurzov je voda ena od najbolj akutnih in polarizirajočih okoljskih tem kot tudi komunikacijskih izzivov. Voda ni le fizičen vir – vanjo so globoko vkodirani družbeni, politični, okoljski in duhovni pomeni, ki vplivajo na to, kako jo dojemamo, po drugi strani pa, kako oblikujemo vzorce našega osebnega in skupnega obnašanja ter postopkov pri njeni uporabi. Zato so vedno znova potrebna razjasnjevanja protislovij, povezanih z vodo in njeno uporabo, upravljanjem ter družbenimi in političnimi okoliščinami/interesi v zvezi s privatizacijo vode. Ker ima kapital velik interes predstavljanja vode kot »vira«, ki je na razpolago za industrijsko in investicijsko izkoriščanje, ter skuša aktivno utišati prizadevanja, ki se temu zoperstavljajo, je predstavljanje vode pomembno in aktualno področje komunikacijskih bojev.

Za spodbujanje in komuniciranje boljšega ravnanja, politike in upravljanja z vodo je potrebno globlje razumevanje vloge vode za življenje posameznika, družbe in planeta. Voda je neizmerno pomemben vir, za katerega se vsi in vse bolj strastno borimo. Spremenjene namembnosti zemljišč, naraščajoče prebivalstvo in podnebne spremembe postavljajo vodne vire ter ekosisteme, ki jih regulirajo, pod vedno večji pritisk. Spreminjanje vzorcev deževij, skupaj z intenzifikacijo agrikulture (vključno s povečanim vnosom pesticidov, gnojili in mašinerijo) ter urbanizacijo (zmanjšana poroznost površin in urbano onesnaževanje), vpliva na kakovost in količino razpoložljive vode ne le v okolju, ampak tudi kot vir pitne vode.

Suše postajajo vse večji problem – znanstvene napovedi kažejo, da bo imelo v naslednjem desetletju 60 % večjih evropskih mest probleme z dobavo vode. V industrializiranih državah



poraba vode *per capita* še vedno raste, in to navkljub prizadevanjem okoljevarstvenikov ter vodnih upraviteljev, da bi trend zaobrnil. Konflikti, povezani z vodno in okoljsko degradacijo, se posledično večajo. Obenem lahko voda navdihuje nove načine razmišljanja o ključnih vidikih družbenih odnosov, vključno s fenomeni menjave, moči, skupnosti in znanja.

Skrb za vodo je nemogoče izločiti iz konteksta, v katerem živimo. Zygmunt Bauman je v knjigi *Tekoča moderna* (2002) že pred leti vztrajno opozarjal, da poudarjeni individualizem promovira predvsem potrošniški način življenja, osredotočenje nase, stran od zavedanja večjih družbenih problemov. Obenem je po njegovem mnenju značilnost današnjega časa osiromašenost javnega prostora, ki le redko deluje kot agora, prostor dialoga in relevantnih družbenopolitičnih pobud, debat ter kritik. Še slabše – iz javnega prostora danes skupno in javno izginjata, prevladujejo zasebne in korporacijske podobe ter komunikacije, kot so komercialno oglaševanje, znamčenje in vseprisoten spektakel. Komercialno komuniciranje vode, še posebej utekličene, se uspešno vključuje v ta model sveta. Kaj pa komuniciranje vsega drugega, kar ni povezano s finančnimi profiti, ampak – denimo – z življenjem samim?

Pomen besedne zveze komuniciranje vode implicira, da ima takšno komuniciranje svoje specifičnosti, ki izhajajo iz dejstva, da je voda edinstven vir in da jo dojemamo kot drugačno od drugih okoljskih, trajnostnih ali obnovljivih virov, kot so veter, zrak in zemlja (Herve Bazin, 2014). Prav zaradi širine, večplastnosti ter prepletenosti obravnavanega področja se bo moral pričujoči prispevek omejiti in osvetliti le nekatere pojme, pojave ter sodobne tendence v povezavi s komuniciranjem vode.

2. KOMUNICIRANJE – IMA V SEBI OBLJUBO REŠITVE?

Zadnja leta obstaja, celo raste, prepričanje, da lahko ustrezno komuniciranje poskrbi za rešitev skoraj vsega. Še posebej za marketing, politiko in aktivizem je pomembno, kako s komuniciranjem spremeniti percepcijo, mnenje in obnašanje ljudi. Pomen in razširjenost komuniciranja sta se še posebej razmahnila z novimi tehnologijami ter množičnimi mediji, vzporedno z vse bolj rastočo željo po nadzoru nad javnostmi in vsakovrstnimi nadvladami.

Znanstveno preučevanje komuniciranja se interdisciplinarno prepleta s filozofijo, sociologijo, antropologijo, psihologijo, političnimi vedami, ekonomijo, arhitekturo in še s čim. V vse oblike komuniciranja, še posebej medijsko, so immanentno vgrajene ideje vpliva, moči, manipulacije in propagande. Za razumevanje teh lastnosti komuniciranja so še zdaj aktualne razlage teoretikov kulturnih industrij (Theodor W. Adorno, Walter Benjamin, Stewart Hall), ki so analizirale prevlado in vpliv množične produkcije ter medijev tako na obnašanje posameznikov kot na izvor množične potrošnje. Nemški sociolog Jürgen Habermas je prispeval pomembne uvide v komunikacijske interakcije ter razumevanje javnega prostora, kjer naj bi posamezniki razpravljali o javnih temah, družbenih problemih in stvareh splošnega družbenega pomena, kot je voda. Vsako komuniciranje si je treba ogledati tudi skozi koncept Michaela Foucaulta (1991), zlasti glede pomena razmerij družbenih moči in njihovega vpliva na posameznika.

Za obravnavo komuniciranja je nujno tudi razumevanje, da živimo v družbi spektakla. V zdaj že kulturni knjigi *Družba spektakla* (1967/1999) je Guy Debord opisal družbo, ki pod bleščečo in mamljivo površino skriva represivno stvarnost kapitalizma, potrošnje ter nadzora. Spektakel je v vseh svojih manifestacijah – komuniciranju, oglaševanju, informiranju, razvedrilu ipd. – prevladujoči način družbenega življenja. Če ga zožimo na množično komunikacijo, ki je njegov paradni konj, postane še bolj jasno, da je spektakel v svoji osnovi popolna ideologija neoliberalizma, nasprotje vsakega dialoga, ki deluje v smeri radikalnega pasiviziranja družbe.

Specifičen pomen, predvsem za komuniciranje od spodaj, omenja Michel de Certeau (2007), ki poudarja sposobnost posameznika spreminjati in preobraziti nadzorno moč, množične izdelke ter komunikacijske tehnologije/sporočila. Njegov poudarek na kreativni sposobnosti posameznika, da reinterpretira ali preuredi besede, pomene, predmete in diskurze, ki jih širijo množični mediji ter oblast, je spodbuda za najrazličnejše civilne in nevladniške intervencije kot tudi kampanje.

3. KOMUNICIRANJE VODE – POGOVARJAJMO SE O VODI

Komuniciranje vode kot področje raziskave definirajo različni koncepti, teorije in znanstvene discipline, ki izhajajo tako iz komunikacijskih kot okoljevarstvenih znanosti. Obsežen zbornik *Vodno komuniciranje*, ki ga je leta 2014 uredila Celine Herve Bazin, poudarja, da komunikacija vode predstavlja intersekcijo okoljskega, razvojnega, zdravstvenega, znanstvenega, javnega, političnega in odgovornega komuniciranja, obenem pa je rezultat komunikacijskega procesa ter interakcij med različnimi akterji, diskurzi (govor, ki ustvarja resničnost) in socialnimi reprezentacijami (sklopi idej, ki se širijo v družbi ter so naseljeni v umih, praksah, predmetih in vizualnih materialih). Dobra komunikacija vode olajša razumevanje med znanostjo, politiko, ekonomijo, splošno javnostjo in vodnim sektorjem, saj je voda široko aplikativno področje, kjer lahko neprimerno in neustrezno jezikovno razumevanje med njenimi deležniki predstavlja veliko oviro.

Ko govorimo o komuniciranju vode, se to najpogosteje nanaša na svežo, sladko vodo in manj na morje (to se uvršča predvsem v okoljsko in podnebno komuniciranje). Nedvomno je danes zelo razširjena ter vsaj na formalni ravni soglasno sprejeta pomembna vloga komuniciranja in promoviranja odgovornega, spoštljivega in razumnega obnašanja do ohranjanja vode in njene smotrne uporabe na vseh ravneh, saj smo vsi njeni uporabniki in deležniki z njo namreč tesno, eksistencialno povezani. A področje komuniciranja vode je precej obsežnejše in se nanaša na vse vrste komunikacij v zvezi z vodo kot naravnim (fizičnim) in človeškim virom (storitve, uporabe, percepcije, stališča, verovanja, povezana z vodo).

Pri komuniciranju splošnega interesa in odgovornosti za ohranjanje vode je treba poudariti, da je razporeditev moči med tistimi, ki vodo najbolj ogrožajo in bi morali korenito spremeniti svoje postopke ter ravnanje – politika, korporacije ipd. –, ter slehernikom v ogromnem neravnovesju; dejstvo je, da o tem premalo vemo in komuniciramo. Seveda pa smo prav vsi deležniki vodnih virov zato poklicani, da pri njihovem ohranjanju sodelujemo. Da bo to mogoče, moramo biti vsi dovolj dobro informirani – samo tako smo lahko dejavni in prevze-



mamo odgovornost za vodo v okviru svojih zmožnosti na vseh ravneh: pri njenem načrtovanju, razvoju, porazdeljevanju, ohranjanju in zaščiti. Vključujoči pristopi, ki so v znanstvenih teorijah in nevladnem sektorju vse bolj zaželeni, spodbujajo dolgoročni konsenz in skupen dogovor, lastništvo in odgovorno uporabo. Pot do tega cilja pa je prej stvar političnega boja kot komunikacijskega prepričevanja.

Ne glede na to, ali gre pri komuniciranju za spodbujanje boljšega ravnanja politike in korporacij pri upravljanju z vodo ali za promoviranje skrbnosti pri njeni vsakodnevni uporabi pri javnosti, je za oblikovanje ustreznih sporočil potrebno globlje razumevanje vloge vode za življenje posameznika, družbe in planeta. Voda je prav vse: je element, tok, energija, vzdrževalka življenja, sredstvo prevoza, a je tudi ogrožajoča in mogočna sila. Ne nazadnje voda lahko navdihuje nove načine razmišljanja o ključnih vidikih družbenih odnosov, vključno s fenomeni menjave, moči, skupnosti in znanja (to smo videli pri nedavnem referendumu o pitni vodi).

4. DRUŽBENO ODGOVORNO KOMUNICIRANJE – FLOSKULA ALI VODILO?

Če želi komuniciranje zavzemati področje družbene odgovornosti, mora v središče pozornosti postaviti samorazumevanje lastnega položaja, celovito razumevanje problematike in odgovornost samo. Družbeno odgovorno komuniciranje naslavlja podnebne in okoljske probleme – tudi vprašanje vode –, saj upošteva, da smo kot družba in posamezniki v prepletenem in soodvisnem (a ne pasivnem) odnosu z zdravjem okoljskega in vodnega sistema. Ne gre le za našo, človeško, ampak univerzalno dobrobit. Med drugim so posledice ekološke in vodne degradacije vprašanje družbene pravičnosti, saj jo bolj in prej občutijo revnejši ter šibkejši. Kapital ima velik interes predstavljanja narave, torej tudi vode, kot »vira« (blaga), ki je na voljo za ekonomsko in investicijsko izkoriščanje – zato aktivno tlači (in po svojih močeh preganja) komunikacijska sporočila, ki izzivajo in se zoperstavljajo temu občemu prepričanju. Ker negativen vpliv ekoloških problemov progresivno povečuje tudi socialne probleme, je predstavljanje okolja, podnebnih sprememb in vode ves čas področje komunikacijskih bojev, še posebej med civilno družbo, nevladnim sektorjem in aktivisti ter korporacijami in politiko.

V knjigi *Družbeno odzivno komuniciranje* (2008) Oliver Vodeb družbeno odgovorno komuniciranje označi kot takšno, ki teži k razkrivanju skritih odnosov moči, odpiranju novih (dvosmernih) komunikacijskih kanalov, vzpostavljanju sodelujočih skupnosti, aktivnemu vključevanju v družbene in kulturne procese ter vzpostavljanju dialoga. Obenem morajo biti družbeno odgovorni komunikatorji nenehno budni zaradi svojega početja (vključno z motivacijo) kot tudi kratkoročnih in dolgoročnih učinkov/posledic svojega delovanja na družbo ter kulturo.

Posebej za okoljsko problematiko in ohranjanje vode so pomembne naslednje značilnosti družbeno odgovornega komuniciranja:

1. Razumevanje svoje umeščenosti v ekološkem in družbenokulturnem sistemu.
2. Razumevanje ekoloških in sociokulturnih sistemov kot pravega/resničnega vira uspeha.
3. Dajanje prednosti zdravju teh sistemov pred ekonomskimi cilji.
4. Zavedanje kriznih pogojev in stanj znotraj ekoloških ter sociokulturnih sistemov.

5. Prizadevanje v smeri razvoja novih znanj, spretnosti in praks, ki bodo promovirale in vodile k zdravju teh sistemov ter nagovarjale temeljne vzroke sistemskih kriz.

Ustvarjalci družbeno odgovornega komuniciranja in kampanj morajo nujno ločiti, kdaj so te resnični akti ozaveščanja in ustvarjalnega procesa, ki budijo zavedanje po nujnosti sprememb, kdaj pa služijo predvsem kot neboleča kritika neoliberalizma (spektakla) ter medijem in urbani prostoru podelijo le privlačno avro tako imenovane inovativnosti in kreativnih mest – ter s tem novega spektakla.

5. PROTI POLARIZACIJI DRUŽBE IN POPLAVI PREREKANJA

Najbolj pereči problemi današnjega časa so praviloma tudi najbolj polarizirani – to gotovo velja za podnebne spremembe, kamor sodi tudi problematika vode. Postavlja se vprašanje, kako lahko komuniciramo vodo, ne da bi še nadalje poglobljali polarizacijo mnenj in dejanj ter bi ljudi preusmerili na pot večje odprtosti, odgovornosti, radovednosti in iskanja rešitev.

Kultura prepiranja (Levinson, 1998) nas sili, da ljudi in svet dojemamo v nasprotovalem miselnem okviru. Temelji na predpostavki, da je nasprotovanje učinkovit način, da se kar koli premakne in postori. Najboljši način za diskusijo o katerem koli fenomenu je sprožiti debato govorcev, ki izražajo najskrajnejše, polarizirane poglede na temo, in jo predstaviti kot »pogled z obeh strani«. Zato postaja naloga komunikatorjev, da bolj kot z močjo argumentov skozi predstavitev množice podatkov in dejstev vzpostavijo relevanten, odprt dialog za izmenjavo in prepletanje idej, navadno skozi drugačne vhodne točke ter senzibiliziranje za različne perspektive. To velja tako za vodenje debat v živo kot za vsebine sporočil komunikacijskih kampanj.

Zadnja desetletja številni okoljski voditelji in komunikatorji zagovarjajo zavedanje urgentnosti okoljske problematike pri državljanih. Želja vzbujati občutke urgentnosti je smiselna in razumljiva, saj že zdaj vemo, da učinki podnebnih sprememb spodkopavajo zdravje ljudi in uničujejo naravno okolje, od katerega smo odvisni. Naša zdajšnja aktivacija oz. neaktivacija pri podnebnih spremembah in politiki vode bo odzvanjala v dobrem ali slabem daleč v prihodnost. Vendar s komunikacijskega vidika nenehno poudarjanje občutka urgentnosti in krize ni vedno optimalen pristop. Popolnoma frontalen napad, nabit s podrobnimi podatki in znanstvenimi dejstvi, pogosto ne doseže svojega cilja, tj. motiviranja sprememb obnašanja, politik ter zakonodaje.

Nekateri korporacijski in politični komentatorji namenoma sejejo dvome, zmedo in znanstveni skepticizem. Ko je javno mnenje deljeno, zakonodaja napreduje počasi, saj politiki in pripravljavci zakonov odlašajo, obenem pa se neradi opredelijo za odločitve, ki niso po godu njihovim volivcem. Podobno si številne industrijske panoge prizadevajo vnesti dvome in protislovja v dojetje podnebnih sprememb. Zagovorniki sprememb se seveda zavedajo namernih dezinformacij (npr. nedavne redefinicije vsebine referendumu za pitno vodo s strani ministra za okolje in prostor) ter se instinktivno borijo proti lažem z resnico. A tu nastopi problem: neposredno nasprotovanje lažnim informacijam s protiangumenti na podlagi dejstev in znanstvenih izsledkov le redko deluje. V resnici – to dokazuje psihologija prepričevanja – vzvratno



dokazovanje in vpitje s težkega, zapletenega položaja redko doseže svoj namen, lahko je celo kontraproduktivno.

Tudi čustveno preobloženo prikazovanje katastrof in tragedij, ki ga uporabljajo zagovorniki družbenih in okoljskih sprememb, pogosto vodi v slepo ulico. Npr. podobe obupanega polarnega medveda na vse tanjši ploskvi ledu, s plastiko in umazanijo uničena reka ali distopično opustela in prežgana pokrajina brez znakov življenja pri nekaterih ljudeh vzbudijo etično skrb, pri drugih dosežejo le »apokaliptično utrujenost«, nekateri pa celo aktivno umaknejo pogled in misli (npr. neučinkovitost strategije Ala Gora s sicer zelo popularnim in klasičnim okoljevarstvenim dokumentarnim filmom *Neprijetna resnica*, 2006). In obratno: prikazovanje dobrega, ki se lahko rodi iz javnega skupnega prizadevanja in civilne akcije, je lahko dobra alternativa. To ne pomeni, da prikaz, usmerjen na rešitev, izvorni problem pomete pod komunikacijsko preprogo. Namesto tega lahko gradi na samopredstavi številnih ljudi kot takšnih, ki radi zavihajo rokave in zgrabijo za delo, ko se pojavi potreba. Tak pristop zahteva bolj domišljen klic k pomoči – namesto zgolj »Gori!« raje »Imamo požar! Zgrabimo vedra, postrojimo se v vrsto, bodimo kreativni! Pridruži se nam!«

6. KOMUNIKACIJSKE KAMPANJE – KOMU, KAJ, ZAKAJ IN KAKO?

V okviru komunikacijskih praks večino – predvsem z neposredne strani vodnega sektorja in upravljavcev vode – še najbolj zanima, kako narediti dobro komunikacijsko kampanjo. To je razumljivo, saj v povezavi z reševanjem vsakovrstnih perečih problemov kampanje dojemamo kot potencialno hitre rešitve. Pri takšnih odločitvah, pogosto *ad hoc* in pod pritiskom urgentnosti, je vse premalo zavedanja, da je za njihove dolgoročne učinke nujno poznavanje širše problematike komuniciranja nasploh ter umeščenost komuniciranja v okoljsko, družbeno, politično in ekonomsko sfero, pa tudi v neksus konkretnega komuniciranja ožje problematike.

Uspešne družbene kampanje zarežejo v javni prostor, zahtevajo pozornost, prekinejo anestezirani tok vsakdanjega življenja in dramijo. Brian Holmes (2009) dobro intervencijo/kampanjo razume kot akt odpiranja razpoke v monolitnih prostorih in verovanjih (srcih) s tem, da se ljudi dotakne, jih nagovori in povabi k imaginaciji drugačnih možnosti skupnega življenja, k želji po novih vizijah in nadaljnjih ustvarjalnih izrazih. Primarni namen sodobnih družbenih kampanj je odpiranje dialoga. Gre za dobre in natančne oblike sporočil, ki želijo pritegniti, vključevati in aktivirati čim več ljudi, pri čemer si morajo kampanje prizadevati, da bi postale središče zasebnih, lokalnih, nacionalnih in medijskih razprav.

Zaradi pogosto nezadostne učinkovitosti družbeno odgovornega komuniciranja proti vseprisotnemu neoliberalnemu spektaklu nam Stephen Duncombe (2007) ponuja v premislek »etični spektakel«. Duncombe ne ignorira kritične teorije spektakla in njegovih uničevalnih posledic, a je prepričan, da je spektakel premočno orodje, da bi se mu v komuniciranju povsem odrekli. Tiste elemente spektakla, ki so malce nearhetipsko povezani s sanjami, željami, čustvi in miti vseh nas, je koristno premišljeno ter etično uporabiti. Brez njih bodo komunikacijske kampanje ostale sterilne, čustveno suhe, neopazene in neplivne.

Pa vendar ne gre prezreti, da se to priporočilo giblje po spolzkem terenu – obstaja nevarnost, da ustvarjalci etičnega spektakla zaradi nezadostnega poznavanja kritične teorije spektakla, zamegljenega terena domišljije in čustev mimogrede prestopijo mejo ter postanejo del neoliberalnega spektakla. To se pogosto že dogaja – predvsem nevladne organizacije v javni prostor prevečkrat vstopajo z dobrimi nameni, a so njihove kampanje na ravni klasičnega spektakla.

Bolj prepričljivi in manj kategorični pri vprašanju etičnega spektakla so teoretiki ter medijski aktivisti, ki so bližje umetnosti (Brian Holmes, Franco Berardi). Tudi oni apelirajo na nujnost – še posebej na mestih, kjer vladajo (kvazi)racionalnosti in racionalizacije – upoštevanja čustev, domišljije in lepote v progresivnem komuniciranju in kampanjah, a se pri tem izogibajo besedi spektakel (tudi s pridevnikom »etični«).

Komunikacijske kampanje, povezane z vodo, imajo naslednje lastnosti:

1. Podobne kode kot okoljsko komuniciranje.
2. Se spopadajo z med seboj nasprotujočimi diskurzi vode: npr. diskurzi zakonodajne ureditve pitne vode, vodne infrastrukture, pravice do vode za vse ipd.
3. Vsak segment pošiljateljcev uporablja različen jezik, sporočila, slogane in vizualni jezik.
4. Razlike so tudi v ekspertizi in etično-interesni naravnosti.

Tako kot velja za večino kampanj, je treba tudi pri kampanjah vode v grobem razločevati med njihovimi različnimi fazami in namembnostmi.

1. Ozaveščevalne kampanje so prvi korak, prinašajo vidnost tem, povezanih z vodo, in so predpogoj za skupna zavedanja problematik. Temeljijo na preprostih in močnih sporočilih. Fokus je na bistvu in uporabi vode (ohranjanje, onesnaževanje) ali globalnih spremembah, povezanih s podnebnimi vplivi in neposredno z vodo.
2. Informativne kampanje priskrbijo podrobnosti o vodi in izzivih, povezanih z njo – podatke, statistike, npr. o pitni vodi, vodostaju ipd.
3. Izobraževalne kampanje vzgajajo, poučujejo, poskrbijo za razumevanje in izkušnje, povezane z vodo, ter producirajo skupne simbole, pomene in diskurze.
4. Klasične komunikacijske kampanje imajo prvenstveno cilj ustvarjanja kohezije, skupnih vrednot in družbene reference, a tudi ekonomske vrednosti z identifikacijo ter vplivom na percepcijo, stališča in obnašanje. V okviru vodnega sektorja komunikacijske kampanje prinašajo sporočila, vrednote in družbene dejavnosti v zvezi z izzivi vode. Ključne teme so dostopnost do vode (npr. storitve, humanitarne akcije), pitje vode (iz pipe, ustekleničene vode), pravica do vode (javno proti zasebno), uporaba vode (domača, mestna, infrastruktura) in zaščita vodnih virov pred degradacijo.

Običajne ciljne javnosti kampanj o vodi vključujejo:

1. splošno javnost;
2. zakonodajalce in odločevalce ter politike;



3. civilne, nevladne organizacije (NVO), oskrbovalce z vodo ter preostali vodni in zasebni sektor;
4. izobraževalne institucije: šole, univerze, tabornike ipd.;
5. uporabnike vode – vse v vlogi uporabnikov;
6. medije (tisk, elektronski, fotožurnalizem);
7. mnenjske voditelje in vplivneže.

Osnovni in najpogostejši cilji komunikacijskih kampanj:

1. Graditi zavedanje, razumevanje in podporo za vodo v najširšem smislu.
2. Zagovorništvo z vodo povezanih intervencij v regionalnem in nacionalnem okviru.
3. Promovirati razumevanje in prilagajanje na fenomene podnebnih sprememb pri razvoju in uporabi vodnih virov.
4. Napredek razvoja vodnih virov ter družbenoekonomskih in okoljskih vidikov.

Kampanje vode so najpogosteje vodene s stališča upravljavcev vode. Za njihovo uspešnost je potrebna jasna določitev obsega, ciljev, ciljnih javnosti, medijskih spletov, kreativnih rešitev, vizualne identitete, besednih sporočil in še česa. Tuje analize številnih kampanj so pokazale, da te najpogosteje vključujejo naslednja sporočila (Herve Bazin, 2014):

1. Upravljanje z vodo je skrb za življenje.
2. Ljudje bi morali ohraniti končne in omejene vire vode za sedanjo in prihodnjo uporabo ter za potomce.
3. Voda je interes vseh in kot taka zahteva participacijo vseh pri njenem upravljanju ter ohranjanju.
4. Voda ima ekonomsko in družbeno vrednost.
5. Upoštevati je treba podnebne spremembe.

Globlje obravnavanje kampanj in tega, kaj jih dela uspešne ali neuspešne, na tem mestu ni mogoče. A poudariti velja, da je redno komuniciranje – tudi v času, ko ni vodnih kriz – nujno. Ponuja priložnost povezovanja, krepitve ozaveščenosti ter izobraževanja o sprotnih in trajnih vprašanjih, povezanih z vodo, njeni preskrbi, dostopnosti, kakovosti in regulaciji. To je še posebej pomembno za oskrbovalce vode/vodni sektor, če želijo, da ljudje razumejo stroške, povezane s storitvami, ki jih prejemajo. Sprotno in kontinuirano komuniciranje pomaga promovirati zaznavanje pravičnih in upravičenih stroškov ter dviguje ugled vodnih dobaviteljev.

7. POT NAPREJ?

Še posebej zadnje desetletje raste zavedanje o mnogih globalnih krizah vode, v katerih vlada njeno pomanjkanje ali ji grozita onesnaženje in uničenje. Dejstvo je, da postaja voda vse manj razpoložljiva, bolj ogrožena in zato tudi bolj cenjena. Ne glede na to, ali vodo dojemamo kot ogroženo ali nevarno (poplave, zastrupitve), moramo poznati njeno moč in pomen – enako

kot si biofizičnega življenja ne moremo predstavljati brez vode, velja tudi za družbeno, kulturno in ekonomsko sfero.

Okoljska problematika, vključno z vedno bolj perečo krizo vode, je v žarišču pozornosti tako v naravoslovnih in družbenih znanostih kot v vsakodnevnih praksah. Resno preučevanje odnosov med komuniciranjem in vodo ter potencialov komuniciranja prav specifično vode kot interdisciplinarnega področja za uspešno soočanje z vodno krizo in upravljanje z njo bo vse bolj potrebno tudi pri nas.

V Sloveniji nimamo resnih raziskav o komuniciranju vode. Takšno preučevanje bi moralo za začetek razčleniti pokrajino organizacij/iniciativ, ki vodo komunicirajo, o njej informirajo in oblikujejo komunikacijske kampanje, klasificirati teme in vsebine sporočil ter podati študije primerov dobrih in slabih komunikacijskih kampanj na temo vode. Rezultati in ugotovitve, skupaj s pripravo ustreznega nabora komunikacijskih veščin in orodij, bi nadvse koristili okoljevarstvenikom, upravljavcem vode, zakonodajalcem, nevladnim organizacijam, aktivistom, študentom in seveda komunikatorjem samim. Dodatno bi morale ugotovitve raziskav pomagati pri boljši komunikacijski koordinaciji znotraj vodnega sektorja in med njegovimi organizacijami, saj voda pomeni široko področje uporabnosti, kjer so nepravne besede ter slabo razumevanje jezika in diskurzov velika ovira med vsemi deležniki.

Družbeni in okoljski izzivi zahtevajo celovit pogled na svet, inovacije in vključenost različnih deležnikov pri razumevanju teh izzivov ter iskanju rešitev. Če predpostavimo, da gospodarstvo predstavljajo profitno usmerjena podjetja, ki rešujejo ekonomske, tehnološke in druge izzive, pa nevladne organizacije in iniciative civilne družbe v prvi vrsti delujejo v smeri okoljskih ali družbenih neprofitnih ciljev. Oboji imajo določeno znanje in vedenje, medtem ko bi uspešno povezovanje, poslušanje in izmenjava znanj z obeh strani lahko privedli do prepoznavanja ter učinkovitega naslavljanja trajnostnih izzivov oz. prispevanja k ciljem trajnostnega razvoja. Pri tem ne gre pozabiti na ostale deležnike, kot so socialna podjetja (zmes obojega), državne institucije, ki omogočajo in podpirajo takšno sodelovanje, javnosti, posamezniki, mesta ter skupnosti.

Kar zadeva komunikacijske kampanje, bo še posebej potrebno razmišljanje v smeri strateških komunikacijskih okvirov, ki bodo smiselno in učinkovito priklicevali ustrezno obnašanje ter rokovanje pri uporabi in upravljanju vode. Pri komunikacijskih pristopih bo potrebno globlje upoštevanje družbenih in kulturnih (a tudi emocionalnih) vidikov vode ter kontinuirano poudarjanje dejstva, da voda zadeva vsakega in vse ter da jo je treba skupaj, že takoj zdaj, čuvati in ohranjati za sedanost in prihodnost. A pozor – skrb posameznikov za ohranjanje vode je sicer nujna, kampanje, namenjene javnosti, pa relevantne in potrebne. Ker so postopki in ravnanja politike (prepletene s korporacijskimi interesi) v velikem deležu v neproporcionalni premoči nad dejanji posameznikov, pri skoraj vseh komunikacijskih kampanjah umanjka pomemben element – jasen poziv k političnemu vpletanju in akciji. To bo vsekakor treba izboljšati.



LITERATURA IN VIRI

1. Bauman, Z., 2002. *Tekoča moderna*. Ljubljana: Založba *cf.
2. Debord, G. 1999. *Družba spektakla. Komentarji k družbi spektakla. Panegirik*. Ljubljana: ŠOU – Študentska založba.
3. De Certau, M., 2007. *Iznajdba vsakdanjosti*. Ljubljana: Studia Humanitatis.
4. Duncombe, S., 2007. *Dream: Re-imagining Progressive Politics in an Age of Fantasy*. The New Press.
5. Foucault, M., 1991. *Vednost, oblast in subjekt*. Ljubljana: Založba Krtina.
6. Herve Bazin, C. (ur.), 2014. *Water communication*. IWA Publishing.
7. Holmes, B., 2009. *Escape the Overcode: Activist Art in th Control Society*.
8. Levinson, M. H., 1998. *The Argument Culture. Moving From Debate to Dialogue*. et cetera. Dostopno na: <https://www.washingtonpost.com/wp-srv/style/longterm/books/chap1/argumentculture.htm> [5. 9. 2021].
9. Vodeb, O., 2008. *Družbeno odzivno komuniciranje*. Ljubljana: Založba FDV.

*Strokovne, inovativne
in učinkovite rešitve!*

mi za Vas!

VODNI KROG

- čistilne naprave
- priprava vode
- energetska izraba odpadkov

INŽENIRSKES STORITVE

- projektiranje elektro sistemov
- strojno projektiranje
- nadzor nad gradnjo
- izvajanje sistemov na ključ

SVETOVANJE

- inovativne rešitve
- ekonomsko učinkovite rešitve
- ekološko sprejemljive rešitve
- naročniku prilagojene rešitve
- optimizacija sistemov
- priprava študij izvedljivosti

VZDRŽEVANJE

- investicijsko vzdrževanje
- preventivno vzdrževanje
- interventno vzdrževanje 24/7

TELEMETRIJSKE REŠITVE

- daljinsko vodenje energetskih sistemov
- daljinsko vodenje sistemov pitne vode
- daljinsko vodenje sistemov čiščenja vod
- zajem in analiza podatkov

PROCESNO VODENJE

- sistemi na področju odpadnih voda
- sistemi na področju priprave vode
- energetski sistemi, biomasa, kogeneracije
- sistemi skladiščenja in pretovora tekočih goriv in tehničnih tekočin



VODA V KROŽNEM GOSPODARSTVU Z UPORABO TRAJNOSTNIH KONCEPTOV

**izr. prof. dr. NATAŠA ATANASOVA¹, doc. dr. DARJA ISTENIČ²,
doc. dr. ALEKSANDRA KRIVOGRAD KLEMENČIČ³,
asist. MATEJ RADINJA⁴, PETRA PERGAR⁵,
dr. BARBARA GOLIČNIK MARUŠIČ⁶, MANCA DREMEL⁷,
ŽIVA RAVNIKAR⁸ in prof. dr. TJAŠA GRIESSLER BULC⁹**

Povzetek

Podnebna kriza in kriza upravljanja z naravnimi viri, ki po uporabi postanejo odpadki, nas silita v prehod k bolj trajnostnim konceptom upravljanja z naravnimi viri, pri čemer je najpomembnejše zapiranje snovnih in energetskih tokov (t. i. krožno gospodarstvo). Vodo kot enega najpomembnejših virov večinoma še vedno obravnavamo neskladno z načeli krožnega gospodarstva. Glavni izzivi pri prehodu v krožno gospodarjenje z vodo so: (1) obnova in vzdrževanje naravnega vodnega kroga, (2) čiščenje in ponovna uporaba prečiščene odpadne vode ter (3) obnova in ponovna uporaba virov iz odpadne vode (npr. hranil, biomase, energije). Izzive lahko učinkovito rešujemo z uvedbo trajnostnih konceptov, ki jih v prispevku prikazujemo z vidika različnih strok. V prispevku podajamo različno terminologijo teh konceptov, inovativno klasifikacijo posameznih elementov, ki tvorijo te koncepte, njihovo uporabnost za različne dejavnosti, vezane na ravnanje z vodo, ter stanje njihove implementacije v Sloveniji. Kljub dolgi zgodovini uporabe posameznih elementov trajnostnih konceptov še vedno manjka sistemski pristop k implementaciji, predvsem pa boljše sodelovanje med strokami.

Ključne besede: gospodarjenje z vodo v mestih, krožno gospodarstvo, ponovna uporaba, trajnostni koncepti, zapiranje snovnih tokov.

- 1 Izr. prof. dr. Nataša Atanasova, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- 2 Doc. dr. Darja Istenič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Zdravstvena fakulteta.
- 3 Doc. dr. Aleksandra Krivograd Klemenčič, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- 4 Asist. Matej Radinja, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- 5 Petra Pergar, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- 6 Dr. Barbara Goličnik Marušič, Urbanistični inštitut Republike Slovenije.
- 7 Manca Dremel, Urbanistični inštitut Republike Slovenije.
- 8 Živa Ravnikar, Univerza v Deustu, Fakulteta za inženirstvo, Bilbao (Španija).
- 9 Prof. dr. Tjaša Griessler Bulc, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Zdravstvena fakulteta.

Abstract

Climate, environmental and resources depletion crises are forcing us to transition towards more sustainable concepts for management of natural resources, one that leads toward closing the material and energetic flows (i.e., circular economy). Water is one of the most important resources and it is still not managed according to the circular economy principles. The main challenges for transition towards circular management of water are (1) restoration and maintenance of natural water cycle, (2) treatment and reuse of wastewater, and (3) restoration and reuse of wastewater resources (e.g., nutrients, biomass, energy). These challenges can be overcome by implementing sustainable concepts, presented herein. The article presents the terminology used to describe these concepts, and an innovative classification of individual elements belonging to these concepts with their relevance for different sectors. Furthermore, the level of their implementation in Slovenia is presented. Regardless of the long history of using individual elements related to sustainable concepts, the interdisciplinary and systemic approach for their implementation are still missing.

Keywords: circular economy, closing materials' cycles, reuse, sustainable concepts, water management in cities.

1. UVOD

Za ohranjanje naravnih virov, skladno s trajnostnimi cilji Združenih narodov UN-Water SDG6 (6.5.1) ter s prehodom EU v krožno gospodarstvo (*Closing the loop – An EU Action plan for the Circular Economy*), je treba povsem spremeniti način ravnanja z viri. Vodo kot enega najpomembnejših virov večinoma še vedno obravnavamo neskladno z načeli krožnega gospodarstva (v nadaljevanju KG), ki nalagajo zmanjšano in večkratno uporabo virov. Ravnanje z vodo je treba prilagoditi tako, da odpadna voda in blato postaneta dragocen vir vode, hranil in energije, padavinska voda pa ugodno vpliva na naravni vodni krog. Glavni izzivi pri tem prehodu so: (1) obnova in vzdrževanje naravnega vodnega kroga, ki je prekinjen zaradi urbanizacije, (2) čiščenje in ponovna uporaba prečiščene odpadne vode ter (3) obnova in ponovna uporaba virov iz odpadne vode (npr. hranil, biomase, energije). V zadnjih 40 letih so se v Sloveniji razvili že številni trajnostni koncepti, ki so zasnovani z namenom naslavljanja teh izzivov.

Trenutno se trajnostni koncepti uveljavljajo zlasti za naslavljanje problemov, vezanih na ravnanje z vodo v mestih. Ti koncepti poleg osnovne funkcije odvajanja in čiščenja vode prinašajo številne ekosistemske storitve in večjo energetsko učinkovitost grajenega okolja ter so tako že prepoznani kot pomembni dejavniki pri prilagajanju na podnebne spremembe. To se najpogosteje kaže na področju ravnanja s padavinsko vodo oz. urbane odvodnje, kjer konvencionalne rešitve odvodnje nadomeščamo s koncepti ponikanja, evapotranspiracije in zadrževanja vode na mestu nastanka. Ker je za te koncepte značilna multidisciplinarnost in so bili v posameznih strokah zasnovani v različnih časovnih obdobjih, trenutno prihaja do uporabe različne terminologije.



V tem prispevku bomo osvetlili terminologijo trajnostnih konceptov za umestitev vode v krožno gospodarstvo z vidika več strok/področij in nakazali, kako konsolidirati znanje za boljšo implementacijo tovrstnih konceptov v prihodnje. Prikazali bomo inovativno klasifikacijo tehnologij in posameznih elementov upravljanja z vodami, ki se poleg upravljanja s padavinskimi vodami nanašajo na gradnjo objektov, čiščenje vode in obnovo virov, obrežne ureditve v mestih, varovanje tal, urejanje zelenih površin ter urbano kmetijstvo. Nazadnje bomo obravnavane trajnostne koncepte osvetlili z vidika prostorskega načrtovanja, s poudarkom na trenutnem stanju v Sloveniji.

2. TRAJNOSTNI KONCEPTI

Za naslavljanje izzivov, vezanih na ravnanje z vodo po načelih KG, v slovenski in tuji literaturi zasledimo izraze, kot so ekoremediacija, zelene tehnologije, ekološki inženiring, zelena infrastruktura ter modro-zelena infrastruktura. V zadnjem času se je najbolj razširil angleški izraz »*nature-based solutions*« (NBS) (Preglednica 1), ki ga je leta 2008 definirala Svetovna banka, leta 2009 pa se je nanj sklicevala Svetovna zveza za varstvo narave (IUCN) v Okvirni konvenciji Združenih narodov o podnebnih spremembah. Izraz se je nato izjemno hitro uveljavil v političnih dokumentih na področju inovacij in zelenega gospodarstva, med drugim ga je sprejela in definirala tudi Evropska komisija.

V slovenskem prostoru se za NBS pojavljata izraza »sonaravne rešitve«, ki se je uporabljal že pred uveljavitvijo angleškega pojma NBS, ter »na naravi temelječe rešitve« (Dremel in Goličnik Marušič, 2021), ki je bil preveden v slovenščino po mednarodni uveljavitvi koncepta NBS. Po definiciji v SSKJ pridevnik sonaravno pomeni tisto, kar poteka vzajemno, skladno, povezano z zakoni narave in ne opredeljuje tudi uporabe naravnih virov ali procesov za reševanje družbenih izzivov, kar sicer opredeljuje definicija »*nature-based solutions*«. Zaradi navedenega je na področju urbanističnega načrtovanja in prostorskega planiranja predlagana uporaba termina »na naravi temelječe rešitve« (Dremel in Goličnik Marušič, 2021). Ne glede na navedeno dosedanja praksa uporabe izraza »sonaravne rešitve« kaže, da se sem uvrščajo vsi ukrepi in tehnologije, ki ustrezajo mednarodni definiciji »*nature-based solutions*«.

Pred uveljavitvijo izraza sonaravne rešitve sta bila v Sloveniji razširjena izraza ekoremediacija (ERM) in zelene tehnologije. Prve omembe v slovenski literaturi segajo v 80. leta prejšnjega stoletja (Vrhovšek in Kralj, 1983; Urbanc Berčič, 1994). Gre za koncepte, zelo podobne sonaravnim rešitvam; prav tako lahko primere aplikacije ERM in zelenih tehnologij zlahka preslikamo v kategorizacijo sonaravnih rešitev (Preglednica 1).

Koncept zelene infrastrukture (ZI) zagovarja načelo zavestne integracije »zaščite narave in naravnih procesov v prostorsko načrtovanje in razvoj«. ZI definiramo kot »strateško planirana naravna in polnaravna območja, kombinirana z drugimi elementi, ki nudijo širok spekter ekosistemskih storitev« – tako na ruralnih kot urbanih območjih. Ta koncept zelenih površin ne naslavlja več kot le »ostanke prostora«, ki so posledica razvoja pozidanega prostora, temveč prostorski razvoj aktivno usmerja na podlagi prepoznanih ekoloških vrednosti območij in območij, primernih za razvoj poselitve (Pauleit et al., 2017).

ZI nedvomno ugodno vpliva tudi na vodni krog, vendar se bistveno razlikuje od modro-zelene infrastrukture (MZI), saj je njen vpliv pasiven/slučajan, medtem ko je MZI načrtovana z namenom aktivnega upravljanja s padavinsko vodo. Z vidika vodarske stroke lahko MZI opredelimo kot naravne in polnaravne (od tod zelena) decentralizirane sisteme, namenjene upravljanju s padavinskimi vodami (od tod modra) v mestih, ki hkrati opravljajo širok nabor ekosistemskih storitev. Na področju ravnanja s padavinsko vodo obstaja kar nekaj sorodnih izrazov in konceptov, ki jih predstavljamo v poglavju 4.1.

Preglednica 1: Izrazi, njihovo pojavljanje, definicije in primeri na področju trajnostnih konceptov upravljanja vode v krožnem gospodarstvu.

Termin in pojav v Sloveniji in svetu	Definicija	Primeri
Ekoremediacija (ERM) (angl. <i>ecoremediation</i>) Urbanc Berčič et al. (1998), Kickuth (1984), Clayton (1988)	Uporaba naravnih sistemov in procesov za obnovo in zaščito okolja.	Rastlinske čistilne naprave, obnova vodotokov in jezer (revitalizacija), čiščenje tal in sedimentov (fitoremediacija, bioremediacija), vegetacijski pasovi in filtri, zasaditve obrežnih pasov za zaščito jezer, sonaravna sanacija deponij.
Zelene tehnologije ali ekotehnologije (angl. <i>green technologies, ecotechnologies</i>) 1989 – postavitve prve pilotne rastlinske čistilne naprave v Sloveniji	Ekoremediacija z uporabo tehnologij.	Rastlinske čistilne naprave, vrtni sistemi/evapotranspiracijski sistemi, zasajeni zadrževalniki za odpadno vodo, lagune, algne tehnologije, zelene strehe in stene, ekoremediacija zaprtih odlagališč (čiščenje, namakanje, produkcija biomase), akvaponika (gojenje rib in zelenjave v zaprtem sistemu).
Ekološki inženiring (angl. <i>ecological engineering</i>) Mitsch in Jorgensen (1989)	Ekološki inženiring uporablja ekologijo in inženiring za napovedovanje, načrtovanje, izgradnjo ali obnovo in upravljanje ekosistemov, ki povezujejo »človeško družbo z njenim naravnim okoljem v dobrobit obeh«.	Vsi ukrepi, pri katerih ob načrtovanju načela ekologije združujemo z inženirskim načrtovanjem.
Zelena infrastruktura (angl. <i>green infrastructure</i>) 1999 (ZDA), Benedict in McMahon (2002)	Zelena infrastruktura predstavlja strateški planski pristop načrtovanja in upravljanja prostora, ki temelji na zagotavljanju strukturne in funkcionalne povezljivosti posameznih naravnih in polnaravnih območij.	Zelene in vodne površine ter drugi krajinski elementi, ki zagotavljajo ekosistemske storitve ter so strateško načrtovani in upravljani.
Modro-zelena infrastruktura (angl. <i>blue-green infrastructure</i>) Rozos in Makropoulos (2013)	Naravni in polnaravni (od tod zelena) sistemi, namenjeni upravljanju s padavinskimi vodami (od tod modra) v naseljih, ki hkrati opravljajo širok nabor ekosistemskih storitev.	Infiltracijske kotanje/jarki, zelene strehe in stene ter na sploh tehnologije in koncepti, ki uporabljajo procese infiltracije, zadrževanja in evapotranspiracije za ravnanje s padavinsko vodo.



Termin in pojav v Sloveniji in svetu	Definicija	Primeri
<p>Sonaravne rešitve (angl. <i>nature-based solutions</i>)</p> <p>Svetovna banka (2008), Svetovna zveza za varstvo narave (IUCN, Cohen Shacham et al., 2016) in Evropska komisija (Eggermont et al., 2015)</p>	<p>V vodarski in biotehniški stroki so to rešitve, ki jih navdihuje in podpira narava ter so stroškovno učinkovite; hkrati zagotavljajo okoljske, socialne in gospodarske koristi ter pomagajo graditi odpornost. Takšne rešitve v mesta in pokrajine prinašajo več in bolj raznoliko naravo ter naravne značilnosti in procese. Sonaravni ukrepi so prilagojeni lokalnemu okolju, učinkovito uporabljajo vire in so sistematski.</p>	<p>Primeri so navedeni v Preglednici 2.</p>
<p>Na naravi temelječe rešitve (NTR) (angl. <i>nature-based solutions</i>)</p> <p>Svetovna banka (2008), Svetovna zveza za varstvo narave (IUCN, Cohen-Shacham et al., 2016) in Evropska komisija (Eggermont et al., 2015), Goličnik Marušić et al., 2021</p>	<p>Na področju urejanja prostora/urbanizma so to rešitve, ki jih navdihuje in podpira narava ter so stroškovno učinkovite; hkrati zagotavljajo okoljske, socialne in gospodarske koristi ter pomagajo graditi odpornost. Takšne rešitve v mesta in pokrajine prinašajo več in bolj raznoliko naravo ter naravne značilnosti in procese. Sonaravni ukrepi so prilagojeni lokalnemu okolju, učinkovito uporabljajo vire in so sistematski.</p>	<p>Sistem rešitev na ravni celotnega mesta: celovit sistem zelene infrastrukture za upravljanje s padavinskimi vodami, prostorsko načrtovanje v skladu z naravnimi zakonitostmi in danostmi lokacije, upoštevajoč družbene zakonitosti in potrebe, ustrezen izbor materialov, ustrezna fizična zasnova grajenega okolja (izboljšanje prevetrenosti, zmanjševanje hrupa, ustrezno senčenje, hlajenje ipd.), vzpostavitev posebnega režima uporabe prostora.</p>

3. KLASIFIKACIJA ELEMENTOV SONARAVNIH REŠITEV

Sonaravne rešitve za krožno ravnanje z vodo so sestavljene iz posameznih elementov in tehnologij. Za sonaravne rešitve je ključna večfunkcionalnost, zato so lahko posamezni elementi teh konceptov hkrati uporabni za več dejavnosti. V tem poglavju prikazujemo klasifikacijo 51 elementov (Preglednica 2), ki tvorijo sonaravne rešitve, ter njihovo uporabnost za dejavnosti, ki so tesno povezane s krožnim ravnanjem z vodo v mestih in naseljih: gradnja objektov, upravljanje z vodami, obnova virov ter urbano kmetijstvo. Raziskavo smo opravili v okviru projekta COST Circular City (CA 17133), pri katerem je sodelovalo več kot 100 strokovnjakov iz različnih strok (Atanasova et al., 2021; Castellar et al., 2021).

Elementi sonaravnih rešitev so razvrščeni v 7 skupin glede na njihovo načrtovalsko sorodnost: 1) Upravljanje s padavinskimi vodami; 2) Vertikalni ozelenitveni sistemi in zelene strehe; 3) Remediacija, čiščenje in obnova hranil; 4) Obrežne ureditve; 5) Bioinženiring tal in vode; 6) (Javne) Zelene površine ter 7) Pridelava hrane in biomase. Pomembno je opozoriti, da je zapiranje snovnih tokov skoraj nemogoče doseči le s sonaravnimi rešitvami. Zato ta klasifikacija vsebuje tudi podporne elemente (angl. *supportive unit*, v Preglednici 2 označeni z (S)), ki pomagajo ali so celo ključni za delovanje sonaravnih rešitev.

Preglednica 2: Klasifikacija sonaravnih rešitev (● – primerno, ○ – pogojno primerno, odvisno od načrtovanja).

Skupina	(#) Elementi sonaravnih rešitev in podporni elementi	Dejavnosti			
		Gradnja objektov	Upravljanje z vodami	Obnova virov	Urbano kmetijstvo
1) Upravljanje s padavinskimi vodami	(1) Infiltracijska kotanja	●	●	●	○
	(2) Infiltracijski jarek	●	●	●	
	(3) Filtracijski pas	●	●		
	(4) Filtracijski jarek	●	●		
	(5) (Mokri) zadrževalnik	●	●	●	○
	(6) (Suhi) zadrževalnik	●	●		
	(7) Bioretenzija	●	●		○
	(8) Jarek z (vlagoljubnim) rastlinjem	●	●		○
	(9) Travnati jarek	●	●		○
	(10) Drevo v sadilni jami	●	●		○
	(11) Travnna rešetka	●	●		○
	(12) Obrežni pas	●	●		●
	(S1) Zadrževanje padavin za ponovno uporabo	●	●		
(S2) Zadrževalne cisterne	●	●			
2) Vertikalni ozele-nitveni sistemi in zelene strehe	(13) Zelena stena – zasaditev v tleh	●	●		●
	(14) Zelena stena – zasaditev na steni	●	●		●
	(15) Zelena stena – zasaditev v sadilnih loncih	●	●		●
	(16) Ozelenjena pergola	●	○		●
	(17) Ekstenzivna zelena streha	●	●		●
	(18) Intenzivna zelena streha	●	●		●
	(19) Srednje intenzivna zelena streha	●	●		●
	(20) Premično zelenje in premični vertikalni vrtovi	●	○		●
3) Remediacija, čiščenje in obnova hranil	(21) Rastlinska čistilna naprava	●	●	●	●
	(22) Lagunska čistilna naprava		●		
	(26) Anaerobno čiščenje		●	●	
	(27) Aerobno čiščenje		●	●	
	(23) Kompostiranje	●		●	●
	(24) Bioremediacija	●	○	●	
	(25) Fitoremediacija	●	○	●	●
	(S3) Precipitacija fosforja (za obnovo P)		●	●	
	(S4) Odstranjevanje amonija (za obnovo N)		●	●	
	(S5) Dezinfekcija (za obnovo vode)	●	●	●	
(S6) Proizvodnja bioogljja/hidroogljja		●	●	●	
(S7) Enota za fizično ločevanje trdnih in tekočih frakcij		●	●	●	
(S8) Membranska filtracija		●	●		
(S9) Adsorpcija		●	●		
(S10) Napredni oksidacijski procesi		●	●		



Skupina	(#) Elementi sonaravnih rešitev in podporni elementi	Dejavnosti			
		Gradnja objektov	Upravljanje z vodami	Obnova virov	Urbano kmetijstvo
4) Obrežne ureditve	(28) Revitalizacija vodotoka	•	•		•
	(29) Poplavna ravnica	•	•		•
	(30) Preusmeritveni rečni elementi	•	○		
	(31) Povezava mrtvice z reko	•	•		
	(32) Protierozijski obrežni elementi	•	•		○
5) Bioinženiring tal in vode	(33) Ohranjanje in izboljševanje tal	•	○	•	•
	(34) Obvladovanje erozije	•	○		○
	(35) Utrjevanje tal za boljšo povezljivost in oprijem korenin	•	○		
	(36) Obrežne ureditve	•	○		○
6) (Javne) Zelene površine	(37) Zeleni koridor	•	•		•
	(38) Zeleni pas	•	•		•
	(39) Obcestna drevesa	•	•	•	•
	(40) Velik urbani park	•	•	•	•
	(41) Žepni/vrtni park	•	•	•	•
	(42) Urbani travniki	•	•		•
	(43) Prehodna zelena območja	•	•		•
7) Pridelava hrane in biomase	(44) Ribogojstvo				•
	(45) Hidroponika in tehnologije brez prsti	•	○		•
	(46) Organoponika/Bioponika	•	○		•
	(47) Akvapponika	•	○		•
	(48) Fotobioreaktor		○	•	•
	(49) Pridelovalni vrt	•	•		•
	(50) Urbani gozd	•	•		•
	(51) Urbane kmetije in nasadi	•	•		•

Izkaže se, da je vsak element uporaben za več dejavnosti in da so ob **ustreznem** načrtovanju ti elementi večfunkcijski. Kot primer navedimo zeleno steno, ki je pomemben element pri dejavnosti Gradnja objektov. Če je načrtovan kot izolativni sloj, ki ga namakamo z vodo iz vodovodnega omrežja, ima le eno funkcijo. Če pa zeleno steno načrtujemo tako, da poleg izolacije služi za čiščenje npr. sive vode oz. jo z njo namakamo, bo to večnamenski element.

4. KLJUČNA PODROČJA IMPLEMENTACIJE SONARAVNIH REŠITEV ZA KROŽNO GOSPODARJENJE Z VODO

4.1 Področje urbane odvodnje

Za mesta z visokim deležem utrjenih površin je značilen povečan in hiter površinski odtok, kar negativno vpliva na vodno bilanco obravnavanega območja poselitve, saj odteče več vode, kot bi je sicer. To povečuje poplavno ogroženost ter zmanjšuje napajanje podzemnih voda in količine razpoložljive vode za rastlinstvo. Sonaravne rešitve na področju urbane odvodnje so

zasnovane tako, da blažijo našteje probleme in hkrati nudijo dodatne ekosistemske storitve. Ponavadi uporabljajo procese, značilne za naravni vodni krog, kot so infiltracija, filtracija, evapotranspiracija in površinsko zadrževanje vode. Na splošno je zanje značilno zadrževanje padavin na lokaciji, kjer padejo, in posledično zmanjšanje količine površinskega odtoka s povodja. Elementi, ki so pogosto uporabljeni za namen urbane odvodnje, so v Preglednici 2 predstavljeni v skupinah: 1) Upravljanje s padavinskimi vodami; 2) Vertikalni ozelenitveni sistemi in zelene strehe; 6) (Javne) zelene površine. Ti ukrepi v slovenskem jeziku še nimajo enotnega izraza, v angleščini pa obstaja kar nekaj sorodnih izrazov, ki v veliki meri temeljijo na podobnih procesih in tehnologijah (Fletcher et al., 2015) (Preglednica 3). Med seboj se razlikujejo predvsem po obsegu območja obdelave, kot so posamezno zemljišče, ulica, soseska, mestna četrt, mesto ali celo večji regionalni sistemi. Poudariti želimo, da gre za koncepte, ki v veliki meri temeljijo na istih tehnologijah in zasledujejo iste cilje, ker pa so se sočasno razvijali v različnih delih sveta in izhajajo iz raznovrstnih strok, so poimenovani drugače.

Preglednica 3: Trajnostni koncepti na področju urbane odvodnje.

Kratica	Angleški pomen	Slovenski prevod
BGI	Blue-Green Infrastructure	Modro-zelena infrastruktura
SUDS	Sustainable Urban Drainage Systems	Trajnostni sistemi urbane odvodnje
LID	Low Impact Development	Posegi/gradnja z majhnim okoljskim vplivom
BMP	Best Management Practice	Najboljša upravljavska praksa
SCM	Stormwater Control Measures	Ukrepi za obvladovanje padavinskih voda

4.2 Področje revitalizacije vodnih teles

Na področju revitalizacije vodnih teles so uporabljeni predvsem elementi iz skupin: 4) Obrežne ureditve ter 5) Bioinženiring tal in vode (Preglednica 2). Prvi projekti revitalizacij vodnih teles v Sloveniji segajo v 80. leta prejšnjega stoletja. O revitalizaciji Želimejščice je bil celo posnet kratek dokumentarni film. Pozneje so bili v okviru projekta LIFE AquaLutra (2004-2009) izvedeni revitalizacijski ukrepi na številnih vodotokih na Goričkem, z namenom ohranjanja populacije vidre. V predmestju Ljubljane je bila leta 2009 zgrajena rastlinska čistilna naprava (RČN) v kombinaciji z meandrirano strugo za čiščenje meteornih vod na vtoku v poplavni zadrževalnik (Griessler Bulc et al., 2019).

4.3 Področje čiščenja in obnove virov iz odpadnih voda

Sonaravne rešitve lahko ponudijo varno čiščenje ter ponovno uporabo prečiščene odpadne vode in hranil, pri čemer se čistilna naprava iz porabnika energije in virov spremeni v njihov vir. Mednje spadajo predvsem elementi iz skupine 3) Remediacija, čiščenje in obnova hranil (Preglednica 2), npr. RČN v ruralnem in urbanem okolju, ki omogočajo stroškovno učinkovito čiščenje odpadne vode ter produkcijo biomase in vode za zalivanje ali namakanje kmetijskih površin, pa tudi drugi elementi, npr. elementi iz skupine 2) Vertikalni ozelenitveni sistemi in zelene strehe, ki prispevajo k temu področju. Take so zelene stene in strehe, ki omogočajo čiščenje in ponovno uporabo sive vode (tj. vsa odpadna gospodinjstva voda, razen tiste iz stranišč) ter s tem ustvarjajo vodno in energetske učinkovito grajeno okolje. Novejše raziskave



sonaravnih rešitev poročajo tudi o učinkovitem odstranjevanju novodobnih onesnažil (ostanki zdravil in izdelkov osebne higiene) ter o potencialno pomembni proizvodnji biomase (biognojila, biostimulansi), kar odpira številne možnosti za čiščenje in ponovno uporabo odpadne vode za različne namene v kontekstu blaženja podnebnih sprememb in ustvarjanja odpornejšega urbanega prostora.

4.4 Področje prostorskega načrtovanja – umeščanje trajnostnih konceptov v prostor

Obvladovanje urbanega vodnega kroga se poleg vodne infrastrukture neposredno nanaša na raščen teren in druge (ne)utrjene mestne površine ter njihovo zaledje, to je tudi na elemente zelene infrastrukture (Goličnik Marušić et al., 2021). Čeprav se predvsem pod terminom modro-zelena infrastruktura (MZI), ki pomeni strategijo načrtovanja urbanih okolij in pri zagotavljanju učinkovitega upravljanja voda v mestih vključuje naravo, poudarja, da gre za prepletanje in povezovanje upravljanja voda in načrtovanja zelenih površin (urbanih gozdov, parkov, uličnih dreves ipd.) (Krajnc, 2019), taki trajnostni koncepti še niso opredeljeni s parametri, ki bi bili uporabni v prostorskem načrtovanju, npr. povezljivost rešitev, prepoznavanje in določanje njihovih vplivnih območij, razumevanje dinamičnosti (naravnih) procesov in prepoznavanje sistema rešitev za doseganje sinergijskih učinkov pri reševanju družbenih izzivov urbanega razvoja.

Obseg implementacije trajnostnih konceptov lahko zajema posamezne elemente (stavba, ulica ali parkirišče) in območja (soseska, naselje, ožje mestno območje, širše mestno območje). Prednost na naravi temelječih/sonaravnih rešitev se kaže ravno v celovitem naslavljanju funkcij površin, ki so med seboj povezane in delujejo kot sistem. Pregled primerov iz prakse in literature kaže, da so v večini primerov v mestih in drugih urbanih naseljih take rešitve še vedno zastopane le kot posamezni fragmenti, ki ustrezajo ravni posameznega elementa, kot so zelene strehe in vertikalne ozelenitve, ozelenjena parkirišča, raščene površine in žepni parki (Goličnik Marušić et al., 2021).

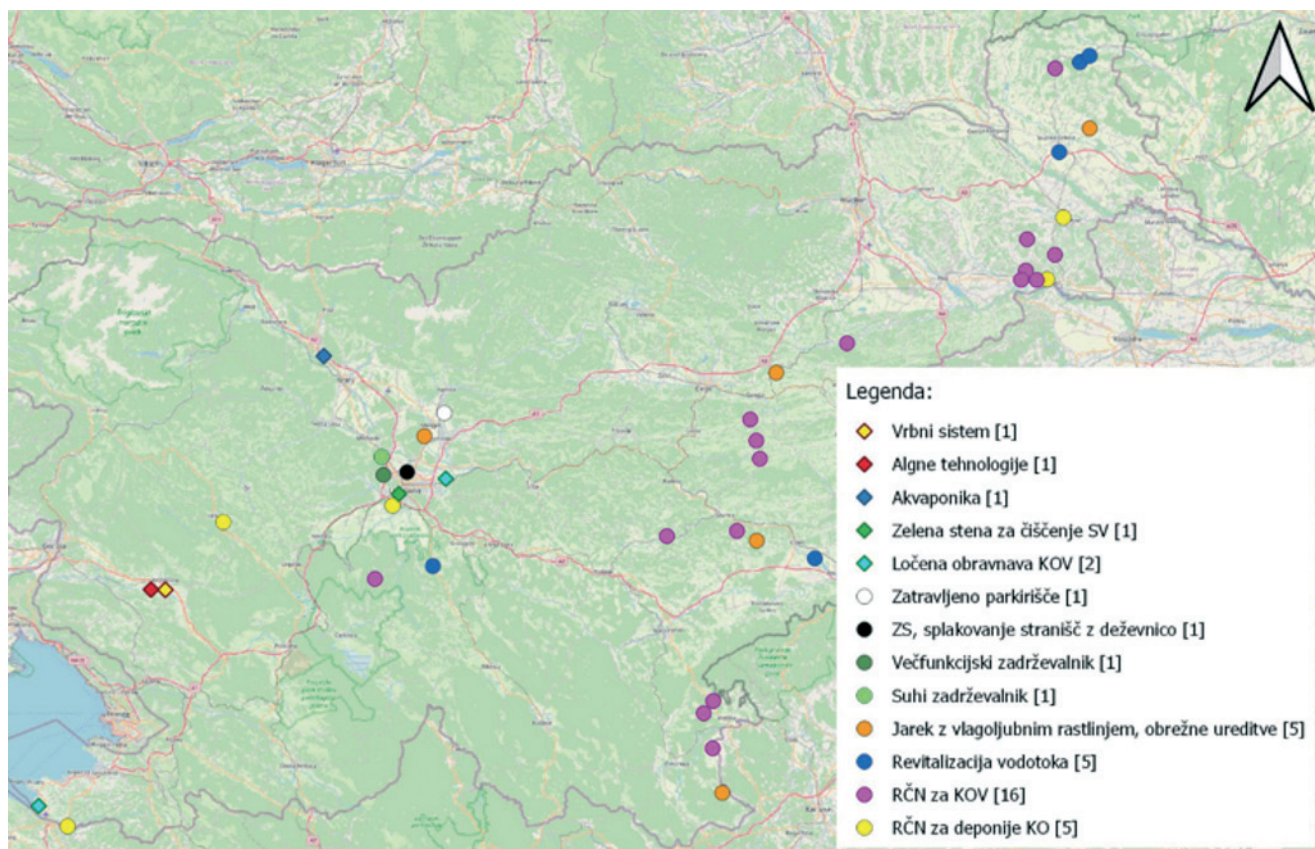
V prostorskem načrtovanju izzive rešujemo v skladu s konceptom na naravi temelječih rešitev ne nujno zgolj zaradi varovanja naravnih virov, temveč zaradi kvalitetnejšega bivalnega okolja. Pri tem uporabimo zgled naravnih procesov ne zgolj za sinergijo s področjem upravljanja z vodami (zasnova MZI), ampak tudi za druge funkcije in procese, kot so prevetrenost mesta, orientacija stavb, zaščita pred hrupom ipd.

Prvi pogoj za sistemsko umeščanje sonaravnih rešitev v prostor (in tudi v dokumente, ki služijo kot podlaga razvoju prostora) je pravočasna rezervacija primerne prostora in ustrezna razmestitev dejavnosti, zato je ključnega pomena obravnavanje in upoštevanje problematike že v zgodnjih fazah načrtovanja prostora. Pomemben vhodni podatek za izdelavo prostorskih aktov bi morala biti strokovna podlaga, ki bi opredelila značilnosti območij, primernih za ponikanje ali zadrževanje padavinskih voda, ter drugih lastnosti prostora, kot so naravna prevetrenost, orientacija in druge fizične lastnosti lokacij, ki pomenijo izhodiščno stanje za možnosti njihovega umeščanja, saj lahko le tako prihajamo do celovitih sistemskih rešitev, ki so (lahko) večfunkcionalne.

5. SONARAVNE REŠITVE V SLOVENIJI

Vsestranske tehnološke sonaravne rešitve je v slovenski prostor vpeljal prof. dr. Daniel Vrhovšek, najprej v okviru Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, nato pa v okviru LIMNOS-a, prvega podjetja za aplikativno ekologijo v Sloveniji (Vrhovšek in Griessler Bulc, 1994). Razvoj je bil najprej usmerjen v rastlinske čistilne naprave (RČN) za čiščenje komunalnih odpadnih voda (KOV) (Vrhovšek in Kralj, 1983) ter ekoremediacijo zaprtih odlagališč komunalnih odpadkov (Griessler Bulc, 2006) (Slika 1). V okviru mednarodnih in domačih projektov ter ob podpori ministrstva za okolje so bile izvedene številne interdisciplinarne raziskave in implementacije sonaravnih rešitev. Tako beležimo postavitev prvih dveh RČN v letu 1989 za čiščenje KOV na komunalni čistilni napravi v Ajdovščini in izcedne vode iz komunalnega odlagališča v Mislinji. Z namenom ponovne uporabe hranil v odpadni vodi smo RČN nadgradili s ponovno uporabo prečiščene vode in za namakanje hitro rastočih dreves na zaključnem pokrovu odlagališč za namene pridobivanja lesne biomase in zmanjševanja količine izcedne vode. Inovativnost krožnega pristopa pri sanaciji odlagališč je bila večkrat nagrajena, in sicer v Evropskem parlamentu in na ministrski konferenci za znanost v Madridu. Pozitivne učinke namakanja poljščin s prečiščeno KOV iz RČN ter algnega sistema smo dokazali v sklopu projekta ARRS J2-8162 (2017-2020). Za čiščenje KOV v oddaljenih turističnih objektih, kot so planinske kočje, smo v okviru projekta EU FP7 SANBOX (2009-2011) razvili inovativen sistem ločenega zbiranja ter čiščenja sive in črne vode. Za čiščenje KOV na občutljivih območjih pa smo v okviru projekta ARRS Z2-6751 (2015-2018) razvili nov tip RČN, zasajen z vrbami, ki deluje brez iztoka ter proizvaja lesno biomaso in visoko hranljiv substrat. Prva tovrstna tehnologija je bila postavljena leta 2017 v Ajdovščini.

V letih od 1989 do 2021 je bilo v Sloveniji postavljenih okrog 200 RČN, poleg njih pa še lagunске čistilne naprave (Šajn Slak et al., 2005), vegetacijski jarki kot del melioracijskih kanalov, akvaponika za proizvodnjo zelenjave in rib (Junge Berberović et al., 2019) ter algne tehnologije za čiščenje KOV in pridobivanje algne biomase za gnojilo kmetijskih površin (Krivograd Klemenčič et al., 2018) (Slika 1). Na področju implementacije sonaravnih rešitev za ravnanje z vodo v urbanem prostoru prav tako obstaja kar nekaj primerov dobrih praks, predvsem pri ravnanju s padavinsko vodo (zelene strehe, infiltracijske kotanje), vendar pa manjka sistemski pristop.



Slika 1: Zemljevid Slovenije z lokacijami nekaterih že izvedenih ukrepov, ki sledijo trajnostnim konceptom (◊ – pilotni sistemi, o – delujoči sistemi).

V slovenskem kontekstu Klemen et al. (2020) ugotavljajo, da se ob pripravi prostorskih aktov strokovne podlage za ukrepe upravljanja padavinskih voda praviloma ne izdelujejo, kar vodi v nadaljnjo uporabo obstoječega netrajnostnega koncepta upravljanja z vodami. Zelene površine so sicer v slovenskem prostorskem načrtovanju precej dobro interpretirane in ovrednotene v kontekstu družbenih izzivov, ki naslavljajo zdravje in dobro počutje (Šuklje Erjavec et al., 2020), medtem ko so z vidika celovitega upravljanja urbanega vodnega kroga in drugih funkcij še nezadostno obravnavane. Pomembno je preseči miselnost, da so zelene površine vrednotene pretežno z določenih vidikov, ter jih nasloviti tudi z vidika zagotavljanja drugih funkcij, kot je sposobnost zelenih površin za trajnostno upravljanje z vodo (Radinja et al., 2021).

6. ZAKLJUČKI

Okoljska in podnebna kriza nas silita k prehodu v drugačno, bolj trajnostno/krožno ravnanje z naravnimi viri, tudi z vodo. Glavni izzivi pri prehodu na krožno ravnanje z vodo so (1) obnova in vzdrževanje naravnega vodnega kroga, ki je prekinjen zaradi urbanizacije, (2) čiščenje in ponovna uporaba prečiščene odpadne vode ter (3) obnova in ponovna uporaba virov iz odpadne vode (npr. hranil, biomase, energije). Trajnostni koncepti, ki naslavljajo te izzive, se v Sloveniji pojavljajo in razvijajo že od 80. let prejšnjega stoletja. V tem prispevku smo podali

pregled konceptov in njihovih poimenovanj, s poudarkom na najnovejši pojavnih obliki, znani pod angleškim imenom »*nature-based solutions*«, ki je pri nas najpogosteje prevajana kot na sonaravne in naravi temelječe rešitve. Te rešitve vsebujejo različne tehnologije in elemente. Tu podajamo predlog klasifikacije elementov in njihovo uporabnost v ključnih dejavnostih, vezanih na upravljanje z vodo. V Sloveniji imamo dolgo zgodovino uporabe posameznih elementov sonaravnih rešitev, manjka pa sistemski pristop k njihovem načrtovanju in implementaciji, predvsem zaradi pomanjkljivega sodelovanja med strokami. Ta prispevek je korak k poenotenju in predvsem razumevanju različne terminologije, ki je ključna za sodelovanje različnih strok pri implementaciji trajnostnih konceptov za ravnanje z vodo.

LITERATURA IN VIRI

- Atanasova, N., Castellar, J. A. C., Pineda Martos, R., Nika, C. E., Katsou, E., Istenič, D., Pucher, B., Andreucci, M. B. in Langergraber G., 2021. Nature-based solutions and circularity in cities. *Circular economy and sustainability*, 1–14. doi: 10.1007/s43615-021-00024-1.
- Benedict, M. A. in McMahon, E. T., 2002. Green infrastructure: smart conservation for the 21st century. *Renewable Resources Journal*, 20: 12–17.
- Castellar, J. A. C., Popartan, L. A., Pueyo Ros, J., Atanasova, N., Langergraber, G., Säumel, I., Corominas, L., Comas, J. in Acuña, V., 2021. Nature-based solutions in the urban context – terminology, classification and scoring for urban challenges and ecosystem services. *Science of the total environment*, 779/146237, 1–13. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146237.
- Clayton, R. C., 1988. Report on the ATV (Technical Association for Wastewater). Seminar on Reedbed Treatment Systems, 29–30 Sept., Nürnberg, FRG.
- Cohen Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. in Maginnis, S., 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland, IUCN.
- Dremelj, M. in Goličnik Marušič, B., 2021. Kaj so *nature-based solutions* (NBS) in kako jih prevajamo. *Urbani izziv*, storkovna izdaja, 2021, 12, str. 102–108.
- Eggermont, H., Balian, E., N. Azevedo, J. M., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., Fady, B., Grube, M., Keune, H., Lamarque, P., Reuter, K., Smith, M., van Ham, C., Weisser, W. W. in Le Roux, X., 2015. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. *GAIA*, 24, 4, str. 243–248.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni Davies, A., Bertrand Krajewski, J. L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D. in Viklander, M., 2015. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12: 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>.
- Goličnik Marušič, B., Dremelj, M., Ravnihar, Ž. in Bizjak, I., 2021. Priprava predlogov in priporočil za razvoj programov in ukrepov v podporo prostorskemu in urbanemu razvoju. Poročilo o izvajanju sonaravnih/naravi temelječih rešitev na področju urbanega razvoja. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.
- Griessler Bulc, T., 2006. Long term performance of a constructed wetland for landfill leachate treatment. *Ecological engineering*. 26: 365–374.
- Griessler Bulc, T., Istenič, D. in Krivograd Klemenčič, A., 2019. Case studies. Multifunctional water reservoir in Ljubljana (Slovenia). V: Langergraber, G. (ur.), *Wetland technology: practical information on the design and application of treatment wetlands*. Technical Report Series, 27, London: IWA Publishing, 142–144.
- Junge Berberović, R., Griessler Bulc, T., Anseeuw, D., Yavuzcan Yildiz, H. in Milliken, S., 2019. Aquaponics as an educational tool. V: Goddek, S. (ur.), *Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*. Cham: Springer Nature, 561–595.
- Kickuth, R., 1984. The Root Zone Method. *Gesamthochschule Kassel-Universität des Landes Hessen*, 12.
- Klemen, K., Pergar, P., Fatur, M., Bevc Šekoranja, B. in Konda, K., 2020. Problematika načrtovanja sonaravnih ukrepov za celovito upravljanje padavinskih voda na urbanih območjih. *Gradbeni vestnik*, 69: 73–81.



15. Krajnc, U., 2019. Podnebne spremembe in poplavna ogroženost urbanih območij z lastnimi padavinskimi vodami. *Gradbeni vestnik*, 68, 109–132.
16. Krivograd Klemenčič, A., Žitnik, M., Šunta, U., Godič Torkar, K. in Griessler Bulc, T., 2018. »Escherichia coli« inhibition in municipal wastewater treated in microalgae based treatment systems. *International proceedings of chemical, biological & environmental engineering*. 103: 70–74.
17. Mitsch, W. J. in Jorgensen, S. E., 1989. »Introduction to Ecological Engineering« V: Mitsch, W. J. in Jorgensen, S. E. (ur.), *Ecological Engineering: An Introduction to Ecotechnology*, John Wiley & Sons, New York, 3–12.
18. Pauleit, S. et al., 2017. Nature-based Solutions and Climate Change – Four Shades of Green. V: Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (ur.). *Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice*. 29–49. Dostopno na: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56091-5_3 [11. 11. 2021].
19. Radinja, M., Atanasova, N. in Zavodnik Lamovšek, A., 2021. Vodarski pogled na uvajanje modro-zelene infrastrukture v mestih. *Urbani izziv*, 1: 28–39.
20. Rozos, E. in Makropoulos, C., 2013. Source to Tap Urban Water Cycle Modelling. *Environmental Modelling & Software*, 41: 139–150.
21. Svetovna banka, 2008. Biodiversity, Climate Change, and Adaptation: Nature-based Solutions from the World Bank Portfolio. World Bank, Washington, DC. Dostopno na: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6216> [11. 11. 2021].
22. Šajn Slak, A., Griessler Bulc, T. in Vrhovšek, D., 2005. Comparison of nutrient cycling in a surface-flow constructed wetland and in a facultative pond treating secondary effluent. *Water science and technology*, 51: 291–298.
23. Šuklje Erjavec, I., Kozamernik, J. in Žlender, V., 2020. Ven za zdravje: priročnik za načrtovanje zelenih površin za spodbujanje telesne dejavnosti in zdravega življenjskega sloga. Ljubljana, Urbanistični inštitut Republike Slovenije, 103 str. Dostopno na: http://www.uirs.si/pub/Ven_za_zdravje_jan_20_splet.pdf [11. 11. 2021].
24. Urbanc Berčič, O., 1994. Investigation into the Use of the Constructed Reedbeds for Municipal Waste Dump Leachate Treatment. *Water Science and Technology*, 29: 289–294.
25. Urbanc Berčič, O., Griessler Bulc, T. in Vrhovšek, D., 1998. Slovenia. V: Vymazal, J. (ur.). *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*. Leiden: Backhuys publishers, 241–250.
26. Vrhovšek, D. in Griessler Bulc, T., 1994. Development of constructed wetlands in Slovenia. *Aquaphyte*, 14: 14–15.
27. Vrhovšek, D. in Kralj, M., 1983. Čiščenje odpadnih voda s pomočjo vodnih rastlin. *Življenje in tehnika: revija za poljudno tehniko, znanost in amaterstvo*, 34: 29–33.



Vodne tehnologije

Vrhunska oprema in napredne tehnološke rešitve

- Priprava pitne in tehnološke vode
- Čiščenje odpadnih voda
- Telemetrijski sistemi
- Daljinsko odčitavanje porabe vode in hidravlična optimizacija vodooskrbnih omrežij
- Satelitsko odkrivanje in mikrolociranje puščanj vodooskrbnih sistemov



IZBRUH GASTROENTERITISA V MESTU HAVELOCK NORTH LETA 2016 IN NJEGOV VPLIV NA NOVOZELANDSKO VODNO INDUSTRIJO

ANŽE LENČEK¹

Povzetek

Avgusta 2016 je mesto Havelock North na Novi Zelandiji prizadel velik izbruh gastroenteritisa. Povzročitelj je bila bakterija *Campylobacter jejuni*, ki je kontaminirala javni vodovodni sistem, ki za vir vode izkorišča lokalni vodonosnik. Zbolelo je več kot 5.500 ljudi, 45 je bilo hospitaliziranih, 4 so umrli. To je bil do zdaj največji izbruh bolezni, povezan s pitno vodo v tej otoški državi, in največji tovrstni dokumentiran izbruh kampilobakterioze v svetovnem merilu. Sledila je vladna preiskava izbruha, ki je do decembra 2017 postregla z dvema obsežnima poročiloma z navedbo ugotovljenih vzrokov izbruha ter nosilcev odgovornosti kot tudi dolgim seznamom priporočil za preprečitev podobnih dogodkov v prihodnje. Priporočila so vključevala vzpostavitev novega regulatornega telesa, posodobitev in spremembe zakonodaje, obvezno dezinfekcijo vseh vodnih virov ter vzpostavitev specializiranih izvajalcev vodnih storitev. Julija 2020 je vlada razkrila načrt prestrukturiranja izvajanja vodnih služb (pitna voda, odpadne in meteorne vode). Triletni program bo sistemsko predrugačil obstoječe lokalno organizirane strukture izvajalcev teh storitev.

Ključne besede: Campylobacter, gastroenteritis, izbruh, nadzor, vodooskrba, zakonodaja.

Abstract

A waterborn gastroenteritis disease outbreak occurred in the town of Havelock North in August 2016. Bacteria *Campylobacter jejuni* has been identified as a contaminant within the public drinking-water network which uses local aquifer as their groundwater source. More than 5,500 people became ill, 45 have been hospitalized and 4 deaths are associated with this outbreak. This has been so far the largest water-borne outbreak in this island country and also the largest recorded campylobacteriosis outbreak on a world scale to date. The outcomes of government inquiry into the outbreak completed by December 2017 produced two comprehensive reports, outlining the causes of the outbreak, who was responsible and recommendations to prevent similar events in the future including establishing independent

¹ Anže Lenček, univ. dipl. inž. živ. tehnol., Napier City Council (Nova Zelandija).

water regulator, review and changes to legislation framework, universal treatment of all water supplies and recommendation for dedicated drinking water suppliers. In July 2020 the Government launched Three Waters Reform Programme – a three year programme to reform local government three water service delivery arrangements.

Keywords: Campylobacter, drinking-water, gastroenteritis, legislation, outbreak, regulation.

1. UVOD

Izbruhi bolezni, ki jih povzročajo patogeni, prisotni v pitni vodi, predstavljajo nezanemarljiv negativni vpliv na javno zdravje, o njih redno poročajo iz Evrope, Severne Amerike in še kje. Kampilobakter je bil prepoznan kot patogen v mnogih od teh izbruhov in predstavlja veliko tveganje v nekloriranih vodovodnih sistemih zaradi njegove sposobnosti večtedenskega preživetja v mrzlem okolju ter nizke infekcijske doze. Kampilobakterioza je največkrat potrjena infekcijska bolezen na Novi Zelandiji (populacija 5 milijonov), s 6.000 do 7.000 zabeleženimi primeri vsako leto (Gilpin, 2020).

Avgusta 2016 je mesto Havelock North na Novi Zelandiji prizadel velik izbruh gastroenteritisa. Povzočitelj je bila bakterija *Campylobacter jejuni*, ki je kontaminirala javni vodovodni sistem, ki za vir vode izkorišča lokalni vodonosnik. Zbolelo je več kot 5.500 od skupno 14.000 prebivalcev, 45 je bilo hospitaliziranih, trije so razvili Guillain-Barréjev sindrom, štirje so umrli (Roberts, 2019; Gilpin, 2020).

Skupna ekonomska škoda izbruha je bila pozneje ocenjena na 21 milijonov novozelandskih dolarjev (približno 13 milijonov evrov). Od tega so največji delež (59 %) nosila prizadeta gospodinjstva (izpad dohodka, kupovanje ustekleničene vode ipd.), 20 % so predstavljali dodatni stroški znotraj lokalnih samoupravnih skupnosti, 12 % stroški, povezani z zdravstveno oskrbo, 6 % pa izpad dohodka poslovnih subjektov med pandemijo (Moore, 2017).

Mesto Havelock North spada pod občino Hastings (Hastings District Council), ki obsega 5.277 km² in v kateri živi približno 88.000 prebivalcev. Največje mesto je Hastings (populacija 49.000), ki je le nekaj kilometrov oddaljeno od mesta Havelock North. Občina Hastings se nahaja na vzhodni obali, približno na sredini Severnega otoka Nove Zelandije in je del večje regije, imenovane Hawke's Bay (14.111 km², populacija 178.600). Najpomembnejša ekonomska dejavnost v občini Hastings je kmetijstvo – na rodovitni ravnici, imenovani Heretaunga, na kateri leži tudi Havelock North, prevladujejo sadjarstvo, vinogradništvo in pridelava zelenjave.

1.1 Opis vira vode in vodovodnega sistema Havelock North

Pod ravnico Heretaunga se nahaja istoimenski prodati vodonosnik (460 km²). Vrtine segajo do globine 220 metrov, vendar večina teh sega le do 50 metrov globine. Nad vodonosnikom je prepustna ali pa neprepustna glinasta plast, odvisno od lokacije, prav tako se vrtine razlikujejo



po višini vodnega stolpca. Večina podzemne vode se porabi za namakanje poljščin (50,5 %), sledita oskrba s pitno vodo (23,6 %) ter industrijska raba (21,8 %). Izdanih je približno 1.700 okoljskih soglasij za črpanje vode, samih vrtin v vodonosnik pa je še več. Letna celokupna alokacija načrpane vode znaša 160 milijonov m³ (Hawke's Bay Regional Council, 2021).

Izvajanje vseh vodnih aktivnosti je v pristojnosti občine. Vodovodni sistem Havelock Northa je sicer hidravlično povezan s Hastingsom, vendar so bili vse tri povezovalne cevi med mestnima vodovodoma v času izbruha hidravlično izolirane. Voda za potrebe oskrbe Havelock Northa se je črpala iz treh vrtin (1–3) na cesti Brookvale, ki so se nahajale v podzemnih betonskih jaških z višinami vodnih stolpcev pod nivojem glav vrtin. Potopne črpalke znotraj vrtin so zagotavljale črpanje in zadosten pritisk v vodovodnem sistemu. Globina vrtin je bila sicer med 24 in 28 metri, vendar so se zajemna sita začela že pri 11 metrih pod površjem. Pred izbruhom je veljalo, da vodonosnik na tej lokaciji ni neposredno povezan s površjem, saj so testi določanja starosti vode pokazali skladnost z regulatornimi zahtevami. Vodovodni sistem ni imel nameščenih sistemov za primarno oz. sekundarno dezinfekcijo (Department of Internal Affairs, 2017a).

1.2 Pretekli rezultati testiranja

Monitoring kakovosti vode (vključno z vzorčenjem za koliformne bakterije in *E. coli*) se je v času tik pred izbruhom vršil vsaj dvakrat tedensko. V vrtini 3 so v treh letih pred izbruhom trikrat potrdili prisotnost *E. coli* v nizkih koncentracijah, čemur je vsakokrat sledilo takojšnje kloriranje vodovodnega sistema, medtem ko povečanih bolezni med odjemalci takrat ni bilo zaznati. Po zadnji taki detekciji so vrtino 3 izključili iz proizvodnje in tako ni bila udeležena pri izbruhu leta 2016 (Hastings District Council, 2020).

Veliko bolj zaskrbljujoč pa je bil manjši izbruh kampilobakterioze leta 1998, ki je takrat v Havelock Northu prizadel 80 prebivalcev. Testiranja vira vode iz glav vrtin so takrat dokazala prisotnost bakterij rodu *Campylobacter* v vrtinah 1 in 2. Neodvisno poročilo je kot najverjetnejši vzrok navedlo neustrezno zatesnjenost električnih vodnikov, ki so napajali potopno črpalko vrtine 2, in posledično možnost vdora kontaminiranih površinskih voda v samo vrtino. Prav tako je poročilo podvomilo o odsotnosti neposredne povezave vodonosnika s površjem. Občina Hastings po tem izbruhu ni ukrepala v dovoljšnji meri, da se to ne bi spet ponovilo, in na žalost je dogodek potonil v pozabo – nihče od zaposlenih leta 2016 za ta dogodek ni vedel, saj so se občini pridružili pozneje (Department of Internal Affairs, 2017a).

2. POTEK IZBRUHA

Groba časovna rekonstrukcija izbruha gastroenteritisa v Havelock Northu z navedenimi le najosnovnejšimi podatki in ukrepi:

- 5. in 6. avgusta močno zimsko deževje (125 mm) prizadene Havelock North.
- 12. avgusta 2016 dopoldan sta bila regijski zavod za zdravstvo (District Health Board) in Ministrstvo za zdravje prvič obveščena o močno povečanih zabeleženih primerih kampilobakterioze v regiji kot tudi o povečani odsotnosti učencev v šolah. Skorajda

sočasno je občina Hastings sporočila potrjeno prisotnost *E. coli* (16 cfu/100ml, MPN) v vzorcu vode, ki je bil odvzet 11. avgusta v omrežju Havelock Northa. Občina je kot upravljavec vodovoda ta dan ob petih popoldan začela s klorinacijo in izpiranjem celotnega sistema v Havelock Northu ter nekaj pred sedmo zvečer izdala ukrep obveznega prekuhavanja pitne vode. Preden so začeli s kloriranjem sistema, je bilo odvzetih šest vzorcev pitne vode na različnih lokacijah v omrežju kot tudi na obeh vrtinah (1 in 2) v uporabi. V vseh osmih vzorcih so naslednji dan potrdili prisotnost *E. coli* v rangju 9.2 do >23 cfu/100 ml (MPN).

- 13. avgusta izbruh zahteva prvo smrtno žrtev v enem od domov starejših občanov. Nadzor izbruha se potencira in regijski zavod za zdravstvo se posluži najvišjih postopkov obvladovanja epidemije na nacionalni ravni. Sledi vzpostavitev »Emergency Operations Centre« in odziv, imenovan »Coordinated Incident Management System«. Ta dan je bilo odvzetih 11 vzorcev vode iz kloriranega omrežja in po en vzorec na obeh vrtinah, pri čemer je naslednji dan potrjena *E. coli* (6.9 in 9.2 cfu/100ml, MPN) le v obeh vzorcih iz vrtin.
- V nedeljo, 14. avgusta, so odvzeti vzorci na obeh vrtinah spet pozitivni za *E. coli* (3.6–5.1 cfu/100ml, MPN), osem vzorcev iz omrežja je skladnih. Iz lokalnih zdravstvenih domov prihaja vse več poročil o obolelih z gastroenteritisom.
- 15. avgusta občina s cisternami vode, napolnjenimi iz Hastingsovega vodovodnega sistema, vzpostavi alternativno dobavo pitne vode. Cisterne so bile na voljo na šolskih dvoriščih in ta sistem je bil operativen do 5. septembra. Vzorci tega dne pokažejo prisotnost *E. coli* le še v vrtini 1 (6.9 cfu/100ml). Vse šole v Havelock Northu se odločijo za zaprtje od 16. do 18. avgusta, vendar pozneje vse, razen dveh, ostanejo zaprte do 21. avgusta. Začne se preiskava izbruha.
- 16. avgusta občina telefonsko anketira 250 naključnih stacionarnih števil v Havelock Northu in zbere podatke o preteklih oz. trenutnih okužbah oseb znotraj gospodinjstev. Regijski Zavod za zdravstvo sporoči, da ni dokazov, da bi izbruh lahko pripisali protozoam in da je najverjetnejši povzročitelj kampilobakter. Rdeči križ in civilna zaščita nudita pomoč na domovih. Spet je od vseh odvzetih vzorcev pozitiven le tisti iz vrtine 1. Število novo zabeleženih dnevnih primerov se začne zmanjševati.
- 18. avgusta v eni od vodnih cistern na šolskem dvorišču potrdijo prisotnost *E. coli*. Kljub temu da je vzorec B negativen, se preventivno odločijo za klorinacijo vodovodnega sistema tudi v mestu Hastings, od koder transportirajo vodo. Vse vodne cisterne odstranijo, jih očistijo, dezinficirajo in jih znova aktivirajo šele čez štiri dni. Prav tako 18. avgusta sporočijo, da so iz vzporednega vzorčenja omrežja in vrtin, opravljenega 12. avgusta, tik pred klorinacijo sistema, izolirali *Campylobacter jejuni* ter dokazali prisotnost *E. coli* v omrežju v razponu 9.7 do 23 cfu/100 ml. Med 17. in 24. avgustom se število novo obolelih znatno zmanjšuje.
- 20. avgusta tudi v treh vzorcih, odvzetih 19. avgusta v vrtinah, ki napajajo Hastings, potrdijo prisotnost *E. coli* kot tudi v enem vzorcu iz Hastings omrežja – nadaljnja klorinacija Hastings omrežja je samoumevna. Nadaljnje vzorčenje obeh omrežij, Hastings in Havelock North, ne pokaže nobene kontaminacije, medtem ko v vrtinah 1 in 2 na cesti Brookvale še vse do 31. avgusta beležijo prisotnost *E. coli*.



- 24. avgusta vrtine na cesti Brookvale izključijo iz proizvodnje in sklenejo, da se od tega trenutka vsa voda v Havelock North distribuira iz Hastingsa za nedoločen čas. Ob tej spremembi vira vode spet izperejo celotno omrežje Havelock Northa.
- 25. avgusta se incidenca spusti na bazično raven, kot je bila pred epidemijo.
- 3. septembra prekličejo ukrep obveznega prekuhavanja pitne vode, 6. septembra pa razglasijo konec epidemije.

Podrobnejša časovnica je na voljo v »Department of Internal Affairs, 2017a: 209–233«, ki je bila tudi vir zgornjih podatkov.

Poznejša analiza podatkov je pokazala, da so povečano število obolelih za kampilobakteriozo zabeležili že 7. avgusta, z močno eksponentno rastjo do 11. avgusta. Temu so sledili dnevi s primerljivim dnevnim številom novih primerov, ki so začeli upadati šele 16. avgusta in se 25. avgusta spustili na raven pred epidemijo. Med 7. in 24. avgustom so tako klinično potrdili 225 primerov kampilobakterioze, 728 je bilo verjetnih primerov. Skupno 953 zbolelih je torej število uradno potrjenih primerov, od teh jih je bilo 763 prebivalcev Havelock Northa, ostali pa so imeli mesto prebivališča drugje. Povečanega števila bolezni, ki jih povzročajo drugi enteropatogeni v času izbruha, niso zabeležili. 23. avgusta so bili odvzeti tudi okoljski vzorci v okolici obeh vrtin, saj sta se v neposredni bližini nahajala dva pašnika. Tam je bilo odvzetih 16 vzorcev ovčjih iztrebkov. Od dvanajstih genotipov *C. jejuni*, ki so jih zdravstveni delavci izolirali pri bolnikih, so štiri od njih dokazali v vodovodnem sistemu, tri v ovčjih iztrebkih, prisotnost enega genotipa pa so dokazali tako v vodovodnem sistemu kot tudi v ovčjih iztrebkih (Gilpin, 2020).

Prvotna ocena obolelih 5.530 v tej epidemiji je slonela na telefonskem anketiranju (Hawke's Bay District Health Board, 2016). Na podlagi dodatno pridobljenih epidemiološko-kliničnih podatkov poznejše raziskave to število povzdignejo na oceno 6.260–8.320, kjer ključno vlogo odigrata genotipizacija *C. jejuni* iz blata bolnikov in primerjalna analiza z izolati iz vodovoda (Gilpin, 2020).

3. PREISKAVA IN UGOTOVLJENE NEPRAVILNOSTI

3.1 Vzroki, ki so privedli do kontaminacije vodovodnega omrežja

Do izbruha je vodovodni sistem Havelock North izkazoval popolno skladnost z zakonodajo in standardi. Vse tri vrtine na cesti Brookvale so imele status *varnih vrtin* (»*secure bore water status*«). Vrtina, klasificirana kot *varna vrtina*, dovoljuje uporabo načrpane vode iz vodonosnika brez vsakršne tehnološke obdelave. Za pridobitev tega statusa mora vsaka vrtina v skladu s standardi (Ministry of Health, 2008) dokazati med drugim tudi naslednje tri parametre:

- da v vodi vodonosnika, iz katerega črpa, ni več kot 0,05 % vode, mlajše od enega leta;
- glava vrtine mora izkazovati ustrezno zaščito pred vdorom površinskih voda;
- vzpostavitev monitoringa in odsotnost *E. coli* v surovi načrpani vodi.

Določanje starosti vode v letih od 2001 do 2011 je pokazalo, da v vrtinah ni vode, mlajše od enega leta, testiranje vzorcev iz leta 2016 pa je razkrilo prisotnost precejšnjega deleža mlajše vode tako v Havelock Northu kot tudi na drugih okoliških lokacijah. Bolj pogosta in sezonska testiranja po izbruhu so razkrila, da je bil vodonosnik na tem območju pravzaprav vseskozi neposredno povezan s površinskimi vodami (Department of Internal Affairs, 2017b: alineji 137 in 138).

Preiskava dinamike kontaminacije vodonosnika je slonela na matematičnem modeliranju poustvaritve posledic deževja na pašnike v okolici vrtin ter na bližnjo mlako in potok Mangateretere. Mlako so napolnili do višine, kot je bila po deževju pred izbruhom in vanjo dodali 8 kilogramov fluorescentnega barvila (Rhodamine WT). Sočasno so poustvarili režim delovanja črpalk v vrtinah 1 in 2. Barvilo kot tudi druge naravno prisotne mikrobiološke kontaminante (kampilobakter, *E. coli* in koliforme bakterije) so v vrtini 1 detektirali po preteku 29 ur in dokazali najverjetnejšo pot kontaminacije. Nadalje so testirali glave vrtin in kljub temu da so bile te pod nivojem površja dovzetne za poplavne površinske vode in niso izkazovale ustrezne zaščite pred vdorom površinskih voda v same vrtine, ta pot kontaminacije ni bila potrjena (Cussins, 2017).

3.2 Vladna preiskava izbruha in izsledki prvega poročila

Javna vladna preiskava izbruha se je začela septembra 2016 z namenom razjasnitve vzrokov izbruha in odgovornosti; to prvo poročilo (Department of Internal Affairs, 2017a) je bilo izdano maja 2017. Glavni državni tožilec je v preiskovalno komisijo povabil tri strokovnjake z različnih področij – upokojenega višjega sodnika ter dva priznana strokovnjaka na področju javnega zdravja oz. komunalne infrastrukture. Poglavitne ugotovitve prvega poročila so bile:

- Občina Hastings, regionalni svet (Hawke's Bay Regional Council) kot tudi pooblašteni inšpektorji za pitno vodo (Drinking-water Assessors) niso izkazali skrbnosti dobrega gospodarja.
- Regionalni svet ni dosegal vseh zahtev zakonodajnih predpisov s področja varovanja voda oz. vodonosnika. Med preiskavo so v okolici ceste Brookvale našli veliko vrtin, ki niso bile v registru, kot tudi opuščenih vrtin, ki niso bile ustrezno zaščitene. Nadzor nad vrtinami ni bil učinkovit.
- Občina Hastings ni imela vzpostavljenih robustnih in visokih standardov znotraj javne službe oskrbe s pitno vodo. To je še posebej izstopalo v luči podobnega dogodka iz leta 1998 in detekcij *E. coli* v vodonosniku v letih neposredno pred izbruhom 2016.
- Občina Hastings je izvajala pomanjkljive inšpekcijske preglede svojih vrtin, ni vodila ustreznih evidenc in ni imela vzpostavljenega sistema kontrole nad zunanjimi izvajalci teh pregledov.
- Občina Hastings je imela pomanjkljive načrte za ukrepanje v primeru izrednih dogodkov, kot je bil ta, obenem pa tudi nedodelane ukrepe in aktivnosti za vzpostavitev alternativnega režima vodooskrbe ob takih dogodkih.
- Inšpektorji za pitno vodo niso poglobljeno in proaktivno spremljali skladnosti vodooskrb v pristojnosti občine Hastings.
- Sodelovanje med občino Hastings in regionalnim svetom v času pred izbruhom je bilo ocenjeno kot disfunkcionalno, kar je bilo tudi eno od pomembnejših priporočil za izboljšavo.



3.3 Izsledki drugega poročila

Drugi del preiskave je slonel na obsežnih preiskavah dogodka, ki so sledile mesece po izbruhu, na predloženih informacijah in stališčih strokovnjakov ter združenj z različnih področij vodooskrbe kot tudi prispevkov zainteresirane javnosti. Namen tega poročila je bilo oblikovanje priporočil, ki bi preprečila podoben dogodek v prihodnosti. To poročilo (Department of Internal Affairs, 2017b) zajema 51 priporočil, od tega jih je 19 označenih kot interventnih. Spodaj je predstavljeno le nekaj najvidnejših:

- Ministrstvo za zdravje naj odstrani koncept *varnih vrtin* brez posvetovanja z drugimi deležniki.
- Ministrstvo za zdravje in regijski zavod za zdravstvo naj se zavzameta za univerzalno tehnološko obdelavo vseh vodnih virov ter za prisotnost reziduala dezinfekcijskega sredstva v vodovodnem omrežju, dokler se to ne uredi na zakonski ravni.
- Ustanovi naj se neodvisno regulacijsko telo, katerega naloge morajo vsebovati licenciranje vodnih izvajalcev, določitev ustreznih kvalifikacij zaposlenih, vzpostavitev ustreznih standardov za zagotavljanje oskrbe varne pitne vode, nadzor nad laboratoriji za preiskave pitne vode, ne nazadnje tudi osebju, ki vzorči, omogočiti vzpostavitev sistema ugotavljanja skladnosti kot tudi avtonomijo nad pravnimi vzvodi za doseganje te.
- Sprememba relevantne zakonodaje z namenom vzpostavitve in vključitve vodovarstvenih območij ter spremljajočih aktivnosti za njihovo upravljanje.
- Ustanovitev skupnih delovnih skupin za spodbujanje sodelovanja med različnimi deležniki in za pretok informacij.
- Sprejem samostojnega zakona o pitni vodi.
- Revizija in posodobitev standardov za zagotavljanje pitne vode. Obveza skladnosti naj postane zakonska zahteva.
- Prepoznavna in vključitev kritičnih kontrolnih točk v načrte upravljanja za zagotavljanje varne pitne vode (*Water Safety Plans*) vodooskrbnih subjektov.
- Prenos izvajanja vodooskrbe s strani občin na novoustanovljene pravne subjekte, ki bodo specializirani za to dejavnost.

Prav tako je to poročilo izpostavilo 6 temeljnih pristopov za zagotavljanje pitne vode, ki so bili leta 2001 razviti v sodelovanju med Avstralskim nacionalnim svetom za zdravje in medicinske raziskave ter Svetovno zdravstveno organizacijo (WHO). Te velja upoštevati v pripravi prihodnje zakonodaje in so naslednji:

- 1) Vzpostavljen mora biti visok standard skrbnosti.
- 2) Zaščita vira vode je izjemnega pomena.
- 3) Uporablja naj se večbarierni pristop proti kontaminaciji.
- 4) Spremembe v sistemu so lahko opozorilni znak pred pojavom kontaminacije.
- 5) Izvajalci vodooskrbe se morajo zavedati in nositi popolno odgovornost.
- 6) Uporablja naj se preventivni pristop obvladovanja tveganj.

4. SPREMEMBE, KI SO SLEDILE

4.1 Spremembe na vodovodnem sistemu Havelock North po izbruhu

Od 24. avgusta se vodovodni sistem Havelock Northa oskrbuje z vodo iz vodovodnega sistema Hastings. Tamkajšnje obstoječe dozirne črpalke za namen fluoridiranja omrežja se uporabijo za doziranje natrijevega hipoklorita – vsa načrpana voda iz vrtin v Hastingsu se začne klorirati. Vrtini Brookvale 1 in 2 se dekomisionira. Občina Hastings vzpostavi restrikcije porabe vode zaradi zmanjšanih proizvodnih kapacitet. Poleg vrtine Brookvale 3 postavijo obrat za obdelavo načrpane vode, ki dosega redukcijski faktor log5 za mikrobiološke kontaminante (virusi, bakterije, praživali) – ta je sestavljen iz filtracije, UV-obdelave in kloriranja. Vrtina 3 začne z vnovičnim obratovanjem v začetku marca 2017, kar seveda ne zadostuje za pokrivanje porabe v Havelock Northu, tako da hidravlična povezava s Hastingsom ostaja. Občina Hastings se kmalu po izbruhu zaveže k večletnemu investicijskemu programu, z namenom nadgradnje vseh vodovodnih omrežij v njihovi pristojnosti. Kljub zagotovljenim finančnim sredstvom sta zaradi enormnega obsega dela tako omrežji Hastings kot Havelock North leta 2021 še vedno neskladna z zakonodajo in standardi, vendar dela napredujejo po načrtani poti.

4.2 Sistemske spremembe v novozelandskem vodnem sektorju

Po zaključeni vladni preiskavi izbruha in objavljenem drugem poročilu je generalni direktor Ministrstva za zdravje decembra 2017 pozval vse izvajalce vodovodnih storitev k vključitvi dezinfekcije na režimskih obratih in k opustitvi zanašanja na varnost varnih vrtin (Ministry of Health, 2017). Izvajalci so se odzvali precej hitro in v veliki večini vodovodnih omrežij vzpostavili prisotnost rezidualnega klora.

Nacionalne standarde za pitno vodo, ki so bili nazadnje posodobljeni leta 2005, so revidirali decembra 2018. Novi standardi (Ministry of Health, 2018) tako določajo rutinski monitoring koliformnih bakterij kot tudi kvalitativno določanje števila koliformnih bakterij in *E. coli* (pred tem so bili pogosti testi odsotnost/prisotnost za *E. coli*). Prav tako je Ministrstvo za zdravje hkrati izdalo posodobljene smernice z dodatnimi zahtevami za pripravo načrtov upravljanja za zagotavljanje varne pitne vode (Ministry of Health, 2018).

Julija 2020 je vlada razkrila načrt prestrukturiranja izvajanja vseh treh vodnih služb (pitna voda, odpadne in meteorne vode). Ta reforma sloni na uvidu, da je povprečna novozelandska komunalna infrastruktura dotrajana in neprimerna za dosego zagotavljanja varne oskrbe s pitno vodo. Potrebna komunalna infrastrukturna vlaganja v naslednjih 30 letih so bila ocenjena na 70 do 110 milijard evrov. To bi utegnilo povzročiti nelikvidnost pri majhnih skupnostih, zato namerava triletni program sistemsko predrugačiti obstoječe lokalno organizirane strukture izvajalcev teh storitev. Trenutno so javni vodni sistemi na Novi Zelandiji v lasti in upravljanju 67 občin. Konec junija 2021 je vlada predstavila predlog, po katerem bi te dejavnosti občinam odvzeli in jih prenesli v eno od štirih entitet, ki bi skupaj obvladovale celotno ozemlje. Lastništvo osnovnih sredstev naj bi ostalo v lasti občin ustanoviteljic novih entitet z namenom preprečitve privatizacije. Na ta način bi razbremenili ruralne dele, ki si sicer nadgradenj in potrebnih vlaganj ne bi mogli privoščiti (Department of Internal Affairs, 2021).



Decembra 2020 je Ministrstvo za notranje zadeve najavilo vzpostavitev novega in neodvisnega regulatornega organa, imenovanega Taumata Arowai, ki bo nadziral vse vodne službe. Taumata Arowai je bila ustanovljena 1. marca 2021 in bi morala dobiti polna pooblastila 1. julija 2021, kar je bilo odvisno od hkratne parlamentarne potrditve novega Zakona o vodah (Water Services Bill, 2020). Postopek sprejema zakona ni bil speljan v predvidenem roku in vse kaže, da bo ta zakon potrjen šele proti koncu leta 2021. Novi zakon o vodah bo dal zakonsko podlago za vzpostavitev regulacije s strani Taumata Arowai in prinaša pomembne novosti, kot so obvezna sekundarna dezinfekcija (a z dopuščanjem izjem), uvedba načrtov za upravljanje vodovarstvenih območij, preklic statusa varnih vrtin, prenos odgovornosti dejavnosti v celoti na izvajalce storitev, možnost odvzema operativnih funkcij izvajalcem v primeru ugotovljenih neskladnosti in kriterij, ki določa, da je vsak sistem večji od tistega, ki zagotavlja pitno vodo enemu samemu gospodinjstvu. Najvišja groba ocena števila samostoječih vodovodnih izvajalcev bi lahko po novi klasifikaciji znašala tudi več kot 80.000 subjektov. Ena od pomembnejših nalog je tudi implementacija šestih osnovnih načel za zagotavljanje pitne vode pri vseh izvajalcih, kot so bila predstavljena v prvem poročilu vladne preiskave izbruha.

Taumata Arowai namerava predrugačiti nacionalne standarde za pitno vodo in jih razdeliti na dva dela: standarde ter operativne predpise. Vodni izvajalci bodo uvrščeni v eno od osmih kategorij in bodo morali izpolnjevati zahteve, predpisane pod določeno kategorijo. Za majhne vodovodne sisteme so pripravili podrobnosti o sprejemljivih rešitvah za primarno dezinfekcijo, kar bo olajšalo načrtovanje in umestitev teh (Taumata Arowai, 2021). Oba dokumenta sta bila javno obravnavana v avgustu 2021.

5. ZAKLJUČEK

Mehanizem kontaminacije izbruha gastroenteritisa v Walkertonu (Ontario), ki je leta 2000 prizadel 2.000 ljudi in sprožil renesanso kanadskega sistema oskrbe s pitno vodo, je pravzaprav močno podoben temu, kar se je zgodilo v Havelock Northu 16 let pozneje. Kljub temu takratna spoznanja in dobre prakse, ki so bile implementirane v Kanadi, niso v celoti našle poti v novozelandsko zakonodajo. Izkušnja Havelock Northa naj nosilec odgovornosti vodoskrbe služi kot izjemna ilustracija neustrezne zakonodaje, ohlapne regulacije, pomanjkljivega notranjega nadzora in slabega planskega gospodarjenja. Kakor ne dvomimo več o nujnosti ustrezne primarne dezinfekcije površinskih zajetij za pripravo pitne vode, se prav tako ne bi smeli več zanašati na prisotnost in učinkovitost pasivne bariere pred kontaminacijo, ki jo (ali pa tudi ne) predstavljajo geološke plasti nad vodonosnikom. Na operativni ravni bo novozelandska vodna industrija tako v prihodnosti poleg ekonomske vzdržnosti veliko več pozornosti posvetila zaščiti in upravljanju vodnih virov. 6 temeljnih pristopov za zagotavljanje pitne vode bo služilo kot robustna osnova, na kateri bodo slonele opaznejše spremembe, kot so: obvezna primarna dezinfekcija vseh vodnih virov, obvezna sekundarna dezinfekcija v omrežju z obveznim rezidualom dezinfekcijskega sredstva in premik k večbariernim pristopom proti kontaminaciji.

LITERATURA IN VIRI

1. Cussins, T., 2017. Havelock North water supply campylobacter outbreak: Source and ingress investigations. Dostopno na: https://www.waternz.org.nz/Attachment?Action=Download&Attachment_id=2667 [26. 7. 2021].
2. Department of Internal Affairs, 2017a. Government Inquiry into Havelock North Drinking Water, Report of the Havelock North Drinking Water Inquiry: Stage 1. Dostopno na: <https://dia.govt.nz/Stage-1-of-the-Water-Inquiry> [26. 7. 2021].
3. Department of Internal Affairs, 2017b. Government Inquiry into Havelock North Drinking Water, Report of the Havelock North Drinking Water Inquiry: Stage 2. Dostopno na: <https://dia.govt.nz/Government-Inquiry-into-Havelock-North-Drinking-Water> [26. 7. 2021].
4. Department of Internal Affairs, 2021. FAQs – Transforming the system for delivering three waters. Dostopno na [https://www.dia.govt.nz/diawebsite.nsf/Files/Three-waters-reform-programme/\\$file/faqs-transforming-the-system-for-delivering-three-waters.pdf](https://www.dia.govt.nz/diawebsite.nsf/Files/Three-waters-reform-programme/$file/faqs-transforming-the-system-for-delivering-three-waters.pdf) [26. 7. 2021].
5. Gilpin, B. J. et al., 2020. A large scale waterborne Campylobacteriosis outbreak, Havelock North, New Zealand. *Journal of Infection*, 81: 390-395.
6. Hastings District Council, 2020. Havelock North Water Contamination. Dostopno na: <https://www.hastingsdc.govt.nz/services/water/drinking-water/havelock-north-supply/article/276/havelock-north-water-contamination> [26. 7. 2021].
7. Hawke's Bay District Health Board, 2016. Havelock North Campylobacter Outbreak Update. Dostopno na: <http://hawkesbay.health.nz/assets/News-and-Event-files/Gastro-update-flyer-Nov-A5.pdf> [26. 7. 2021].
8. Hawke's Bay Regional Council, 2021. Aquifers. Dostopno na: <https://www.hbrc.govt.nz/environment/aquifers/> [26. 7. 2021].
9. Ministry of Health, 2008. Drinking-water Standards for New Zealand (DWSNZ) 2005 (Revised 2008). Dostopno na: <https://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/drinking-water-standards-2008-jun14.pdf> [26. 7. 2021].
10. Ministry of Health, 2018. Drinking-water Standards for New Zealand (DWSNZ) 2005 (Revised 2018). Dostopno na: <https://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/dwsnz-2005-revised-mar2019.pdf> [26. 7. 2021].
11. Ministry of Health, 2017. Director-General Statement. Dostopno na: <https://www.health.govt.nz/news-media/media-releases/director-general-statement-drinking-water#dgstatement> [26. 7. 2021].
12. Ministry of Health, 2018. New Zealand Drinking-water Safety Plan Framework. Dostopno na: <https://www.health.govt.nz/publication/new-zealand-drinking-water-safety-plan-framework> [26. 07. 2021].
13. Moore, D. et al., 2017. The Economic Costs of the Havelock North August 2016 Waterborne Disease Outbreak. Dostopno na: https://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/havelock_north_outbreak_costing_final_report_-_august_2017.pdf [26. 7. 2021].
14. New Zealand Parliament, 2020. Water Services Bill. Dostopno na: https://www.parliament.nz/en/pb/bills-and-laws/bills-proposed-laws/document/BILL_99655/water-services-bill [26. 7. 2021].
15. Roberts, N. et al., 2019. Lessons from NZ's 2016 Havelock North water supply outbreak. Dostopno na: <https://water-source.awa.asn.au/community/public-health/lessons-from-nzs-2016-havelock-north-water-supply-outbreak/> [26. 7. 2021].
16. Taumata Arowai, 2021. Mō ngā kaiwhakarato wai | For water suppliers. Dostopno na: <https://www.taumataarowai.govt.nz/for-water-suppliers/> [27. 7. 2021].



AKUMULACIJA BUTONIGA U ISTRI – PRVA ISKUSTVA U KORIŠTENJU ZA VODOPSKRBU

dr. BOJANA HAJDUK ČERNEHA¹

Sažetak

Postrojenje za kondicioniranje vode Butoniga, I. faza, kapaciteta 1000 l/s, jedan je od kapitalnih vodoopskrbnih objekata u Istri. Namijenjeno je pročišćavanju površinske stajaće vode, a cjelokupna tehnologija pročišćavanja prilagođena je kvaliteti vode akumulacije. Veličina i kapacitet te degradacija kvalitete akumulacije glavni su ograničavajući faktori za efikasnost procesa kondicioniranja i sigurnost osiguranja kvalitete vode za piće.

Problemi akumulacije proizlaze iz razlika u očekivanim ukupnim dotocima koji su značajno manji od planiranih, dok su maksimalni protoci višestruko veći od proračunatih. Kvaliteta vode u akumulaciji lošija je od očekivane i potrebne za optimalan rad postrojenja za kondicioniranje. Akumulacija ima nepovoljan temperaturni režim zbog plitke geometrije, povećan je unos hranjivih tvari i time povećan stupanj trofije te su nepovoljni trendovi kretanja nekih kritičnih parametara (organske tvari, mangana i željeza, amonijaka, fosfora). Predimenzionirani distribucijski sustav dodatno ugrožava sigurnu isporuku kvalitetne vode za piće potrošačima.

U ovom radu analizirani su podaci iz više objavljenih vlastitih radova te osobna iskustva u ranom periodu korištenja postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga.

Ključne reči: akumulacija Butoniga, Istra, kvaliteta vode, vodoopskrba.

Abstract

Butoniga water treatment plant, phase I, capacity 1000 l/s, is one of the capital water supply facilities in Istria. It is designed for the surface water treatment, and the entire treatment technology is adapted to the quality of the reservoir water. The size, the capacity and the degradation of the reservoir water quality are the main limiting factors for the efficiency of the conditioning process and the assurance of drinking water quality. The reservoir problems arise from differences in expected total inflows that are significantly lower than planned, while maximum flows are many times higher than calculated. The water quality in

¹ Dr. Bojana Hajduk Černeha, dipl. ing., Istarski vodozaštitni sustav d. o. o., Buzet.

the reservoir is worse than expected and necessary for optimal operation of the conditioning plant. The reservoir has an unfavorable temperature regime due to shallow geometry, increased nutrient intake and thus increased trophy level, and unfavorable trends in some critical parameters (organic matter, manganese and iron, ammonia, phosphorus). The oversized distribution system further jeopardizes the safe delivery of quality drinking water to consumers. In this paper, data from several published own papers and personal experiences in the early period of using the Butoniga water treatment plant are analyzed.

Keywords: Istria, reservoir Butoniga, water quality, water supply.

1. UVOD

Vodoopskrbni sustav Istre – Vodovod Butoniga sustav je koji osigurava dio količina vode za piće za južnu polovinu istarskog poluotoka. Sastoji se od vodozahvata sirove vode iz akumulacije Butoniga koja ima punu zapreminu oko 19,5 milijuna prostornih metara, postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga kapaciteta 1.000 litara vode u sekundi te mreže magistralnog cjevovoda u dužini od preko 80 km s popratnim vodospremama i prekidnim komorama dimenzioniran za drugu fazu, ukupno 2.000 l/s. Sustav je povezan s distribucijskim sustavom Istarskog vodovoda, pa nastavno i Vodovoda Pula, a u funkciji je od 2002./2003. godine sezonski, a od 2004. godine kontinuirano, tijekom cijele godine. Sustav od rujna do svibnja radi sa svega 10 – 20 % nominalnog kapaciteta, dok se tijekom tri ljetna mjeseca isporučuje voda prema povećanoj potrošnji, s time da potrebe ne prelaze 600 l/s.

Treba naglasiti da je sustav u radu već 19 godina, da obavlja vodoopskrbnu funkciju i da bez Butonige Istra ne bi imala sigurnu vodoopskrbu, ni ovakve mogućnosti razvoja turizma.

Osnovni problemi koji se javljaju u procesu kondicioniranja vode na Butonigi proizlaze iz dva razloga. Prvi je plitkoća akumulacije i s time povezana nedovoljna količina i neadekvatna kvaliteta sirove vode, za koju je potreban zahtjevan i skup postupak obrade, a drugi je predimenzioniranost sustava za niski kapacitet kojim se radi veći dio godine.

Postupak na postrojenju za kondicioniranje vode Butoniga podijeljen je na četiri glavne faze: predtretman, brza filtracija, ozoniranje i filtracija na sporim pješčanim filtrima.

Predtretman se sastoji od predozoniranja, koagulacije – flokulacije s aluminijevim flokulantom uz dodatak sumporne kiseline te flotacije s otopljenim zrakom radi uklanjanja flokula. U toj fazi uklanja se najveći udio mutnoće sirove vode, alge, mikroorganizmi i suspendirana organska tvar te željezo i mangan, a u sljedećem stupnju na dvoslojnim **brzim filtrima** uklanja se zaostala mutnoća. Namjena **glavnog ozoniranja** je, osim dezinfekcije, i oksidacija otopljene organske tvari, čime se ona prevodi u manje i lakše razgradive molekule prije filtracije na **sporim pješčanim filtrima**, na kojima izrasli sloj mikroorganizama uvriježenog njemačkog naziva *smutzdecke* razgrađuje biorazgradivu organsku tvar. Podešavanje ravnotežne pH-

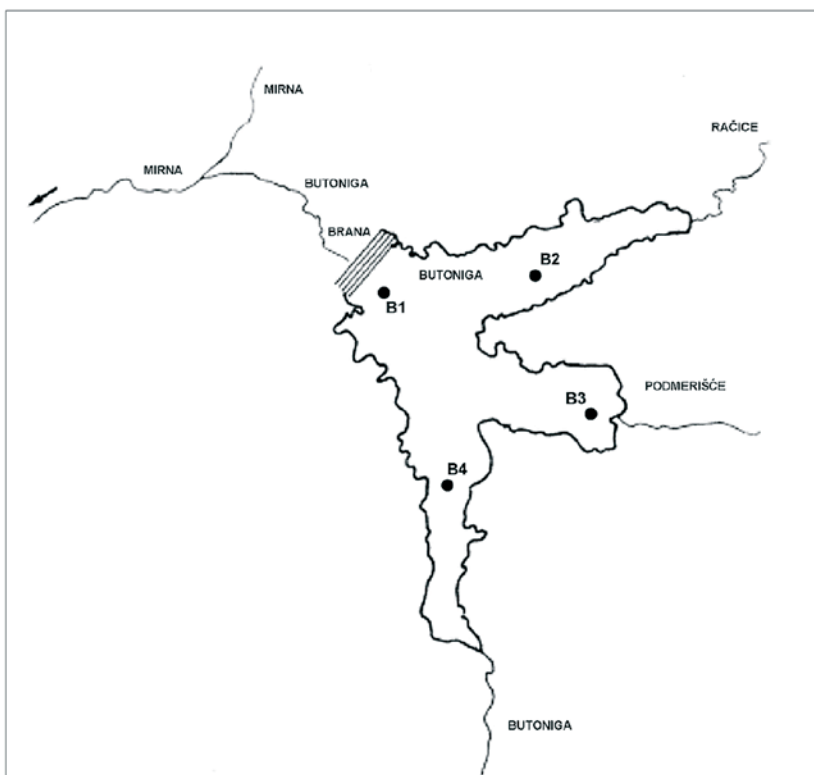


-vrijednosti zasićenom vapnenom vodom i dezinfekcija klorom radi reziduala u distribucijskom sustavu zadnji su stupanj obrade.

Cilj je ovog rada prenijeti neka iskustva iz početnih godina korištenja akumulacije za vodoopskrbu te skrenuti pozornost na probleme i izazove korištenja vode iz akumulacije kao dopunskog sustava vodoopskrbe.

2. KARAKTERISTIKE AKUMULACIJE BUTONIGA

Akumulacija Butoniga relativno je mlada i plitka višenamjenska akumulacija formirana 1987. godine na istoimenom vodotoku u slivu rijeke Mirne u Istri. Površina sliva akumulacije je oko 73 km², a smješten je unutar flišolike serije sastavljene od izmjene lapora, pješčenjaka i sporadičnih pojava konglomerata i breča. Laporovite strukture jako su podložne trošenju, ispiranju i akumuliranju sedimenta u pridnenim slojevima zaplavnog prostora akumulacije. Budući da minerali gline koje sadrže lapori imaju veliki prihvatni kapacitet, vrlo su pogodni za adsorpciju pojedinih polutanata i njihovo taloženje u akumulaciji te redistribuciju u reduktivnim uvjetima, kako u stupu sedimenta u akumulaciji tako i u vodenom stupcu iznad njih (Hajduk Černeha et al., 2007). Srednja godišnja oborina u slivu akumulacije, za period od 1987. do 2012., prema podacima prikupljenim na meteorološkoj postaji na samoj brani akumulacije, iznosi oko 990 mm, a temperatura oko 13,5 °C. U slivu se nalazi veći broj sela, naselja i manjih zaselaka s oko 1.800 stanovnika koji se većim dijelom bave ekstenzivnom poljoprivredom i, u novije vrijeme, turizmom u kućama za odmor.



Slika 1: Skica akumulacije Butoniga s pripadajućim pritokama i mjernim postajama.

Osnovne dimenzije akumulacijskog prostora su sljedeće: pri koti praga preljeva na 41 m n. m. volumen joj iznosi 19,5 mil. m³, od čega na mrtvi prostor za prihvatanje nanosa otpada 2,2 mil. m³, površina iznosi 2,5 km², a srednja dubina 7,8 m. Kota dna akumulacije, tj. ulaznog praga temeljnog ispusta iznosi 23,5 m n. m., tako da maksimalna dubina u akumulaciji u odnosu na kotu praga preljeva iznosi 17,5 m. No, s obzirom na to da se u prvim godinama eksploatacije akumulacije razina vode održavala na nižim kotama te uslijed nataloženog nanosa, proizlazi da je srednja dubina vode u akumulaciji svega oko 5 m.

Prema podacima iz glavnog projekta (Elektroprojekt, 1981), prognozirani srednji godišnji dotok u akumulaciju iznosio je 0,95 m³s⁻¹, odnosno ukupno godišnje oko 30 mil. m³, što bi bila jedna i pol izmjena ukupnog volumena. Planirano je da akumulacija funkcionira sa stalnom maksimalnom ispunjenošću, a da za transformaciju velikih vodnih valova služi samo dio zaplavnog prostora iznad kote praga preljeva. Velike vode preuzete su iz ranijih pojednostavljenih obrada (Elektroprojekt, 1977), pa je maksimalni 100-godišnji protok prognozirani s vršnom vrijednosti od svega 120 m³s⁻¹ i volumenom 3,9 mil. m³.

No razdoblje nakon izgradnje akumulacije pokazalo je tri veoma nepovoljne činjenice: dotoci u akumulaciju manji su od prognoziranih i s nepovoljnom raspodjelom tijekom godine, velike vode višestruko su veće od prognoziranih, a procesi degradacije kakvoće vode u akumulaciji značajni su. Prema dokumentu iz 1996. (Rubinić) procijenjeni je srednji godišnji protok u akumulaciju od 0,830 m³s⁻¹, odnosno 26,2 mil. m³, a pojedinih godina javljaju se i daleko manji prosječni godišnji dotoci. Tako su u nizu hidroloških godina 1988./1989. te 1989./1990. zabilježeni ukupni dotoci 10,7 mil. m³ i 10,9 mil. m³. Ipak, najniži dotoci u dvije uzastopne godine od postojanja akumulacije Butoniga zabilježeni su 2011. i 2012., kada su izmjerene količine godišnjih oborina bile 694 i 805 mm.

Istovremeno, na temelju analize najvećeg zabilježenog vodnog vala iz listopada 1993. (sa srednjim maksimalnim satnim protokom od 301,4 m³s⁻¹ i ukupnim volumenom od preko 6 mil. m³), proračunati maksimalni protoci su višestruko veći od ranijih procjena.

Zbog potrebe zadržavanja vodnog vala odlučeno je da se akumulacija samo iznimno smije napuniti do kote preljeva (npr. u lipnju, neposredno prije pojačanog korištenja za vodoopskrbu) te se u pravilu provodi režim ispuštanja s održavanjem nivoa barem 1 metar ispod kote preljeva.

3. PROBLEMATIKA KOLIČINA VODE NA RASPOLAGANJU ZA ZAHVAĆANJE

Za zahvaćanje vode iz akumulacije Istarskom je vodovodu dodijeljena koncesija za korištenje 10 mil. m³ godišnje. Najviše je zahvaćeno oko 8,1 mil. m³ (2007.), i to s režimom zahvaćanja od oko 200 l/s izvan sezone pa do 500 l/s tijekom ljeta, uz godišnji prosjek 256 l/s.

Na temelju potrebe za vodom u vodoopskrbi može se izračunati stvarna godišnja potreba za vodom. Pri radu postrojenja minimalnim kapacitetom tijekom cijele godine, uvećanom



ljeti 2 mjeseca na 500 l/s, zahvatilo bi se godišnje 7.776.000 m³ vode. Koncesija dozvoljava zahvaćanje 10 mil. kubika, a za rad sa pola kapaciteta postrojenja za kondicioniranje bilo bi potrebno 15,5 mil. kubika. Na te količine potrebno je dodati gubitke u obliku isparavanja i procjeđivanja (ukupno oko 3 mil. kubika godišnje), vodu za osiguravanje kontinuiranog biološkog minimuma nizvodno (količina još nije definirana) te količinu koju je potrebno ispustiti prije jesenskog miješanja slojeva jezera, a najmanje oko 3,7 mil. kubika. Potreba za jesenskim ispuštanjem biti će dodatno pojašnjena kasnije.

Tablica 1: Procjena potrebnih godišnjih količina vode iz akumulacije.

POTREBNE KOLIČINE VODE	OSNOVNO	PREMA KONCESIJI	Rad sa 50 % kap. cijele godine
godišnja potreba na postrojenju Butoniga	7.776.000	10.000.000	15.552.000
isparavanje (procjena prema površini)	1.500.000	1.500.000	1.500.000
procjeđivanje (procjena na osnovu 50 l/s)	1.576.800	1.576.800	1.576.800
jesensko ispuštanje (kota oko 38 na kotu 36)	3.700.000	3.700.000	3.700.000
UKUPNO	14.552.800	16.776.800	22.328.800
	14,5 milijuna m ³	16,8 milijuna m ³	22,3 milijuna m ³

Iz ovog pojednostavljenog izračuna potrebnih količina vode iz *Tablice 1* vidljivo je da u sušnijim godinama (kada su dotoci na godišnjoj razini svega oko 10 milijuna kubika) nedostaje oko 50 % minimalno potrebne količine vode za pokrivanje ovih redovnih potreba. To se i pokazalo u ljeto 2012., kada je zbog nedostatnih količina vode u akumulaciji Butoniga (naravno, uz sušom uzrokovanu nedostatnu izdašnost ostalih izvora za vodoopskrbu), morala biti proglašena redukcija vode u Istri. Osim problema nedostatka vode to je izazvalo i političku krizu, jer se do tada smatralo da je dovršetkom projekta Butoniga vodoopskrba Istre osigurana. Postalo je jasno da takvi projekti nikada nisu dovršeni – oni uvijek traže velik angažman oko održavanja te stalne nadogradnje i optimizacije sustava.

4. PROBLEMATIKA KVALITETE VODE NA RASPOLAGANJU ZA ZAHVAĆANJE

Akumulacije u umjerenom klimatskom pojasu ponašaju se prema određenim zakonitostima koje su prvenstveno uvjetovane klimatskim prilikama, oblikom i dubinom akumulacije, stanjem njezinog dna, slivnim područjem, količinom vode i načinom upravljanja akumulacijom, a karakterizira ih izrazita termalna stratifikacija.

Temperatura vode u akumulaciji Butoniga, odnosno njezina termalna stratifikacija, u potpunosti određuje i kvalitetu vode kao sirovine za vodoopskrbu, ali i dugoročno stanje ekosustava akumulacije.

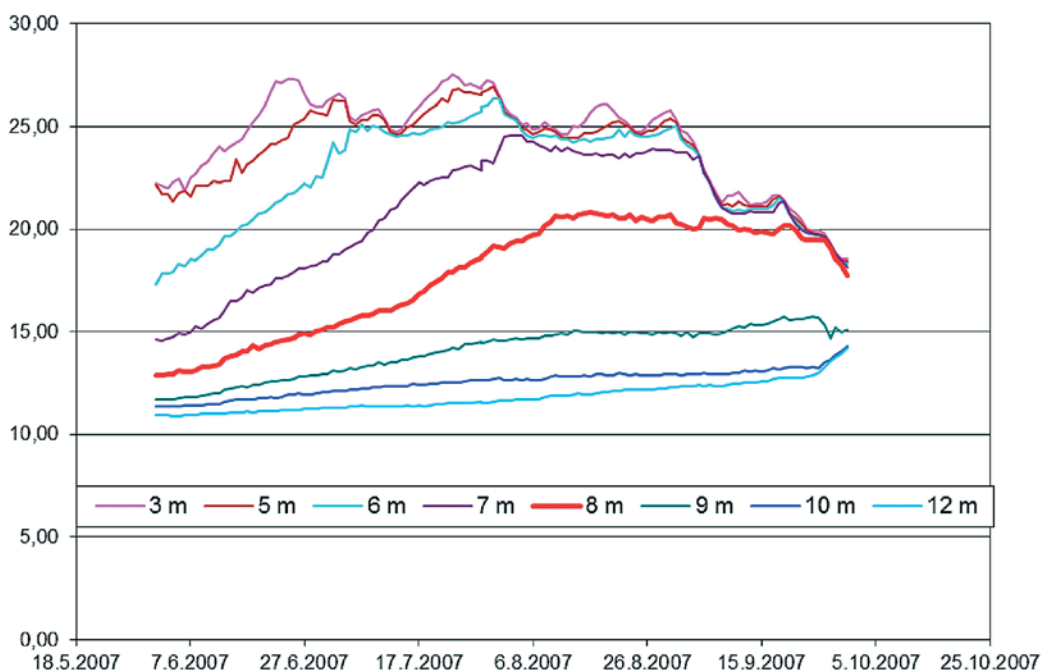
U rano proljeće (ožujak) započinje zagrijavanje vode u gornjem sloju akumulacije, pri čemu se uslijed razlike u gustoći formiraju dva sloja vode:

- epilimnij – topliji sloj na površini, bogat kisikom i svjetlom, stoga povoljan za razvoj algi i ostalih mikroorganizama

- hipolimniji – hladniji sloj pri dnu, u kojem s vremenom dolazi do pada koncentracije kisika i potpune anoksije, bogat organskom tvari i produktima njena raspada te anorganskim tvarima koje se uslijed promjene kemijske kvalitete vode oslobađaju iz sedimenata.

Kvaliteta vode u epilimniju praktički nije prihvatljiva za vodoopskrbu. Visoka temperatura vode i dovoljna količina svjetlosti pogoduju rastu algi i svih ostalih mikroorganizama. Alge mogu biti opasne iz više razloga: značajno povećavaju koncentraciju organske tvari, stvaraju filamentozne nakupine koje začepljuju filtre i ostale dijelove uređaja za pročišćavanje vode te proizvode specifične toksine koji mogu biti opasni za zdravlje ljudi ako se ne uklone u procesu kondicioniranja vode. U prvim godinama rada Butonige to pitanje nije bilo posebno naglašeno, ali danas prisutnost mikotoksina u vodi za piće izaziva sve veću zabrinutost.

Ipak, glavni je ograničavajući faktor temperatura vode. Zakon o vodi za ljudsku potrošnju iz kojeg proizlazi Pravilnik² ograničava najvišu dozvoljenu temperaturu na 25 °C, dok dobra proizvodna praksa nalaže korištenje vode temperature ne više od 20 °C, a to je ujedno i parametar na koji se ne može utjecati u procesu kondicioniranja.



Slika 2: Temperaturne krivulje na različitim dubinama ispod površine u akumulaciji.

Na *Slici 2* prikazano je kretanje temperatura u akumulaciji u ljetnoj sezoni 2007., što je reprezentativno za svaku godinu. Temperatura sirove vode mjerena je na postaji B1 (*Slika 1*; najdublje područje jezera) kroz cijeli stupac vode pomoću 8 instrumenata *Stow Away TidbiT Temp Logger* (nabavljeni iz Amerike) koji su programirani da prikupljaju podatke o temperaturi svakih 30 minuta. Instrumenti su pričvršćeni na užu, koje je vezano na plovak, a postavljeni su u stupcu vode na razmacima od jednog ili dva metra. Podaci su očitani tako da su

² Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe, Narodne Novine, 125/2017.



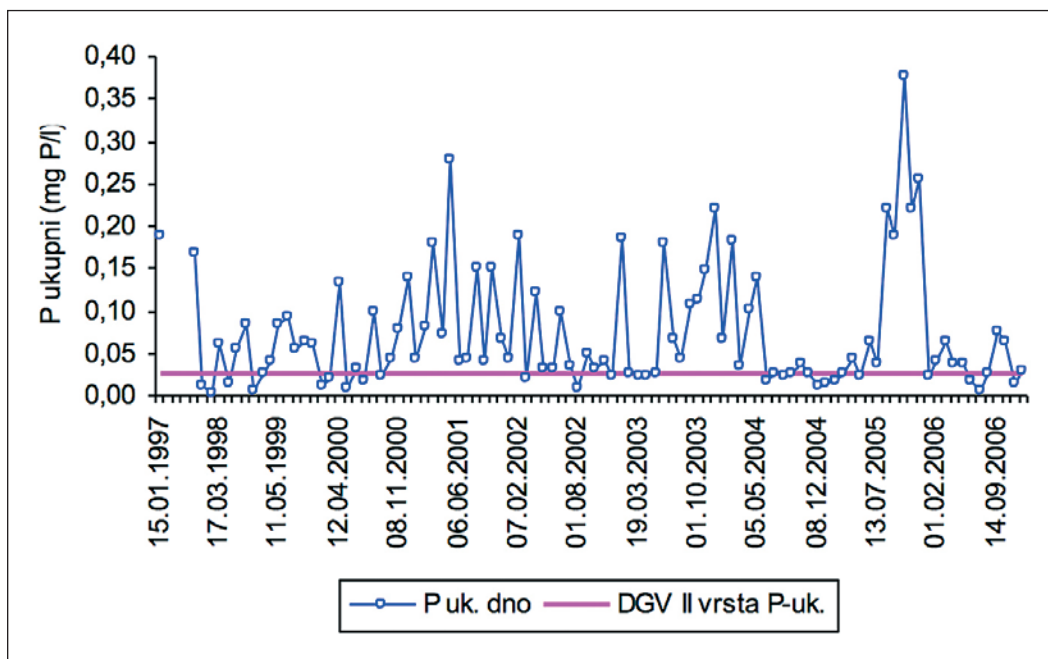
instrumenti izvađeni, spojeni na računalo pomoću optičkog kabla. Potom su podaci preneseni pomoću programa *Box car pro 4.0.* i analizirani izračunom dnevnih srednjih vrijednosti.

Iz temperaturnih krivulja može se zaključiti da je voda pogodna za vodoopskrbu isključivo na dubinama većim od 9 m ispod površine. Položaj vodozahvatnog tornja koji je pomaknut prema boku akumulacije gdje je dubina jezera niža od maksimalne ostavlja mogućnost zahvaćanja vode samo na 4. i najdubljem usisu, a od njega je do sedimenta svega 2 – 3 m stupca vode. Otvori za zahvat vode su na kotama 37,0, 34,3, 31,7 i 29,0 m n. m., pa su, u slučaju djelomično ispunjene akumulacije do kote 38,0 m n. m., ostali usisni otvori neupotrebljivi.

Kvaliteta vode u hipolimniju ovisi o stupnju trofije i stanju dna akumulacije, što je u slučaju Butonige veoma nepovoljno, jer je dubina hipolimnija na mjestu zahvata mala, a to znači da je utjecaj sedimenta značajan. Mikroorganizmi koji rastu i razvijaju se u gornjem sloju imaju kratke životne cikluse, odumiru i tonu u donji sloj gdje se odvijaju procesi njihove razgradnje. Budući da nema miješanja vode između dva sloja, koncentracija kisika u donjem sloju opada uslijed utroška u biokemijskim procesima i vrlo rano u godini dolazi do stanja potpune anoksije. Produkti raspada organske tvari mijenjaju pH-vrijednost vode i dolazi do remobilizacije anorganskih tvari iz sedimenta, stoga je u pridnenom sloju vode iz Butonige krajem ljeta povišena koncentracija specifičnih organskih spojeva, željeza i mangana, amonijaka i fosfata. Prisutnost ovih tvari uz nižu pH-vrijednost vode uzrokuju zahtjevniji proces pročišćavanja uz veći utrošak kemikalija, ozona, vapnene vode za korekciju pH-vrijednosti, što je sve povezano s većim troškovima proizvodnje vode s jedne strane, ali i većom nesigurnošću u efikasnost procesa s druge.

Osim ovih nepovoljnih utjecaja na kvalitetu vode za dugoročno stanje akumulacije najopasnija je povišena koncentracija fosfora, koji se, osim što kontinuirano dotječe u jezero putem otpadnih voda i ispiranja s poljoprivrednih površina, remobilizira iz sedimenta i generira proces trofije, odnosno propadanja jezera i pretvaranja u baru. Jednom kada trofija uznapreduje potrebni su jako rigorozni zahvati za njeno zaustavljanje (pražnjenje akumulacije, odmuljivanje dna – praktički kretanje »od nule«).

Granični faktor eutrofikacije je ona tvar čije pomanjkanje ograničava procese primarne produkcije u jezeru, a određuje se empirijskim putem, izračunom masenog odnosa koncentracije ukupnog dušika i ukupnog fosfora. Ukoliko je taj odnos ≥ 6 , tada je granični faktor eutrofikacije površinske vode fosfor (Volterra, 2002), što vrijedi za Butonigu. U stajaćim vodama za koje je granični nutrijent fosfor, koncentracija fosfata već od 0,01 mg/l dovoljna je za podržavanje rasta planktona, dok će koncentracije od 0,03 do 0,1 mg/l vjerojatno dovesti do pojačanog rasta, do »cvjetanja algi«, što je za vodoopskrbnu akumulaciju nepoželjno, a može biti opasno u smislu zdravstvene ispravnosti vode.



Slika 3: Izmjerene vrijednosti ukupnog fosfora u akumulaciji Butoniga od 1997. do 2006.

Na Slici 3 prikazano je kretanje koncentracija ukupnog fosfora u vodi akumulacije Butoniga u periodu od 10 godina, iz koje se vidi da su izmjerene vrijednosti u rasponu od 0,006 do 0,376 mg P/l, što su koncentracije koje usmjeravaju jezero prema eutrofikaciji.

5. UPRAVLJANJE AKUMULACIJOM

Osnovni konflikt u upravljanju malom akumulacijom je zadovoljavanje njezine uloge obrane od poplava, za što ona mora biti »što praznija« kako bi se osigurao dovoljan prostor za prihvat vodnog vala. Za vodoopskrbnu ulogu akumulacija bi morala biti »što punija«, trebala bi se napuniti već u jesenskim mjesecima kada su najobilnije padavine, kako bi se s dovoljnom količinom vode dočeka sušni period od srpnja do listopada.

Zbog termalne razdiobe akumulacije poseban je problem način kako će se njome upravljati, radi održavanja na što nižem stupnju trofije. Hipolimnij je sloj koji bi na kraju ljeta trebalo u potpunosti ispustiti iz akumulacije kroz temeljni ispust na brani. Naime, kada se vanjske temperature postupno smanjuju, opada i temperatura u gornjem sloju akumulacije, a u donjem sloju već je došlo do porasta temperature vode. Razlika u gustoći vode sve je manja, nestaje fizikalna barijera i dolazi do jesenskog miješanja akumulacije (*turnover*). Za to je dovoljan sasvim mali vanjski poticaj, što može biti pojačani dotok vode u akumulaciju uslijed kiše ili vjetar. U tom slučaju svi produkti raspada i otopljene tvari iz sedimenata koje su se tijekom ljeta nakupile u hipolimniju raspoređuju se u potpunom vodenom tijelu te na taj način onečišćuju svu količinu vode koja je preostala u jezeru.

Da bi se izbjegle ove nepovoljne pojave, mora se u određenom trenutku, neposredno prije početka miješanja akumulacije (što se može predvidjeti mjerenjem parametara temperature



i kvalitete vode u akumulaciji), ispustiti što veću količinu vode s dna. Za Butonigu konkretno bilo bi poželjno ispustiti kompletan hipolimniji. Termin potrebnog ispuštanja može varirati u razmaku od mjesec dana, od kraja kolovoza do kraja rujna, a ovisi o klimatskim prilikama i stanju akumulacije. Propuštanjem pravovremenog ispuštanja nastaje za akumulaciju nepopravljiva šteta. Ovaj način upravljanja akumulacijom, uz obvezno jesensko ispuštanje, bio je ustanovljen već nakon njezinog formiranja 1987., prvenstveno radi osiguranja dovoljnog slobodnog volumena za zaštitu od poplava u jesensko-zimskom periodu. Tadašnjim pravilnikom bio je određen datum ispuštanja (vjerojatno 1.9.) pa se na taj način nekih godina događalo da se voda ispustila nakon jesenskog miješanja, što je već tada negativno utjecalo na kvalitetu. Nakon uključenja vodovoda u upravljanje akumulacijom ispuštanje vode kroz temeljni ispust dogovaralo se zajednički na osnovu mjerenja temperature te se u periodu do 2008. takav način funkcioniranja pokazao optimalnim. Međutim, 2008. bila je prva godina kada je postao očit problem nedostatka vode jer je početak sezone vodoopskrbe dočekan s »praznim« jezerom (ispod kote 38 m n. m., više od 3 metra ispod pune akumulacije) te se od tada počelo reducirati jesenje ispuštanje, a pogotovo je to izraženo nakon krize 2012. Naravno da se tijekom jeseni i zime ispuštaju svi viškovi vode, međutim to nema utjecaj na održanje kvalitete u akumulaciji, kao što je to slučaj s ispuštanjem prije *turnovera*.

Posljednjih godina javljaju se dodatni problemi s kvalitetom vode iz akumulacije koji bi mogli biti povezani upravo s nepravovremenim ispuštanjem vode prije jesenskog miješanja.

6. PROBLEMATIKA PREDIMENZIONIRANOG DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA I MIJEŠANJA VODE IZ RAZLIČITIH SUSTAVA

Prije početka rada postrojenja za kondicioniranje vode Butoniga prema projektu za vodoopskrbu bilo je zamišljeno samo sezonsko korištenje sustava Butoniga, međutim takav način rada odmah je napušten, već na osnovu iskustva iz prve dvije sezone.

Magistralni cjevovod za opskrbu Istre vodom iz Butonige dimenzioniran je na kapacitet od 2.000 l/s, na osnovu početnih izračuna o dovoljnim količinama vode na raspolaganju i bez uzimanja u obzir fluktuacije kvalitete. Prvi dio distribucijskog sustava je tlačni vod dužine 7,5 km i promjera 1.200 mm do vodospreme Ladavci gdje prelazi kotu 335 metara nad morem. Glavna trasa magistralnog gravitacijskog voda do prekidne komore Lobarika duga je oko 56 kilometara, s time da se promjer postepeno smanjuje od 1.000 do 600 mm. Već u Pazinu je prvi odvojak za opskrbu područja Pazina koji se grana u dužini oko 8 km, a drugi je nakon rezervoara Kanfanar za Rovinj dužine oko 18 km. Nakon prekidne komore Lobarika cjevovod se grana dodatnih desetak kilometara do vodospreme Monte Serpo i Valtura za opskrbu šireg područja Pule.

Magistralni cjevovod počeo se koristiti 1988. godine, djelomično sa sirovom vodom, a djelomično s pročišćenom vodom na privremenom uređaju Beram kapaciteta 150 l/s. U takvim uvjetima već su se od početka u cjevovodu počeli stvarati talozi i naslage mikroorganizama, te je prije početka vodoopskrbe iz novog postrojenja Butoniga bilo potrebno cijeli sustav isprati, iako bi za postizanje dobrog efekta čišćenja sustav trebalo mehanički očistiti, posebnim *robot-*

-čerkama za cjevovode. Za ispiranje je te 2002. utrošeno oko milijun kubika pročišćene vode, što je povezano s jedne strane s velikim troškovima pročišćavanja i pumpanja vode koja za vodovod predstavlja gubitak vode te s druge strane s problemom ispuštanja vode od ispiranja sustava u okoliš.

U ljetnoj sezoni 2002. javio se još jedan značajni problem za vodoopskrbu – kod krajnjih potrošača na lokacijama koje inače troše vodu iz drugih sustava došlo je do pojave zamucene i »crvene« vode. Problem je odmah dospio i u novine što je napravilo jaku lošu »reklamu« za sustav Butoniga, a to su iskoristili brojni neprijatelji ovog projekta. Kako su sve analize u vodospremama vode iz Butonige pokazivale da je voda besprijeborne kvalitete, trebalo je uzroke tražiti u perifernim dijelovima distribucijskog sustava. Naime, poznato je da u situaciji upuštanja vode iz novog sustava u neki ranije postojeći sustav, čak i zbog vrlo malih razlika u kvaliteti vode (pH-vrijednost, temperatura, tvrdoća vode i zasićenje kisikom), dolazi do poremećaja ravnoteže što može uzrokovati otapanje postojećih taloga. Jedan od parametara koji se može primijeniti za kontrolu stanja vode u tom slučaju je Langelierov indeks stabilnosti (LSI). Pokazalo se da je voda iz sustava Butoniga, u periodu kada su se desili problemi sa zamucenjem i obojenjem u sustavu imala nizak LSI (u rangu oko -0.5 , što znači da je pH vode bio za 0,5 pH-jedinica niži od ravnotežnog) te je uvedeno svakodnevno određivanje LSI prema metodi *Calcite Saturation acc. DIN38404-10-R2 (Strohecker & Langelier)*, uz obvezno korigiranje pH-vrijednosti zasićenom vapnenom vodom. Situacija se tada smirila, međutim šteta je već bila počinjena. Slični problemi su se pojavili i kasnije u korištenju, kada se voda upuštala u nove ogranke ili dijelove distribucijskog sustava, ali lokalizirano i u manjoj mjeri.

Nakon ljetne sezone 2002. sustav je isključen iz funkcije, izvedene su potrebne dorade i optimizacije na postrojenju, međutim u proljeće 2003. pokazala se ponovno potreba za sustavnim ispiranjem cijelog distribucijskog cjevovoda. Osim problema konzervacije distribucijskog sustava, potpunog pražnjenja, čišćenja, konzervacije i mirovanja postrojenja i ovdje opisanog problema miješanja vode različitih karakteristika koji bi se očekivao na početku svake sezone, javlja se i problem operativnog tima koji je neophodan za rad sustava Butoniga, a koji bi trebao biti bez stvarnog posla oko pola godine, zbog čega je već od 2004. donesena odluka o cjelogodišnjem radu sustava Butoniga minimalnim kapacitetom.

7. SUSTAV ZA NADOPUNJAVANJE AKUMULACIJE IZ IZVORA BULAŽ

Nakon prve realne krize s nedostatkom vode u jezeru Butoniga 2008., kada je početkom lipnja razina jezera bila ispod kote 38 m n. m. i voda na raspolaganju topla i u hipolimniju, pokrenut je projekt izgradnje oko 12 km dugog transportnog cjevovoda iz izvora Bulaž u dolini rijeke Mirne do postrojenja Butoniga, s crpnom stanicom kapaciteta 500 l/s za nadopunjavanje sustava Butoniga. Dopuna vodom iz ovog izvora planirana je na dva načina: direktno dovođenjem vode na ulaz u proces pročišćavanja na postrojenju ili nadopunjavanjem akumulacije tijekom veće izdašnosti izvora Bulaž, za osiguranje zaliha vode za ljetnu sezonu. Pregledom podataka o kvaliteti vode izvora Bulaž uočeno je da su koncentracije fosfora u rasponu 0,035 – 0,141 mg P/l, što za izvor nije visoko, ali za akumulaciju je to značajno povišena koncentracija fosfata. Takvu vodu nije preporučljivo upuštati u akumulaciju bez predtretmana,



odnosno procesa uklanjanja fosfora. Ovaj projekt je realiziran, ali samo do faze spajanja na ulazni cjevovod u postrojenje. Za nadopunu vode u jezero bilo je zamišljeno prethodno pročišćavanje u predtretmanu i na brznoj filtraciji te upuštanje u jezero putem novog cjevovoda ili postojećeg za sirovu vodu, ali se te opcije još razmatraju. Ipak već i miješanjem vode iz akumulacije s dijelom vode iz Bulaža postignut je povoljan efekt, dobivena je dodatna količina vode stabilnije kvalitete i niže temperature (13 – 14 °C) te je ukupno za nekoliko stupnjeva spuštena temperatura vode koja se pumpa u distribuciju.

8 ZAKLJUČAK

- Vodoopskrbni sustav Istre – Vodovod Butoniga projektiran je na vršni kapacitet od 2.000 l/s na osnovu pojednostavljenih izračuna o kapacitetu akumulacije i dostupnim količinama vode. Količine vode su se u eksploataciji pokazale nedostatne čak i za prvu, izgrađenu fazu od 1.000 l/s.
- Kvaliteta vode koja je na raspolaganju u ljetnim mjesecima izuzetno je nepovoljna za vodoopskrbu zbog visoke temperature i povišenih koncentracija organske tvari, željeza i mangana te amonijaka. Proces pročišćavanja je stupnjevito, dobro se uklanjaju sva onečišćenja, međutim ostaje problem povišene temperature vode na ulazu u distribuciju.
- Za upravljanje akumulacijom u smislu smanjenja stupnja trofije (uklanjanje fosfora) nužno je ispuštanje pridnenog sloja hipolimnija prije jesenskog miješanja, ali to često nije moguće zbog male količine vode u jezeru na kraju ljetne sezone.
- Sezonski rad, s polugodišnjim prekidima, ovako velikog i složenog sustava nije moguć, već postrojenje i distribucija vode mora biti u funkciji tijekom cijele godine između ostalog i zbog održavanja stalnog omjera voda iz različitih izvora u distribucijskoj mreži.
- Sustav nadopunjavanja vodom iz obližnjeg izvora donio je benefite kako za dodatne količine vode na raspolaganju tako i za poboljšanje kvalitete, zbog niže temperature vode koja posredno utječe na cijeli niz parametara kvalitete vode.

LITERATURA I VIRI

1. Elektroprojekt, 1977. Brana na Botonegi - I etapa izgradnje - glavni projekt. Zagreb. Nepubl.
2. Elektroprojekt, 1981. Brana na Botonegi - Izmjena glavnog projekta. Zagreb. Nepubl.
3. Hajduk Černeha, B. et al., 2007. Akumulacija Butoniga – problemi bilance i kakvoće vode, 4. Hrvatska konferencija o vodama: Hrvatske vode i Europska unija - izazovi i mogućnosti. Opatija.
4. Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe. Narodne Novine, 125/2017.
5. Rubinić, J., 1996. Plan natapanja na području istarskih slivova – hidrologija. Labin. Nepubl.
6. Volterra L., 2002. Dostupno na: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/pdf/eutrophication.pdf>. [srpanj 2021].



**SVETOVANJE NA
PODROČJU
ČIŠČENJA
ODPADNIH VOD**

**SPREJEM
V ČIŠČENJE**

IZVAJANJE

**IZOBRAŽEVANJA
SEMINARJI**



JP CČN
DOMŽALE-KAMNIK
d.o.o.

nadgradnja ali izgradnja novih
čistilnih naprav
optimizacija procesov
reševanje težav pri
obratovanju
izračuni obremenitve,
zmogljivosti, sprejemljivosti
specifičnih odpadnih vod

greznične gošče
blato iz malih čistilnih naprav
biološko razgradljivi
tekoči odpadki
industrijske odpadne vode

pilotni poskusi
zahtevnejše laboratorijske
analize
mikrobioloske preiskave
aktivnega blata
simulacije procesev čiščenja
aktivnega blata

vodenje procesa večje ČN
problematika malih ČN
individualna izobraževanja
seminarji tujih strokovnjakov

T: +386 (0)1 724 65 00
F: +386 (0)1 722 04 90
E: info@ccn-domzale.si
W: www.ccn-domzale.si
A: Študljanska 91,
1230 Domžale, Slovenija



NOV PRISTOP K PRIPRAVI IN NADZORU KAKOVOSTI PITNE VODE ZA ZAGOTAVLJANJE VARNE VODOOSKRBE

NATAŠA URANJEK¹, BERNARDA STROPNIK²,
PETRA STROPNIK³, PRIMOŽ ROŠER⁴

Povzetek

Po zgledu naprednih sistemov oskrbe s pitno vodo smo uvedli znižanje koncentracije prostega klora (Cl_2) na najnižjo vrednost, ki še zagotavlja varno vodooskrbo. Uvedli smo novo metodo za določevanje mikroorganizmov Bactiquant (BQ), ki nam je omogočila hitro pridobivanje rezultatov o stanju sistema in s tem proaktivni pristop pri monitoringu. Postopek zniževanja Cl_2 na sistemu smo izvajali postopoma, po korakih za 0,05 mg/L, in ob tem opravljali še meritve na 22 odvzemnih mestih. Končno točko smo dosegli ob doziranju 0,08 mg/L Cl_2 v sistem in ob stanju, ko je bilo na večini od 22 vzorčnih mest zaznati le še sled prostega klora.

Ključne besede: detekcija mikroorganizmov, koncentracija prostega klora, metoda Bactiquant, monitoring mikrobiološkega stanja, priprava pitne vode, vodooskrba.

Abstract

Following the example of advanced drinking water supply systems, we implemented a reduction of free chlorine concentration (Cl_2) to the lowest value, which still ensures a safe water supply. We implemented new method for determination of microorganisms Bactiquant (BQ), which allowed us to quickly obtain results of status of the system and thus allow a proactive approach to monitoring. The Cl_2 reduction procedure on the system, in steps of 0.05 mg/L, was performed gradually, with measurements at 22 sampling points. The end point was reached dosing 0.08 mg/L Cl_2 into the system and conditions with only a trace of free chlorine was detected at most of the 22 sample points.

Keywords: Bactiquant method, detection of microorganisms, drinking water supply, drinking water treatment, free chlorine concentration, monitoring of microbiological condition.

1 Nataša Uranjek, Komunalno podjetje Velenje, d. o. o.

2 Bernarda Stropnik, Komunalno podjetje Velenje, d. o. o.

3 Petra Stropnik, Komunalno podjetje Velenje, d. o. o.

4 Primož Rošer, Komunalno podjetje Velenje, d. o. o.

1. UVOD

Na območju občin, kjer izvajamo javno službo, so za pripravo pitne vode na voljo površinski vodni vir Ljubija ter vodni viri Mazej, Toplice, Dolič, Ločan, Lampret in Jablanice, ki so pod vplivom površinskih vod (kraški vodni viri), zato je priprava vode nujna. Pripravo pitne vode iz teh virov izvajamo v napravah za pripravo pitne vode (NPPV) s postopkom ultrafiltracije, ki ji sledi nadaljnja faza vodooskrbe, in sicer sama distribucija vode do uporabnikov.



Slika 1: NPPV Čujež (levo) in ultrafiltracijske linije za pripravo pitne vode (desno).

Sistem distribucije je strukturiran iz kilometrov dolgih in razvejanih cevovodov. Sama dolžina in razvejanost cevovodov lahko zajemata več potencialnih vdornih točk za mikroorganizme oz. več potencialnih kritičnih točk kontaminacije. Posledično je priporočljiv dodatek dezinfekcijskega sredstva z dolgim dosegom in dolgotrajnim učinkom, ki bo po sistemu distribucije preprečil tako razrast kot množenje populacije mikroorganizmov. Klor nastopa kot ključno dezinfekcijsko sredstvo z omenjenim dolgim dosegom in dolgotrajnim učinkom.

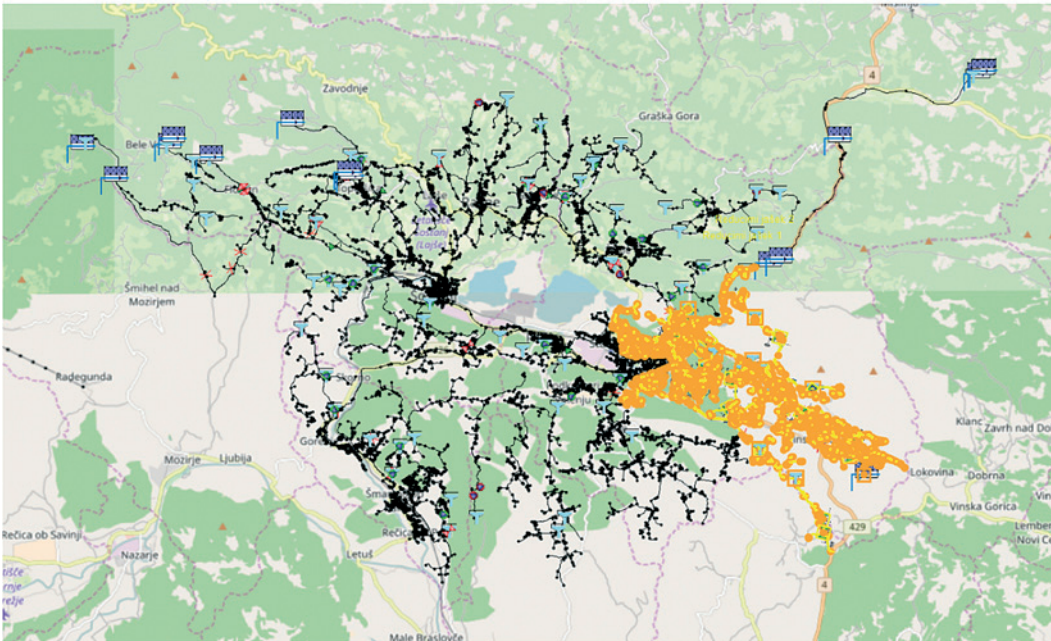
V mnogih državah je klor glavno sredstvo za dezinfekcijo, vendar pa obstaja kar nekaj dilem o uporabi klora. Čeprav ubija patogene mikroorganizme, ki so prisotni v vodi, ima njegova uporaba tudi nekatere negativne stranske učinke, saj lahko njegova uporaba privede do nastanka različnih potencialno strupenih dezinfekcijskih stranskih produktov (DBP), za katere je bilo ugotovljeno, da so lahko povezani s številnimi boleznimi. Zaradi vseh teh domnev si želimo, da bi bile koncentracije prostega klora in posledično koncentracije DBP v pitni vodi čim nižje.

Zaradi omenjenih tveganj v povezavi s kloriranjem sistema distribucije pitne vode je bil ključen cilj predmetnega projekta optimizacija oz. znižanje koncentracije klora ali celo popolna ukinitve uporabe klora v vodovodnem omrežju. Osredotočili smo se na vodooskrbno območje R1 (OO R1).



2. IZVEDBA POSTOPKA ZNIŽANJA KLORA NA VODOVODNEM SISTEMU

Oranžno obarvane točke na Sliki 2 prikazujejo oskrbovalno območje OO1, ki se oskrbuje iz vodohrana R1 Velenje. Območje zajema vzhodni del mesta Velenje, primestna naselja Bevče, Vinska Gora, Prelska in Črnova ter oskrbuje 19.200 uporabnikov, tj. prebivalcev MO Velenje.



Slika 2: Območje kloriranja pitne vode na vodooskrbnem sistemu Velenje.

Za ukinitvev dodajanja klora v pitno vodo mora biti zagotovljeno popolno higiensko stanje na vodovodnem sistemu in v rezervoarjih. Glavno tveganje pri tem predstavljajo starost vodovodnega sistema, predimenzioniran sistem in lastnost mikroorganizmov, da njihovo razmnoževanje poteka eksponentno, ter dejstvo, da na voljo nimamo on-line opreme za detekcijo mikroorganizmov, s katero bi lahko nadzorovali vodovodni sistem. Glede na dejstvo, da je bila zgrajena nova NPPV Čujež s povezovalnim cevovodom do glavnega rezervoarja R1, ki je prav tako obnovljen, in da vodovodni sistem na tem delu ni predimenzioniran, smo za prvo območje za uvedbo znižanja koncentracije prostega klora v pitni vodi izbrali prav to oskrbovalno območje.

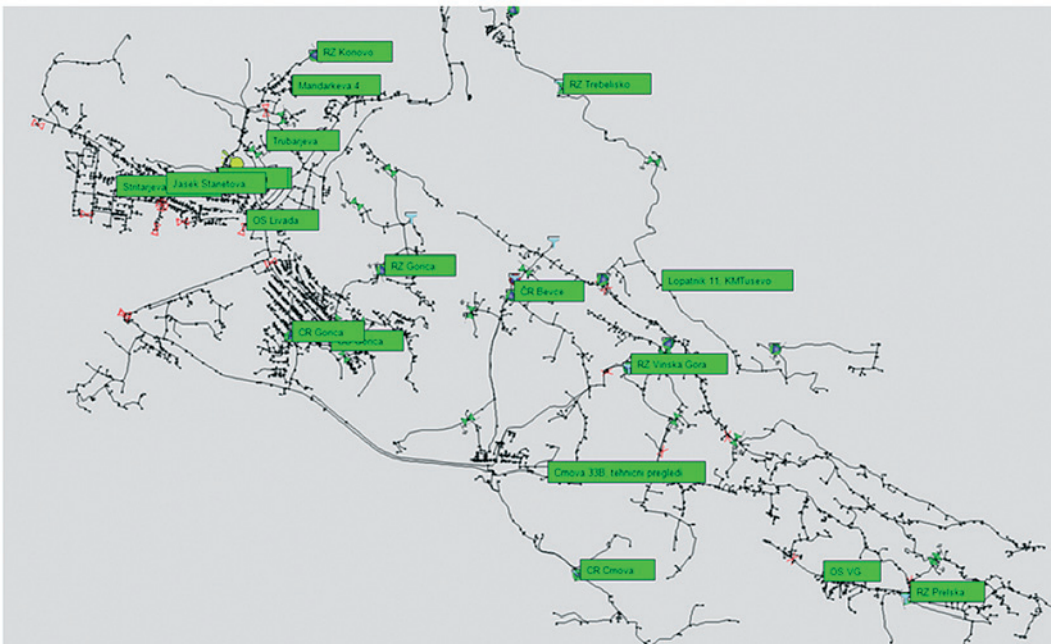
2.1 Načrtovanje izvedbe zniževanja doziranja klora na OO R1

Točke meritev prostega klora so bile izbrane na podlagi preteklih meritev prostega klora na omrežju in prepoznanih večjih odjemnikih, vključujoč predpostavke za možne težave s kakovostjo vode na omrežju. Slednje vključujejo kritične točke glede zagotavljanja ustrezne koncentracije prostega klora na omrežju, poleg tega pa tudi objekte z večjim številom oseb, kakršni so šole in vrtci.

Vnaprej so se določile lokacije odvzema vzorcev vode in merilna mesta (MM), ki so se označila z zaporednimi številkami, na vsako MM pa je bil vezan tudi posamezen merilni instrument za

določevanje koncentracije prostega klora. S tem se je zagotovila meritev prostega klor na vsaki lokaciji, tj. na vsakem MM, z istim merilnim instrumentom.

Projekt zniževanja klor na oskrbovanem območju OO1 je potekal v štirih fazah. V prvi fazi so bile izvedene meritve klor pri nespremenjenem stanju obratovanja sistema. Na odvodu iz R1 je referenčna vrednost prostega klor v prvi fazi znašala 0,18 mg/L. V drugi fazi se je temeljito spralo celotno obravnavano omrežje, s čimer smo želeli zagotoviti optimalne začetne pogoje (zmanjšati verjetnost prisotnosti mikroorganizmov v vodovodnem sistemu) pred začetkom zniževanja klor. Po spiranju so bile izvedene nove meritve na sistemu (mikrobiološki parametri, klor, motnost). V tretji fazi se je v omrežje začela dozirati manjša koncentracija klor, tako da je referenčna vrednost na odvodu iz vodohrana R1 znašala 0,13 mg/L. V četrti fazi se kloriranje zniža na ciljno referenčno vrednost 0,08 mg/L klor na odvodu iz vodohrana R1.



Slika 3: Prikaz merilnih točk – objektov, kjer so se izvajale meritve.

Glede na stanje sistema smo določili 22 kontrolnih točk – merilnih mest (Slika 3), kjer so se jemali vzorci in izvajale meritve. Vsak vzorčevalec je bil zadolžen za 3 merilna mesta, želeli smo hkrati izvesti vzorčenje na vseh 22 mestih oz. ga časovno čim bolj zblížati. Celoten proces zniževanja prostega klor v sistemu smo spremljali tudi s hidravlično analizo in prek tega potrdili hidravlični model, ki je bil postavljen za to oskrbovalno območje.

Izvajanje meritev na terenu so opravljali zaposleni, ki so bili pred tem v tehnološkem laboratoriju usposobljeni za izvajanje vzorčenja pitne vode in meritve prostega klor.



2.2 Metoda Bactiquant

Zaradi zagotavljanja varne vodooskrbe, predvsem glede zagotavljanja mikrobiološke ustreznosti pitne vode, smo potrebovali podatke o stanju na vodovodnem sistemu in kakovosti vode. Podatke o mikrobiološki kakovosti pitne vode običajno dobimo z izvedbo klasičnih mikrobioloških analiz, ki pa trajajo vsaj 24 ur. Tako dolgi časi niso primerni za obvladovanje sistema.

Za določevanje mikroorganizmov v vodi smo zato izbrali hitro metodo Bactiquant (BQ), ki jo uporabljajo tudi na Nizozemskem in Danskem, z njo pa nadzorujejo uspešnost dezinfekcije pitne vode oz. njeno mikrobiološko kakovost v sistemu vodooskrbe. Gre za metodo, ki omogoča hitro pridobivanje rezultatov o stanju sistema z vidika kontaminacije in s tem proaktivni pristop pri monitoringu.

Metoda temelji na konceptu detekcije bakterij s ciljanjem na encim, ki igra vlogo v njihovem metabolizmu in je zato prisoten v celotnem kraljestvu bakterij. Encim se zazna s substratom, ki je zanj specifičen in je konjugiran s fluoroforom. 250 mL vode se prefiltrira skozi filter s premerom por 0,22 μm . Zdaj je bakterijska kultura na filtru, skozi katerega nato prefiltriramo 2,5 mL substrata. Nato sledi 30-minutna inkubacija. Encim bo vstopil v biokemijsko reakcijo s substratom, pri čemer se bo sprostil in akumuliral fluorofor. Po končani inkubaciji akumuliran fluorofor speremo v kiveto in izmerimo intenziteto fluorescence s prenosno napravo pri valovni dolžini svetlobe 366 nm. Intenziteta fluorescence, ki jo izmerimo zaradi akumulacije fluoroforja, linearno korelira s koncentracijo encima, ki vstopa v biokemijsko reakcijo, in posledično tudi s koncentracijo bakterij v vzorcu vode, ki ga prefiltriramo skozi filter. Rešitev je hitra, saj se rezultati pridobijo že po 30 minutah inkubacije, po drugi strani pa uporabniku prijazna, ker vključuje samo tri osnovne korake – filtracijo vzorca, aplikacijo substrata in spiranje fluoroforja v kiveto. S ciljanjem na encim, ki je ohranjen v celotnem kraljestvu bakterij, pri meritvah upoštevamo tako viabilne, kultivabilne kot nekultivabilne bakterije. Postavitev mejne vrednosti merilnih parametrov oz. bazne linije je z metodo Bactiquant tako statistično natančnejša.

Uvedba metode za določanje mikroorganizmov Bactiquant (BQ), ki v nasprotju s klasičnimi metodami omogoča detekcijo mikroorganizmov v 30 minutah namesto 24, 48 oz. 72 urah, je omogočila aktivni monitoring mikrobiološkega stanja pitne vode v sistemu. Zniževanje prostega klora v vodovodnem sistemu brez tega ne bi bilo možno, saj bi bilo tveganje za morebiten nenadzorovan razrast mikroorganizmov previsoko. Posledično bi lahko takšno stanje privedlo do neustrezne mikrobiološke kakovosti pitne vode in morebitnih akutnih okužb uporabnikov.



Slika 4: Merilna oprema za metodo Bactiquant (levo) in del procesa izvajanja analize Bactiquant (desno).

Z uvedbo metode Bactiquant smo zagotovili ustrezen nadzor in monitoring med procesom zniževanja klora v oskrbovalnem sistemu s pitno vodo. Uvedba te hitre metode je bila ključna, da smo postopek sploh lahko izvedli. Z uporabo metode in ostalo merilno opremo pa zdaj vzdržujemo nizko vrednost prostega klora.

3. MERITVE NA TERENU IN REZULTATI POSTOPKA ZNIŽANJA KLORA NA VODOVODNEM SISTEMU

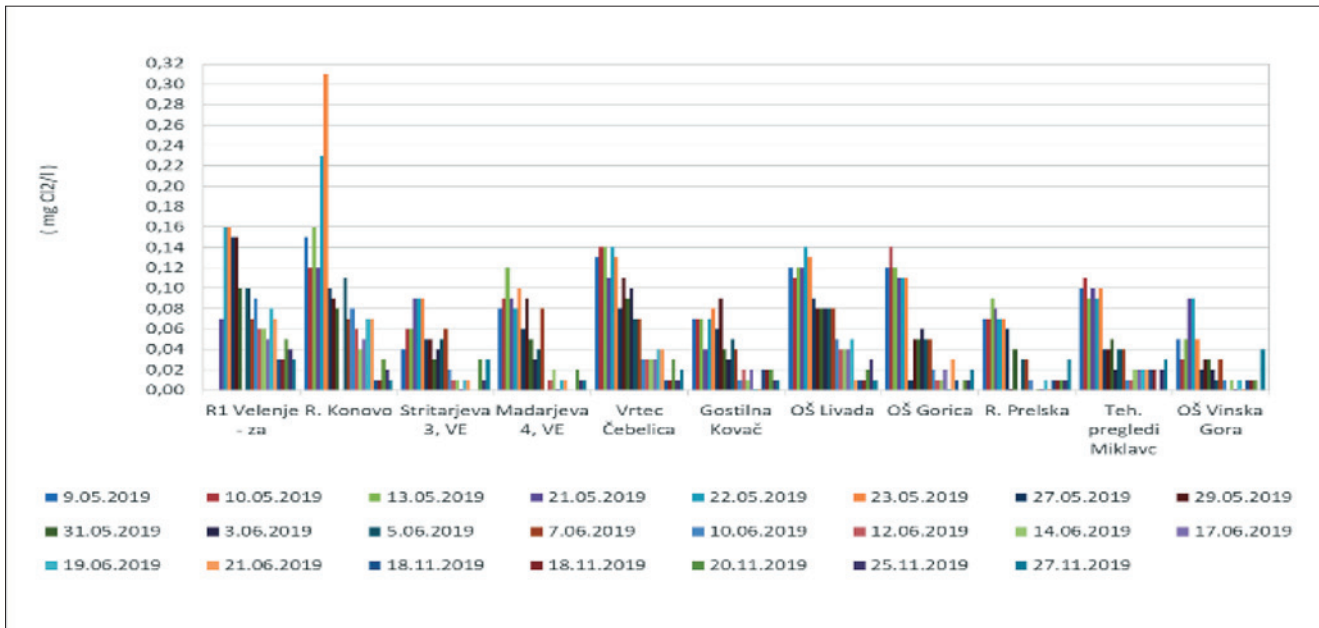
Skladno s pripravljanim načrtom in navodili za delo je vsak vzorčevalec izvedel vzorčenje, zagotovil ustrezen volumen vzorca, konzerviranje, transport in hrambo vzorcev do laboratorija, nato pa izvedel še terenski meritvi temperature vode in prostega klora. Analiza BQ se je izvedla v laboratoriju.

V času projekta je bilo odvzetih 418 vzorcev.

V začetni fazi zniževanja smo v pitni vodi merili BQ in prosti klor. Ob koncu projekta, ko so se v vodi na pipah uporabnikov pojavljale le še sledi prostega klora, smo v vzorcih, v katerih je bila vrednost prostega klora nižja od 0,01 mg/l, ob teh dveh parametrih določali še *E. coli*, skupne koliformne bakterije ter skupno število mikroorganizmov pri 22 in 37 °C.

3.1 Meritve prostega klora

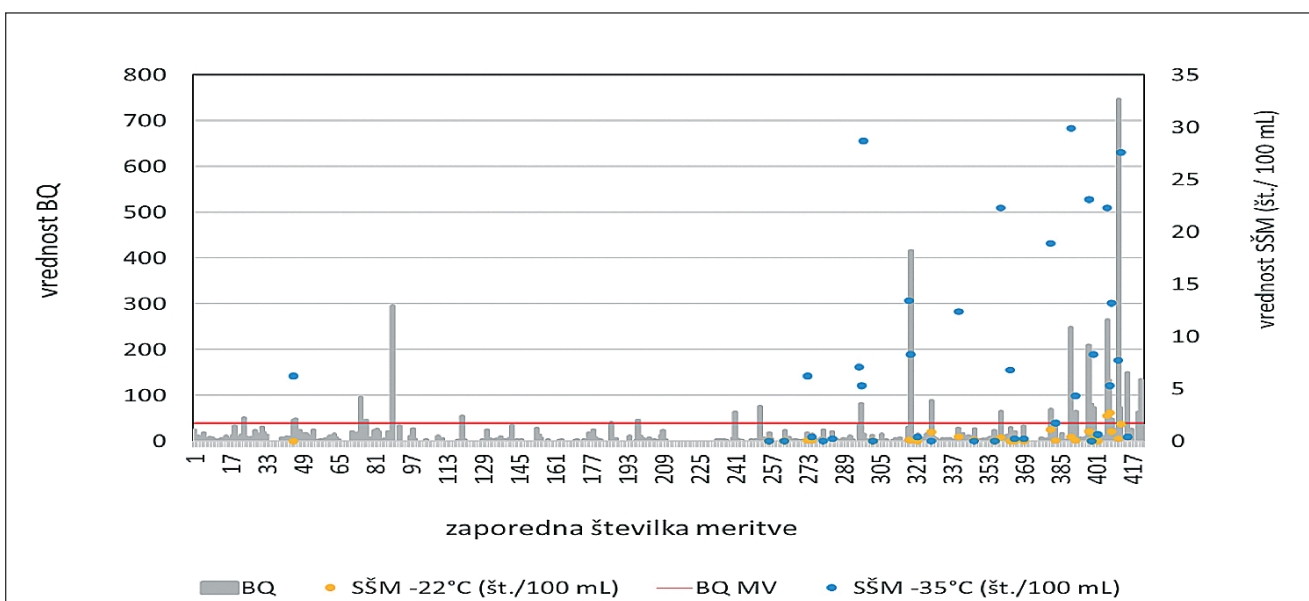
Merilni protokol meritve prostega klora na obravnavanih vzorčnih mestih je potekal skoraj dva meseca, in sicer v maju ter juniju 2019. Na Sliki 5 so predstavljene meritve prostega klora, ki so bile izvedene na posameznih lokacijah. Zaradi lažje preglednosti podatkov je na slikah narejen določen izbor in zato niso prikazana vsa merilna mesta.



Slika 5: Vrednosti prostega klora na posameznih merilnih mestih.

3.2 Meritve BQ in drugih mikrobioloških parametrov

Na Sliki 6 so zbrani rezultati meritev, iz katerih je razvidno, da smo ob povišani vrednosti BQ izvedli tudi analizo skupnih koliformnih bakterij, *E. coli*, SŠM 22 °C in SŠM 37 °C. V vseh vzorcih nismo izmerili prisotnosti skupnih koliformnih bakterij in *E. coli*, vse vrednosti SŠM 22 °C in SŠM 37 °C pa so bile pod mejno vrednostjo 100 (št./100 ml), ki je za ta parameter določena v našem načrtu HACCP.



Slika 6: Vrednosti BQ in skupnega števila mikroorganizmov (SŠM) pri 22 in 37 °C na posameznih merilnih mestih.

Bistveno pri tem je bilo, da so bili vsi vzorci vode skladni s Pravilnikom o pitni vodi, kljub nekaterim vrednostim BQ, ki so bile nad postavljeno mejno vrednostjo 40.

4. ZAKLJUČEK

Nemotena oskrba s kakovostno pitno vodo je temeljna človekova potreba in pravica, saj pomembno vpliva na zdravstveno stanje, življenjski standard ter kakovost življenja prebivalcev. Naš cilj je, da izpolnimo tako potrebe kot pričakovanja svojih odjemalcev, čeprav so te višje in presegajo zahteve, predpisane v zakonodaji. S sistematičnim projektnim delom, kjer se povezujejo znanja s področij mikrobiologije, kemije, gradbeništva, strojništva in regulacije, smo pri projektu zniževanja prostega klora sodelovali delavci iz različnih enot v podjetju. Uporabili smo znanje, ki smo ga pridobili v okviru izobraževanj, in izkušnje pri upravljanju vodovodnega sistema ter sledili trendom na svetovni ravni.

V podjetju sledimo želji po pitni vodi z minimalnim dodajanjem dezinfekcijskega sredstva, tj. prostega klora, ki pa še vedno zagotavlja zdravstveno ustrezno in z zakonodajo skladno pitno vodo do zadnjega uporabnika na sistemu. Pri tem je naše vodilo upoštevanje zakonodajnih zahtev glede kakovosti pitne vode in želje naših uporabnikov.

Doziranje klora v vodovodno omrežje za zagotavljanje varne vodooskrbe je bilo pred projektom 0,18 mg/L. Postopek zniževanja Cl₂ na sistemu smo izvajali postopoma, po korakih za 0,05 mg/L, ter ob tem opravljali tudi meritve motnosti, Cl₂ in BQ na 22 odzemnih mestih. Občasno smo na teh mestih izvedli še analize ostalih parametrov, ki jih merimo na pipi uporabnika v okviru notranjega nadzora. Končno točko smo dosegli ob doziranju 0,08 mg/L Cl₂ v sistem in stanju, ko je bilo na večini od 22 vzorčnih mest zaznati le še sled prostega Cl₂.

Določili smo si novo ciljno vrednost doziranja plinskega klora ter dosegli, da na pipi uporabnika ni bilo več prisotnega prostega Cl₂, mikrobiološko in kemijsko pa je bila pitna voda skladna z zakonodajo.

LITERATURA IN VIRI

1. Ellison, S. L. R. in Williams, A., (ur.), 2012. Eurachem/CITAC guide: Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement, Third edition, UK National Measurement System.
2. Environmental Protection Agency, 2002. Effects on Water Age on Distribution System Water Quality. Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water. [pdf] Dostopno na: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/2007_05_18_disinfection_tcr_whitepaper_tcr_waterdistribution.pdf [24. 9. 2020].
3. Eurachem, 2014. Eurachem Guide: the fitness for purpose of analytical methods – a laboratory guide to method validation and related topics. Dostopno na: https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_EN.pdf [10. 4. 2019].
4. Ferčič, A. in Knez, R., 2015. Organizational Challenges of the (Local) Water Supply in the European Union Member States. Lex Localis – Journal of Local Self – Government, 13(3), pp. 767.
5. Hlavinec, P., Popovska, C., Mahrikova, I. in Kukharchyk, T., (ur.), 2009. Risk management of water supply and sanitation systems. Netherlands. Springer.



6. Kleijnen, R. G., Knoben, B. G. M., Hoofwijk, B. L., Pol, D. G. J., Heintges, G. H. L. in De Visser, J. F., 2011. The Chlorine Dilemma Final Report. Eindhoven University of Technology /department of Chemical Engineering and Chemistry.
7. Maier Raina, M., Pepper, Ian L. in Gerba, Charles P., 2009. Environmental microbiology. Amsterdam. Elsevier/Academic Press.
8. Mycometer, 2019. Bacteria in water – bactiquant-water. Dostopno na: <https://www.mycometer.com/products/bactiquant-water/about-bactiquant-water/> [16. 4. 2019].
9. Nacionalni inštitut za javno zdravje, 2020. Parametri, ki jih določamo v pitni vodi. Dostopno na: <https://www.nijz.si/sl/parametri-ki-jih-dolocamo-v-pitni-vodi> [24. 9. 2019].
10. Pravilnik o pitni vodi. Uradni list RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17.
11. Smeets, P. W. M. H., Medema, G. J. in van Dijk, J. C., 2009. The Dutch secret: how to provide safe drinking water without chlorine in the Netherlands. Drink. Water Engineering and Science, 2009, 2, 1–14.
12. Thompson, C., Gillespie, S. in Goslan E., (ur.), 2016. Disinfection by-products in drinking water. Cambridge: Royal Society of Chemistry.



MERCK



SUSTAINABILITY EVALUATION OF PHOSPHORUS REMOVAL TECHNIQUES ON MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS

**BENGT HANSEN¹, MAGNUS RAHMBERG², SOFIA LOVISA ANDERSSON³,
ERIK LINDBLOM⁴, KRISTIN JOHANSSON⁵**

Abstract

Different wastewater treatment plants (WWTPs) process configurations require different amount of resources such as energy and chemicals. The selection of process configuration also impacts the amount of energy produced in the form of biogas.

In this study, Life Cycle Assessment (LCA) has been used to evaluate the environmental impact of operation of three different process configurations for phosphorus removal.

Since every WWTP has their unique conditions it is difficult to compare different WWTPs with each other. To overcome the uniqueness, a dynamic WWTP process models has been used to simulate different process configurations. The model outputs has been used as input data for the LCA.

This paper focus on the results of global warming potential (GWP), also known as carbon footprint. For all process configurations, energy contributes to the highest GWP followed by N₂O release in the biological treatment. Pre-precipitation gives the lowest GWP per volume of treated wastewater and Bio-P gives the highest GWP.

Keywords: carbon footprint, chemical treatment, coagulant, life cycle assessment, phosphorus removal, wastewater treatment.

1 Bengt Hansen, MSc Chem. Eng., Application Manager, Kemira Kemi AB, Sweden.

2 Magnus Rahmberg, IVL Swedish Environmental Research Institute, Sweden.

3 Sofia Livisa Andersson, IVL Swedish Environmental Research Institute, Sweden.

4 Erik Lindblom, IVL Swedish Environmental Research Institute, Sweden, Division of Industrial Electrical Engineering and Automation (IEA), Department of Biomedical Engineering, Lund University, Sweden.

5 Kristin Johansson, IVL Swedish Environmental Research Institute, Sweden.

1. INTRODUCTION

It is well known that municipal wastewater treatment plants (WWTPs) consume energy in their processes, but also has a potential to produce energy in the form of biogas. There are a number of »standard« process solutions when treating wastewater. The selection of process solution depends on wastewater quality, treatment requirements, available space and perception on what is a good solution or not and, traditional thinking.

With chemical treatment it is possible to remove more phosphorus, produce more biogas, reduce energy consumption in biological treatment and make a more compact plant. Still, chemical treatment is perceived as a less preferred solution in many cases as chemicals comes to a cost and an environmental footprint.

Professor Halvard Ødegaard and Ingemar Karlsson raised this question more than 20 years ago (Ødegaard and Karlsson, 1994; Ødegaard, 1995) and their conclusion was that a combined chemical/biological treatment process is more environmentally friendly than a biological process only. Since then, the Life Cycle Assessments (LCA) tools have been improved, new learnings on how to operate WWTPs are known and technologies have improved. It is therefore of value to, from an LCA perspective, re-evaluate different WWTP processes with the new information available today.

Since every wastewater is unique it is not easy to compare plant A and B with each other. There are not only difference in water quality but also in process design. To compare different process configurations, dynamic process models are advantageous for this type of evaluation since the models can simulated different process configurations but still use the same incoming flow, pollutant load and the yearly. The models can give estimations of resource consumption, effluent concentrations, sludge production and quality and biogas production.

2. OBJECTIVE

The objective with the study was to compare the environmental impact of treating wastewater to two different levels of phosphorus in three different process configurations, using dynamic process modelling and life cycle assessment. The incoming water quality is the same in all scenarios and automatic process control in the models was used to achieve similar treatment results for the different processes.

3. METHOD

To calculate the environmental impact the process layout in combination with process modelling and LCA needs to be in place. This combination is illustrated in Figure 1.

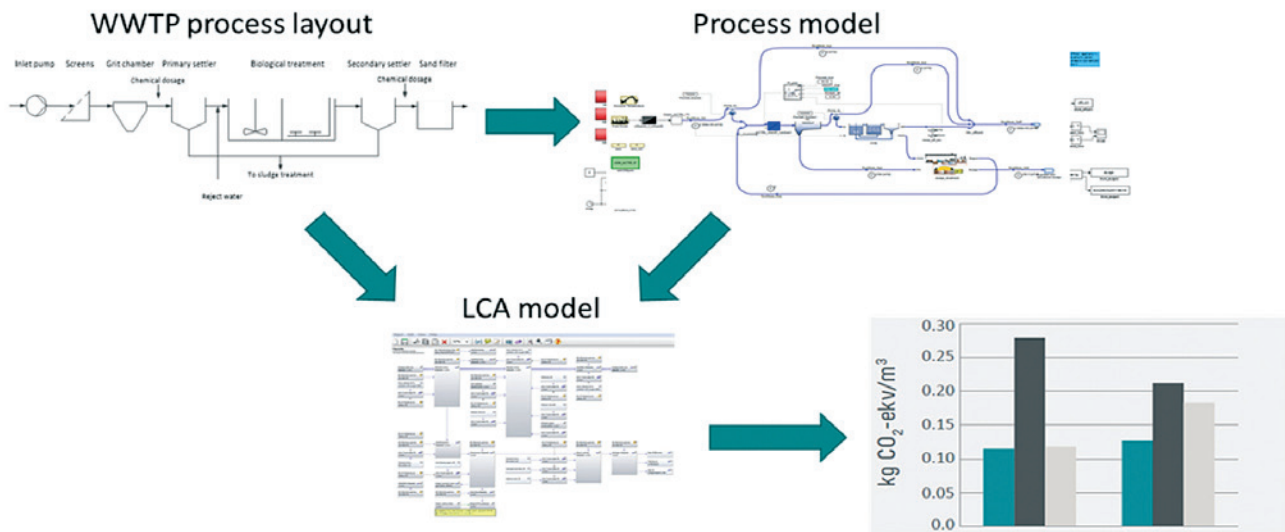


Figure 1: Schematic of the combinations of the different methods.

3.1 Process modelling

The starting point for the process modelling was a full-scale Swedish wastewater treatment plant with a simultaneous precipitation configuration (Henriksdal WWTP, 780 000 P.E., flow 250 MLD (Megaliters per Day)). Data on influent wastewater characteristics, coagulant dosage, sludge production, sludge concentrations, effluent quality, energy data and biogas production were collected and used in calibrating the model. Some adjustments to volumes and operating conditions were done to more resemble standard European conditions.

3.1.1 Effluent discharge criteria

The baseline scenario for the discharge criteria is compliant with the Urban Waste Water Treatment Directive for plants larger than 100 000 P.E. releasing effluent to sensitive areas, (UWWTD, 1991). All discharge limits (Table 1) had to be fulfilled. The three processes configurations were also simulated to reach a lower effluent phosphorus concentration.

Table 1: Effluent discharge criteria as yearly average concentrations.

Scenario	BOD ₅	TN	TP
Baseline	25 g/m ³	10 g/m ³	1 g/m ³
Stricter P	25 g/m ³	10 g/m ³	0.3 g/m ³

It should be noted that a Phosphorus removal without chemical addition, so called Biological Phosphorus Removal (Bio-P), is difficult to control to reach a certain effluent standard regarding phosphorous concentration, without a tertiary polishing step. Chemical dosing enables a higher level of control of effluent phosphorous concentration.

3.1.2 Process configuration

In this project three different processes are studied:

1. **Pre-precipitation.** Precipitation chemical is added prior to primary sedimentation.
2. **Simultaneous precipitation.** Precipitation chemical is added in the biological treatment.
3. **Biological Phosphorous Removal.** No precipitation chemical added when possible.

Pre-precipitation gives less load in the biological treatment step and increased biogas production, while simultaneous precipitation has the advantage that incoming carbon source can be used for pre-denitrification but the disadvantage that larger biological volume is needed (to compensate for higher load and that metal in the sludge takes up part of the volume). Bio-P has the advantage that no chemicals are used while the configuration requires larger volumes and more pumping. The aim of the project was to quantify the differences between the configurations in the form of Life Cycle Analysis.

The modelling of the three processes all include primary sedimentation, activated sludge process, secondary sedimentation and anaerobic digestion. Reject water from thickening and dewatering of sludge is added to the inlet (prior to pre-sedimentation). Polymers are added in both the thickening and dewatering of sludge processes. The activated sludge process is a pre-denitrification process without addition of external carbon source. Pre-treatment steps (screens, grit and grease removal) are not included in the dynamic process models.

For the Stricter phosphorus scenario, the process configuration is complemented with sand filtration as a final polishing step after secondary sedimentation. An additional coagulant dosage point is also added just before the sand filters.

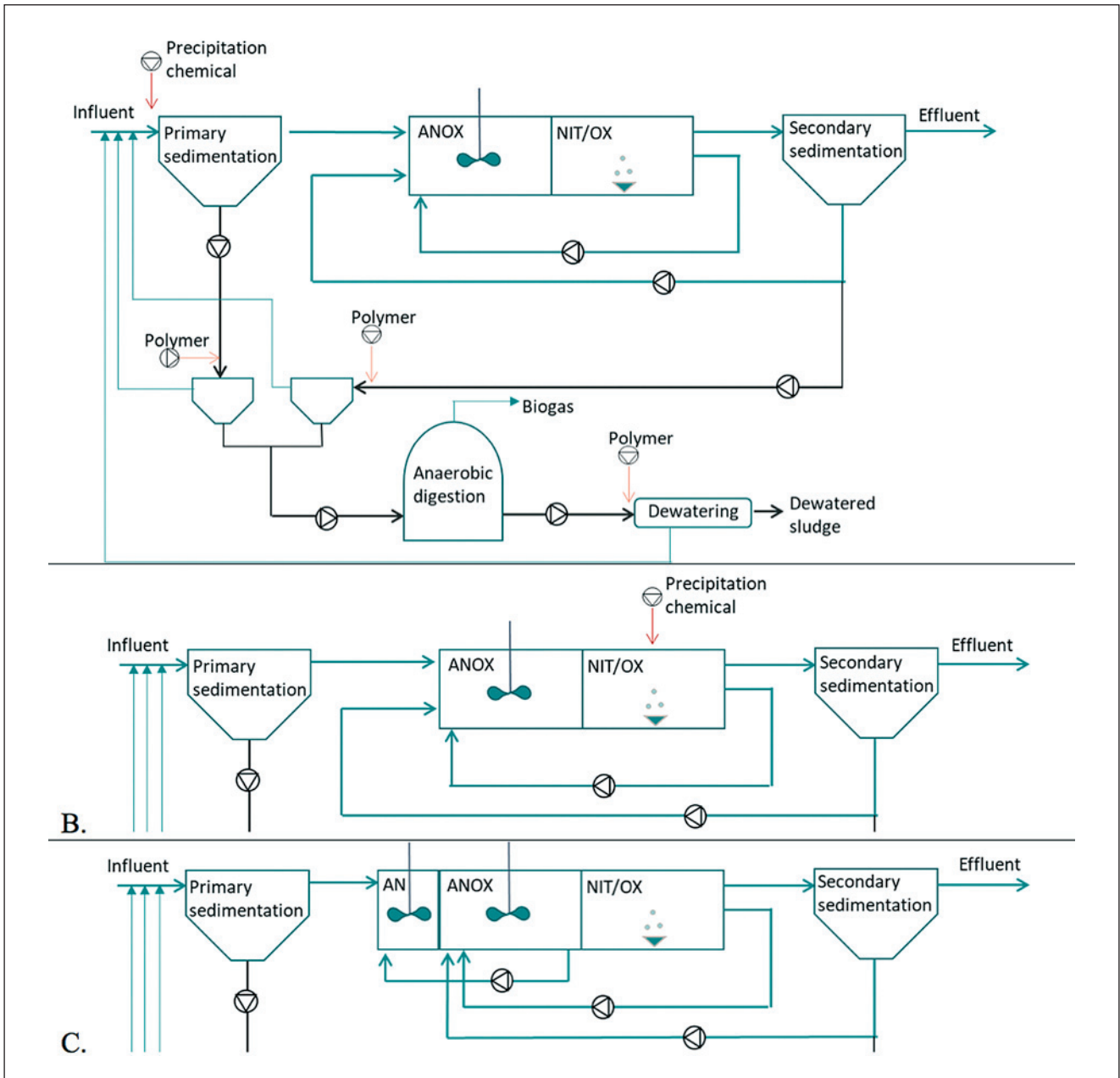


Figure 2: A. Process configuration for Pre-precipitation. B. Changes in configuration to simultaneous precipitation. C. Changes in configuration to Biological phosphorus removal.

3.1.3 Process volume calculations

The reference plant (Henriksdal WWTP) is operated at a sludge concentration in the biology of about 2 500 g SS/m³. This is low compared to standard European situations where 4000 g SS/m³ is normal. To resemble bioreactor volumes with a standard European WWTP a factor 0.625 = 2500/4000 has been used.

With pre-precipitation, the load to the biology will be lower compared to a plant with simultaneous precipitation. Therefore, this alternative has smaller bio-reactor volumes compared to the other two alternatives. With Bio-P removal an additional anaerobic compartment has been

added, resulting in a larger total volume for the Activates Sludge Process (ASP). Volumes are found in Table 2.

Table 2: Total volumes used in modelling of the three processes.

Total volumes, m ³	Pre-precipitation	Simultaneous precipitation	Bio-P
Primary Sedimentation	30 000	30 000	30 000
AN	N/A	N/A	47 000
ANOX	56 000	56 000	60 000
NIT/OX	30 240	54 000	54 000
Secondary Sedimentation	75 000	75 000	75 000
Anaerobic digester	32 000	28 500	31 000

The hydraulic retention time (HRT) for the anaerobic digester was set to 20 days for all configurations.

3.1.4 Models used

The process modelling has been carried out in the software SIMBA#water. For the biokinetics an extended version of ASM1 (Activated sludge model no 1, Henze et al., 2000) called ASM_inCTRL (Schraa et al., 2016) was used. Anaerobic digestion was modelled using a simple model calculating the biogas production based on biodegradable Chemical Oxygen Demand (COD), temperature, retention time and pH. Sand filtration was modelled with a separate dosage of coagulant on the effluent followed by a fixed separation of solids.

3.1.5 Load

Flow and load are based on data from the reference plant, see Table 3. As it is situated in Sweden, the flow is typical for Nordic conditions, with high infiltration of stormwater runoff and ground water, cold temperatures during winter and a snow-melting period in the spring.

Table 3: Flow and load to the treatment processes as yearly average.

Parameter	Unit	Load, constant	Load, average of dynamic data
Q	m ³ /d	270 000	250 665
TSS	g/m ³	310	313
COD	g/m ³	500*	516
TN	g/m ³	40	45
TP	g/m ³	6	6.7

*TOC measurements x 3.3.

In order to compare the results from the different alternatives priority was set on achieving similar effluent concentrations for each modelled alternative, the same control strategies have been used as seen in Table 4.



Table 4: Different setpoints used in the control of the WWTP.

Scenario	Setpoint TSS Bio (WAS control)	Setpoint Eff NO ₃ (Q rec control)	Setpoint Eff PO ₄ (Precipitation dosage control)	Setpoint Eff NH ₄ (aeration control)
Baseline	< 4000 g/m ³	7 g/m ³	0.35 g/m ³	1 g/m ³
Stricter P	< 4000 g/m ³	7 g/m ³	Addition of sand filter	1 g/m ³

3.1.6 Modelling different chemicals

Two types of coagulants are considered; iron and aluminum based. In this paper only the results with ferric chloride will be presented. For the thickening and dewatering different polymer dosages are used for sludge from different processes. A summary of polymer dosages used can be found in Table 5.

Table 5: The dosage of polymer used for thickening and dewatering as well as DS content and separation degree in the sludge dewatering.

Sludge type	Dosage (g/kg TS)	DS and separation degree in treated sludge (%)
Digested sludge (chemical treated)	11.5*	24 %* 98 % removal
Digested sludge (Bio-P)	16.2*	24 %* 98 % removal

*STOWA 2012

3.2 Life Cycle Assessment - LCA

Life Cycle Assessment (LCA) has been used to calculate the average environmental impact of operation of the WWTP for one year of operation. An LCA includes resource consumption, waste production, energy use and transport for all intermediaries. Construction and demolition of the treatment plant are thus not included.

The life cycle analysis was performed according to ISO 14044 standards and used the GaBi Professional 8.6 software tool to perform the LCA modelling. GaBi Professional has been developed for more than 20 years and contains a robust internal database with more than 7,000 ready-to-use life cycle inventory (LCI) profiles.

The LCA in this study includes activities that are directly related to, or a result of, wastewater treatment. Production and transport of chemicals for the purification process, as well as production of the electricity used, are also included. In this study we do not study the use phase of by-products from the process such as use of biogas and sludge. The functional unit used in this project is 1 m³ of treated wastewater fulfilling the yearly average discharge criteria specified in Table 1.

To quantify the potential environmental impact from processes, a number of environmental impact categories were selected, developed by CML (Centrum voor Milieukunde –Universiteit

Leiden, 2002) and within LCA general and common use (Guinée et al., 2002). However, in this paper we focus on Global Warming Potential (GWP), i.e. Carbon Footprint.

The GWP unit has been normalized to the reference unit using characterization factors. Nitrous oxide is, for example, normalized to carbon dioxide equivalents by multiplying the amount of nitrous oxide emissions by a factor of 298, as nitrous oxide has a 298 times stronger impact on global warming compared with carbon dioxide, per kg of emissions of each gas (in a 100-year perspective), (CML 2002).

Input data to the LCA related to the operation of the WWTP was retrieved from the process model and includes direct emissions, energy and chemical consumption, see Figure 3. Production data on coagulants and polymers used in the process were given from INCOPA (INCOPA, 2014). The sludge handling after the digester is not considered in this study, only amounts produced and emissions from short term storage at the WWTP are included.

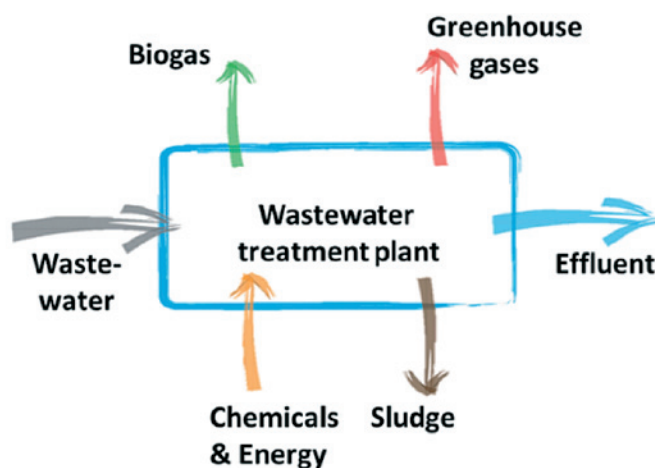


Figure 3: Illustration of inputs and outputs from the WWTP that drives the LCA. Note that sludge amounts only are considered and not any further handling of this output.

Energy production were set to be European average electricity mix and data taken from the data bases in the LCA software.

To study the effect of how different choices in the LCA impacts the result, a sensitivity analysis can be performed. In this study following sensitivity analysis were chosen:

- Change of energy source for electricity production.
- Usage of biogas. What is the impact if biogas replaces natural gas in the energy system?



4. RESULTS

Simulation of the three different process configurations were performed and data utilized in the LCA for the following scenarios:

- Baseline: Effluent standards that fulfils the criteria given.
- Stricter: More stringent limits on phosphorus (0.3 mg P/l)

In Figure 4 the GWP is presented for the different process configurations and effluent criteria.

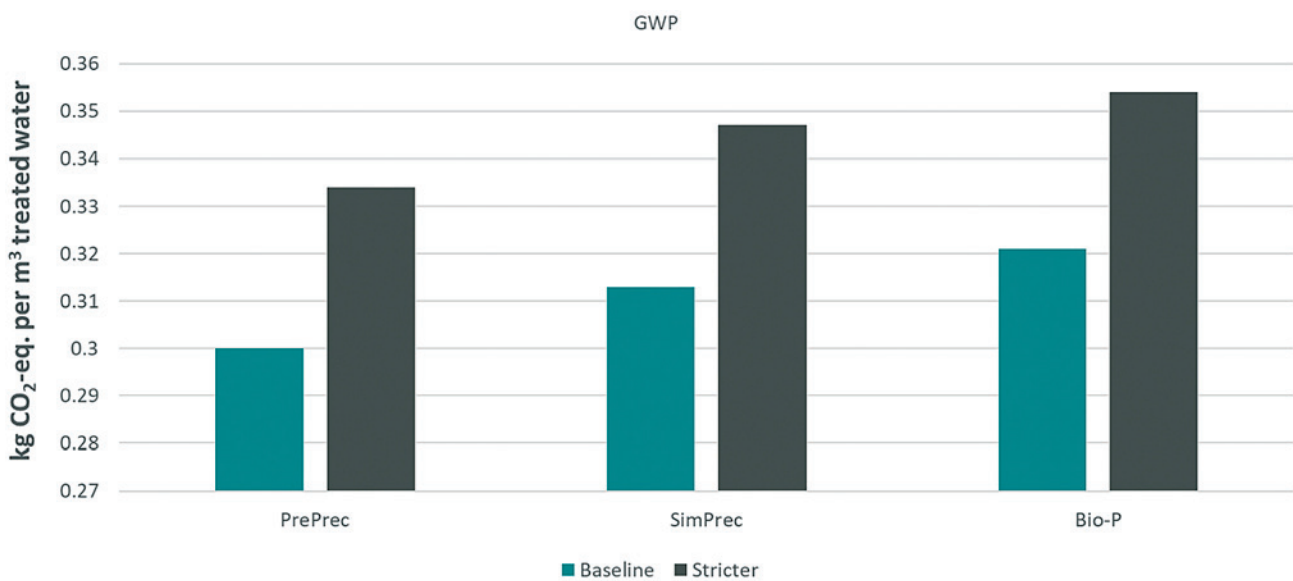


Figure 4: Global warming potential for the different process configurations. Results coloured according to effluent criteria. Note that the usage of biogas is included in these results.

When comparing the configurations, pre-precipitation gives the lowest GWP for both effluent scenarios. This is because the pre-precipitation configuration has the lowest load on the biological treatment and hence less energy is needed in this treatment step. Biological phosphorus removal has the highest GWP of the three configurations.

A more stringent effluent limit on phosphorus cause an increase of the GWP for all three process configurations. To fulfil the stricter limits on phosphorus there is a need for more coagulant. But that only explains a small share of the difference. Most of the additional GWP originates from the sand filter that is used in the post precipitation step that is included in all process configurations with the stricter effluent criteria. Sand filters has a fairly high energy usage that contributes to the global warming potential.

To see what affects to the GWP the figures are broken down into different resources needed and direct emissions from contributing process steps. As an example, the different contributions to GWP for the pre-precipitation step is shown in Figure 5.

The two main contributors to GWP are the electricity usage and the direct emissions of nitrous oxide (laughing gas) from the biological treatment. From the digester, slip of methane contributes to the GWP. Direct emissions of methane and nitrous oxide from sludge storage are the third largest contributor to GWP. The increased dosage of chemicals in the stricter effluent criteria does not affect the GWP in any significant way. The difference is mainly from the increased energy demand by introduction of a sand filter as a final polishing treatment step. Transportation of chemicals has the least contribution to the GWP.

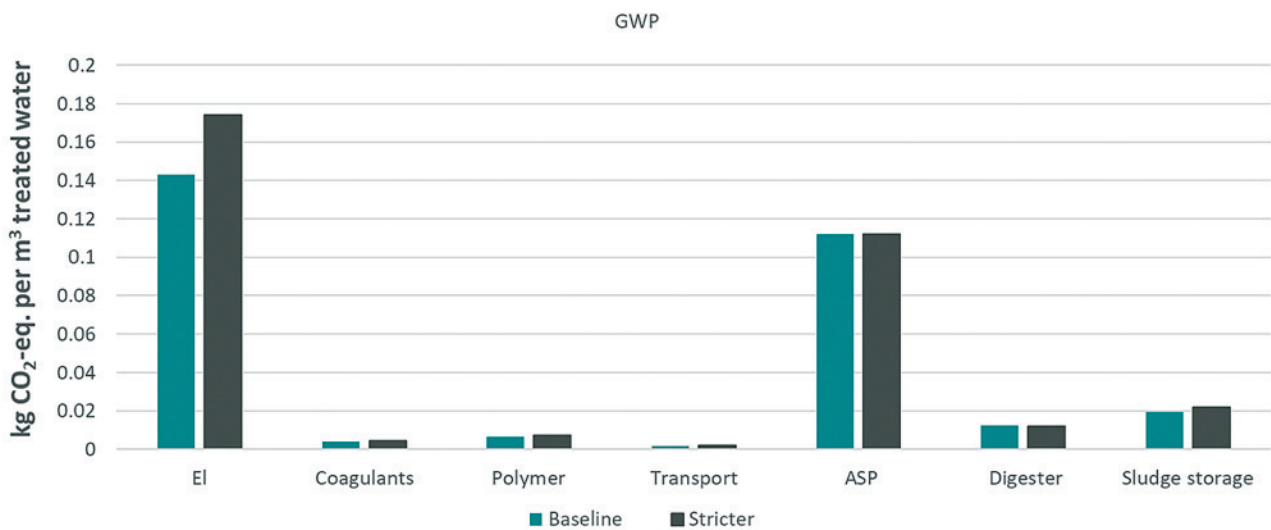


Figure 5: Contribution to the GWP for the pre-precipitation configuration. Results colored according to effluent criteria. Note that the usage of biogas is not included. El = electricity usage, ASP=Activated Sludge Process (release of N₂O in biological treatment).

The energy demand and biogas produced is compared for the different process configurations and effluent criteria. This is shown in Figure 6. The pre-precipitation produces more biogas than the other configurations since more primary sludge is produced and primary sludge generates more biogas secondary (biological sludge).

In Figure 7 the result of this credit of biogas is shown for the GWP of the process configurations. In the scenarios presented above, the biogas were not utilized in any way but most WWTPs use the as an energy source locally at the plant or upgrade it to for instance, vehicle fuel. In both the given examples biogas could replace fossil fuels as energy carrier. In this case biogas replace natural gas. This credit reduce the total contribution to the GWP by 20 to 30 % where pre-precipitation gives the highest reductions.

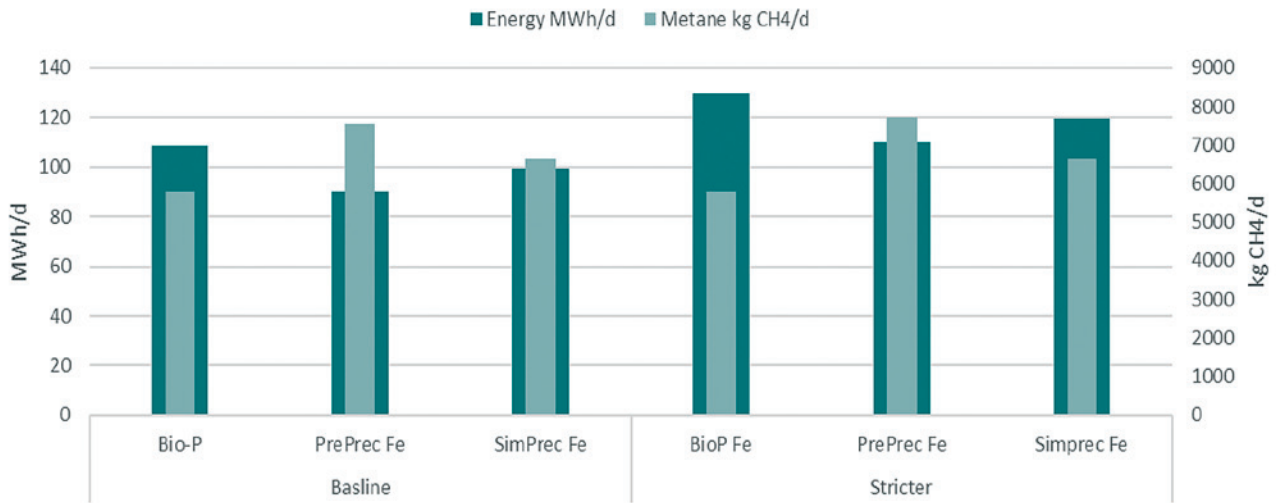


Figure 6: Comparison of energy demand (MWh/d) and biogas production (kg CH₄/d) for the different process configurations.

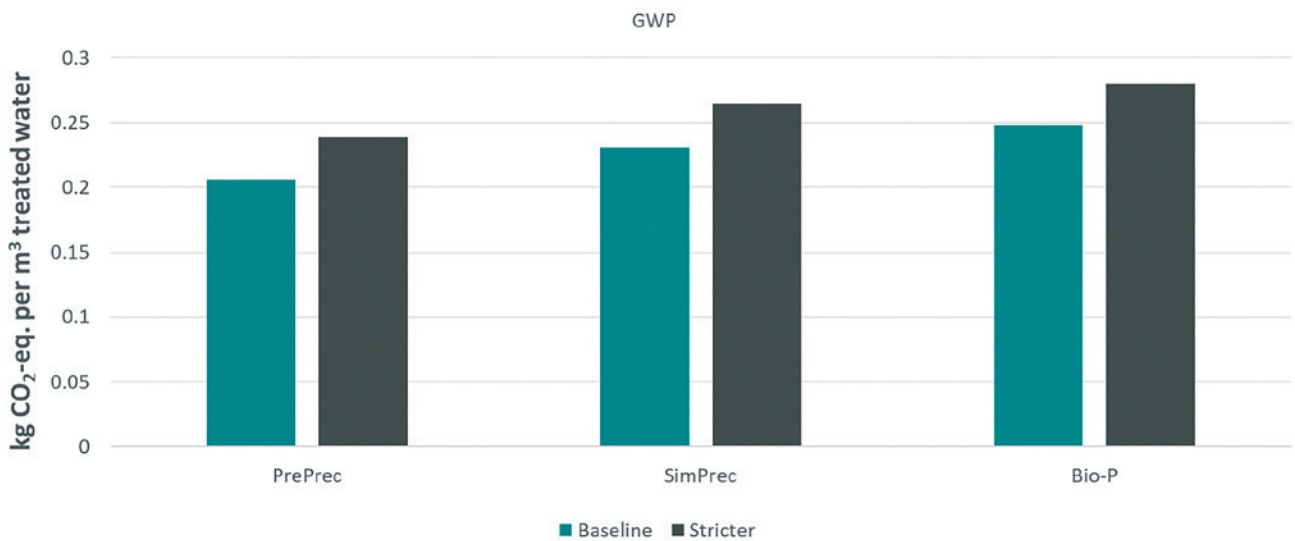


Figure 7: Contribution to the GWP after the biogas has replaced natural gas in energy production for the different process configurations. Results colored according to effluent criteria.

A sensitivity analysis was performed replacing the original European average electricity mix with 100 % hydropower reduced the total GWP of operating the process configuration with about 50 %.

5. CONCLUSIONS

Three process configurations for phosphorus removal from wastewater; pre-precipitation, simultaneous precipitation and biological phosphorus removal, was evaluated using dynamic process models and LCA.

Combining dynamic process models with life cycle assessment could give insight to what is large and not in the contribution to the global warming potential from different configurations of wastewater treatment plants. The use of models is a good method when real or test data are hard to retrieve from the process.

To conclude this study the main points are summarized below:

- Pre-precipitation clearly gives a lower GWP than the other configurations.
- Pre-precipitation produces the highest amounts of biogas while biological phosphorus removal produces the lowest amount of biogas.
- A more stringent effluent limit leads to a higher carbon footprint when sand filter is used in tertiary treatment.
- Choice of energy source is an important factor for the over-all Global Warming Potential.

6. DISCUSSIONS

Even though the chemicals has a low carbon footprint, an optimized use of chemistry on a WWTP can have a significant positive impact when used wisely. With Kemira KemConnect™ the dosage of chemicals are controlled in real-time and constantly kept on the level needed. Over and under dosage is avoided at the same time as treatment results are improved. More important, KemConnect can lower the environmental load in a variety of applications, i.e. KemConnect improves the WWTP's handprint by optimizing the treatment process and its results. Examples of KemConnect applications are:

- **KemConnect P** – Gives more stable phosphorus removal with the same or lower coagulant dosage.
- **KemConnect PT** – Finds the balance between pre-precipitation and biological treatment.
- **KemConnect SD** – Improves DS content and reject water quality in sludge dewatering.
- **KemConnect OCC** – Ensures low hydrogen sulphide levels in sewer systems and on WWTPs.

7. MISCELLANEOUS

More data and results from this study are found in LCA analysis of different WWTP processes, Rahmberg et al., 2020.

REFERENCES

1. Guinée, J. B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., Koning, A. de, Oers, L. van, Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H. A., Bruijn, H. de, Duin, R. van and Huijbregts, M. A. J. ,2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 692.
2. Henze, M., Gujer, W., Mino, T. and Loosdrecht, M. C. M. van., 2000. Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3. IWA Publishing, London, UK.



3. INCOPA, 2014. Life Cycle Analysis of Leading Coagulants: Executive Summary. Available at: www.incopa.org [23. 8. 2021].
4. Ødegaard, H. and Karlsson I., 1994. Chemical Wastewater Treatment — Value for Money. In: Klute, R., Hahn, H. H. (eds). Chemical Water and Wastewater Treatment III, 191-209, Springer-Verlag Heidelberg.
5. Rahmberg, M., Andersson, S. L., Lindblom, E. U. in Johansson, K., 2020. LCA analysis of different WWTP processes. B 2400. ISBN 978-91-7883-231-6. Available at: www.ivl.se [21. 8. 2021].
6. Schraa, O., Rieger, L. and Alex, J., 2016. Development of a model for activated sludge aeration systems: Linking air supply, distribution, and demand. *Water Sci. Technol.*, 75(3), 507-517.
7. STOWA, 2012. Trends in slibontwatering. 2012-46. ISBN 978.90.5773.577.6.
8. Urban Waste Water Treatment Directive (UWWTD), 1991. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment, OJ L 135, 30/05/1991.

METTLER TOLEDO



Intelligentne rešitve za vse laboratorijske aplikacije

METTLER TOLEDO precizni instrumenti so bistvo laboratorijev povsod po svetu. Naš širok izbor izdelkov vam omogoča fleksibilnost in preciznost pri vsaki aplikaciji.

- Tehtanje
- Titracije
- Meritve pH
- Karakterizacija materialov
- Fizične lastnosti
- Pipetiranje
- UV/VIS spektroskopija
- Avtomatizirana kemija
- Programska oprema
- Servisne storitve in kalibracija



► www.mt.com/lab



CELOSTNA IZKUŠNJA TEHNOLOŠKE OPTIMIZACIJE VODENJA BIOLOŠKEGA PROCESA ČIŠČENJA ODPADNE VODE

PETER CERAR¹, MATEJ ČERNIVEC², ROK PIRNAT³

Povzetek

Nadgradnja in implementacija sistema vodenja biološkega procesa s tehnologijo sekvenčnih šaržnih reaktorjev (SBR) sta bili na Centralni čistilni napravi Domžale-Kamnik (CČNDK) izvedeni primarno zaradi preprečevanja rasti nitastih bakterij ter s tem doseganja dobrih usedalnih lastnosti. Sekundarni namen tega je bil izboljšati proces denitrifikacije, zmanjšati rabo energije in izboljšati biološko odstranjevanje fosforja. Članek zajema problematiko povečanega razrasta nitastih mikroorganizmov v preteklem obdobju, kar je vzrok nizkega F/M razmerja, razredčenega vtoka na čistilno napravo v obdobju daljših padavin, občasne prisotnosti lahko razgradljivih snovi, nižjih temperatur ter občasnih prenizkih koncentracij fosforja v določenih obdobjih. Z opisanimi procesnimi nastavitvami, vodenjem in ukrepi, predvsem v obdobjih pogojev za razrast nitastih mikroorganizmov in povečane tvorbe EPS, skrbimo, da do tega ne prihaja prepogosto, zato skušamo ohranjati čim bolj ustrezne usedalne lastnosti ter lastnost odvodnjavanja aktivnega blata pri zgoščanju.

Ključne besede: aktivno blato, biološko čiščenje, biološka obremenitev blata (F/M razmerje), ekstracelularna polimerna substanca (EPS), nitasti mikroorganizmi, selektor, volumski indeks blata (VIB).

Abstract

The upgrade and implementation of a biological process control system with sequential batch reactor technology (SBR) has been done at the Wastewater Treatment Plant Domžale – Kamnik, primarily to prevent the growth of filamentous bacteria and thus achieve good sedimentation properties, and the secondary purpose was to improve the denitrification process, reduce energy use and improve biological phosphorus removal. This article presents the problem of the increased growth of filamentous microorganisms in the past. The main reasons are low F/M ratio, diluted inflow to the treatment plant during rainfall periods,

1 Peter Cerar, tehnični vodja, JP CČN Domžale-Kamnik, d. o. o.

2 Matej Černivec, procesni inženir, JP CČN Domžale-Kamnik, d. o. o.

3 Rok Pirnat, vodja tehnološkega procesa, JP CČN Domžale-Kamnik, d. o. o.

the occasional presence of easily degradable substances, lower temperatures and occasional low phosphorus concentrations in a certain period. With the described process settings, management and measures, especially in the periods of righteous conditions for the growth of filamentous microorganisms and increased EPS formation, we take care that this does not occur excessively, with that, we are maintaining appropriate sedimentation and filterability properties of the activated sludge, during settling and sludge dewatering.

Keywords: activated sludge, biological treatment, extracellular polymeric substance (EPS), filamentous microorganisms, food to microorganism ratio (F/M), selector, sludge volume index (SVI).

1. UVOD

Centralna čistilna naprava Domžale-Kamnik je velikosti 149.000 PE in je bila v letih od 2014 do 2017 nadgrajena na terciarno stopnjo čiščenja, medtem ko je anaerobna obdelava blata s strojnim zgoščanjem in energetiko ostala ob rednih investicijsko vzdrževalnih vlaganjih v osnovi enaka, kot je bila zgrajena v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. ČČNDK sprejema odpadne vode iz šestih občin, kanalizacijski sistem je večinoma mešan oz. delno tudi ločen. Odpadne vode, sprejete po kanalu, so komunalne, industrijske in padavinske, poleg tega pa se v obdelavo in čiščenje sprejemajo tudi pripeljani biološko razgradljivi odpadki, greznične vsebine, blato malih čistilnih naprav ter drugi tekoči odpadki. Količine sprejetih odpadnih voda v čiščenje so leta 2020 znašale 7,5 milijona, celotna obremenitev je bila skoraj 125.000 PE in linije vode okoli 108.000 PE. Proizvodnja električne energije na kogeneracijskih enotah iz proizvedenega bioplina pokriva že nekaj več kot 80 % lastne rabe električne energije, s toplotno energijo pa je sistem 100-% samooskrben.

Biološki del tehnološkega procesa na liniji vode sestavljajo štiri linije SBR s selektorji, zgoščevalci odvečnega blata s strojnim predzgoščanjem, objekt puhal za vnos zraka, sistem za doziranje FeCl_3 za obarjanje ortofosfata, sistem za občasno doziranje zunanjega vira ogljika za izboljšanje denitrifikacije in merilno mesto iztočne očiščene vode. Proces nitrifikacije in denitrifikacije poteka simultano v fazi vtoka in aeracije, denitrifikacija poteka delno v selektorjih in delno v reaktorju, selektorji posredno služijo tudi biološkemu odstranjevanju fosforja. Sistem je za spremljanje procesnih parametrov učinkov čiščenja in za potrebe regulacij opremljen z merilniki kisika, amonijskega dušika, nitratnega dušika, koncentracije aktivnega blata, temperature, nivoja, ortofosfata, TOC, TN ipd.

Kot veliko čistilnih naprav s terciarno stopnjo čiščenja je bila tudi ČČNDK po izgradnji podvržena čezmerni rasti nitastih bakterij v določenih obdobjih leta, vzroki v prvem letu obratovanja niso bili povsem jasni, zato smo pristopili k iskanju vzrokov in rešitev. Na podlagi učenja, spremljanja in praktičnih izkušenj smo optimirali sistem vodenja tehnološkega procesa ter s tem dosegli veliko bolj stabilne pogoje, zlasti primarno, da nitaste bakterije ne prevladajo v združbi aktivnega blata. Večino časa izpustni parametri dosegajo precej nižje vrednosti od predpisanih



na iztoku, občasno pa se zaradi daljših nihanj dotočnih parametrov in letnih sprememb lahko pojavijo določeni problemi v biološki stopnji čiščenja odpadne vode.

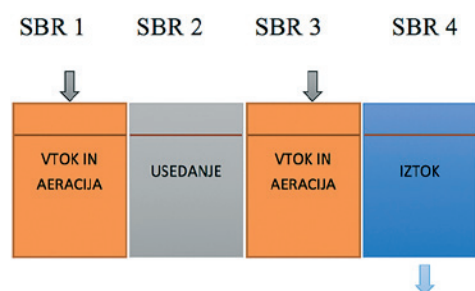


Slika 1: ČČN Domžale-Kamnik, posnetek iz zraka.

Vir: JP ČČN Domžale-Kamnik, d. o. o., 2017.

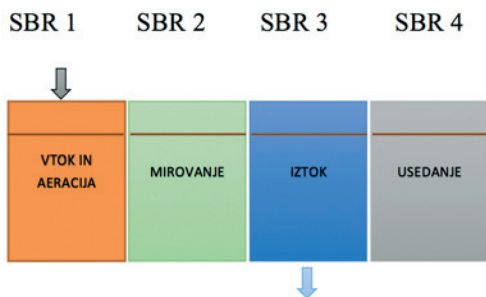
2. OPIS STANJA IN STRATEGIJE VODENJA

Na podlagi spremljanja procesnih parametrov, predvsem obremenitev po parametrih KPK, TN in pretok na vtoku ter predvidenih vrednosti teh parametrov v prihodnji polovici dneva ali enem dnevu, kot tudi vremenske napovedi morebitnih padavin se odloča tako o začetku kot trajanju izklopa linije v začasno mirovanje. Pogoj je, da so v tem času, ko gre linija v mirovanje, obremenitve na vtoku dovolj nizke, običajno je to ponoči, ob nedeljah, v času poletnih in zimskih dopustov, po padavinah, ko je pretok že nižji, vendar še vedno razredčen. S kontinuirnimi meritvami TOC, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ in TN se stalno spremlja, da so predpisane vrednosti nižje od dovoljenih za izpust čiščene vode v vodotok. Obdobja in čas obratovanja s tremi linijami se prilagaja tudi ostalim spremenljivkam, kot so letni časi in temperature odpadne vode, sestava odpadne vode, možnosti doseganja zadostne koncentracije raztopljenega kisika v fazi vtoka in aeracije, usedalnih lastnosti aktivnega blata ipd. S pridobljenimi izkušnjami zadnjih treh let je vodenje biološkega procesa postalo bolj stabilno in učinkovito.



Slika 2: Primer običajnega obratovanja s štirimi linijami SBR.

Vir: JP ČČN Domžale-Kamnik, d. o. o., 2021.



Slika 3: Primer občasnega obratovanja s tremi linijami SBR (fazi usedanja in iztoka potekata s presledkom na vsake tri cikle).

Vir: JP CČN Domžale-Kamnik, d. o. o., 2021.

Z izključitvijo ene linije SBR v mirovanje v času nižjih obremenitev se poveča F/M razmerje za okoli 25 %, s tem opazamo, da je vrednost F/M običajno zadostno zvišana, da ne prihaja do rasti nitastih mikroorganizmov pri prenizkih vrednostih F/M, kot opredeljuje specifična hitrost rasti mikroorganizmov v odvisnosti od koncentracije substrata za nitaste in flokotvorne mikroorganizme. Zelo pomembno je, da se zelo hitro opazijo prva povečanja števila filamentov v aktivnem blatu, ob tem pa takoj začne ukrepati in s tem preprečevati razrast. V našem primeru mora biti vrednost F/M vsaj 0,05 kg BPK₅/kg MLSS na dan.

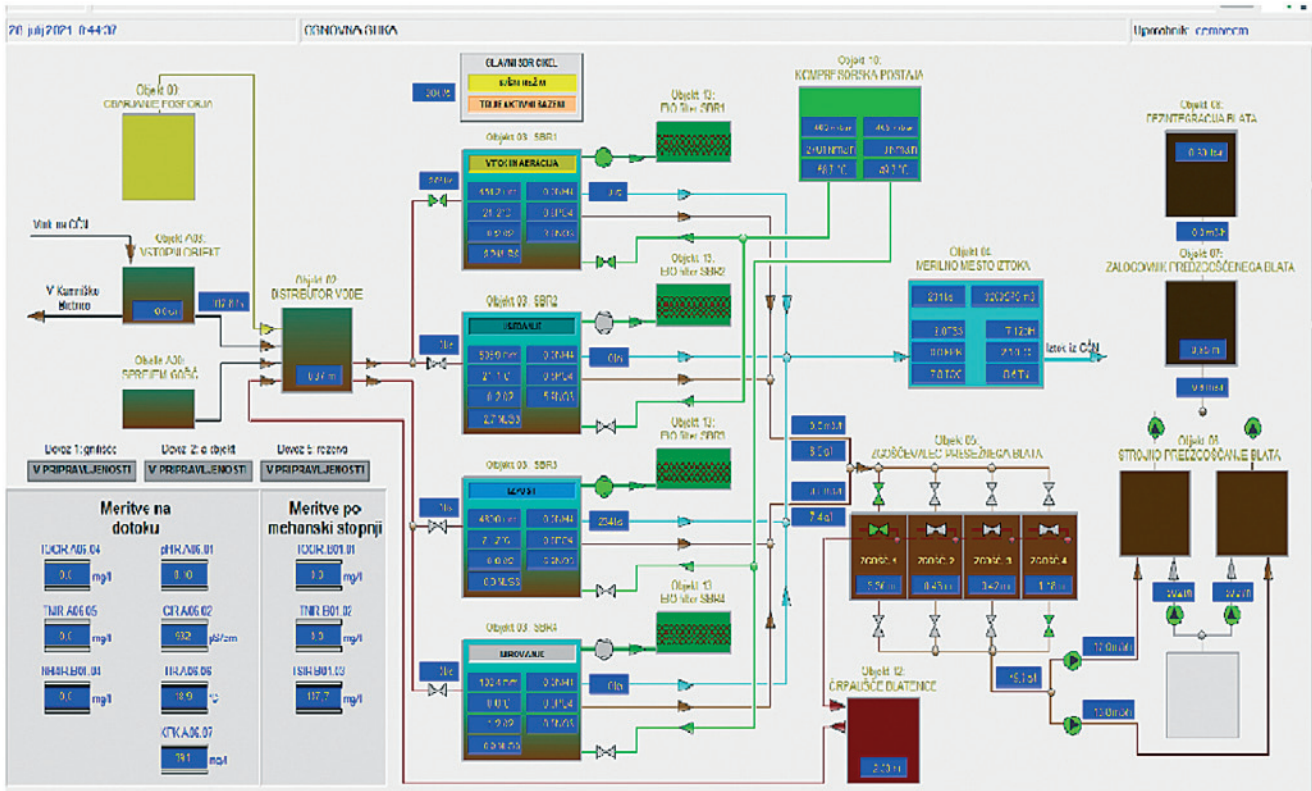
Za izboljšanje gradienta substratne obremenitve aktivnega blata se glede na obremenitve in za boljši potek procesa denitrifikacije v fazi vtoka in aeracije izvede ustrezno prezračevanje, čas tega pa je odvisen predvsem od parametra amonijskega dušika, tj. nitrifikacije, pri čemer ta ne sme presegati 3 mg/l. Računalniška aplikacija ozračevanja SBR omogoča nastavitve, s katerimi na podlagi spremljanja procesnih parametrov, predvsem obremenitev in iztočnih parametrov, izvajamo korekcije v nastavitvah trajanja in intenzitete ozračevanja.

Opis tehnično-tehnoloških zahtev za občasno delovanje s tremi linijami SBR:

- Posamezne linije se izključujejo iz obratovanja izmenjujoče, tako da posamezna linija SBR ni izključena več kot 16 ur. Predolga izključenost bi privedla do odmiranja mikroorganizmov in ob vnovični vključitvi do slabše aktivnosti.
- Ko se izključena linija znova vklopi v obratovanje, mora že v prvem ciklu sprejeti celoten dotok, s tem pa se prepreči možnost rasti nitastih mikroorganizmov zaradi nizke obremenitve.
- Sistem preklapljanja med štiri- in tribazenskim načinom obratovanja (kot tudi obratno) poteka po logiki časovne zaporednosti ciklov, v tribazenskem načinu delovanja so faze posameznih linij prilagojene in delujoče na osnovi logike štiribazenskega načina.
- Računalniško vodenje faz/ciklov SBR omogoča občasno obremenitev z dotokom, tj. hranjenje izklopljene linije po npr. 8-urnem mirovanju. Omogočeno je tudi odvajanje presežnega blata v zgoščevalce v vsakem ciklu.
- Računalniško vodenje omogoča tudi nastavljeni čas in intenziteto prezračevanja izključene linije v vsakem ciklu. S tem se preprečuje časovno predolgo trajanje anaerobnih pogojev, ki prevedejo do razpadanja biomase, nastanka neprijetnih vonjav in sproščanja fosforja ter amonijskega dušika.



- Pri občasnem delovanju z le tremi linijami SBR se prihrani tudi električna energija.
- Za občasno obratovanje s tremi linijami moramo predvsem v času nižjih temperatur zagotavljati ustrezno visoko starost blata, tj. zadostno količino nitrifikacijskih bakterij, kar omogoča predpisano stopnjo odstranjevanja celotnega dušika.



Slika 4: Osnovna shema biološkega dela ČN iz nadzornega sistema.

Vir: JP CČN Domžale-Kamnik, d. o. o., 2021.

Za preprečevanje čezmerne rasti nitastih mikroorganizmov je zelo pomembna vloga selektorja, ki je na CČNDK razdeljen na 10 manjših zaporedno vezanih con, v katerih je visoka koncentracija organskih snovi, kar daje flokotvornim bakterijam prednost oz. enakovreden dostop do hranil. Pogoji za dobro delovanje selektorja so spreminjajoči se parameter, ki vpliva na delovanje, obenem pa je stopnja obremenitve biomase v selektorju, ki naj bi bila v prvi coni anoksično delujočega/projektiranega selektorja 6 kg KPKt/kg MLSS d ter v naslednjih conah proporcionalno nižja, v aerobno delujočem/projektiranem selektorju v prvi coni pa kar 12 kg KPKt/kg MLSS. Meritve in izračuni za selektor pokažejo, da ta parameter v našem anoksično/anaerobno delujočem selektorju ni vedno dosežen, prenizek je v primeru razredčenega dotoka ob padavinah, ki vsebuje tudi veliko raztopljenega kisika, zaradi česar postane selektor v celoti aeroben, zlasti v času nizkih obremenitev na vtoku. Obremenitev biomase dodatno znižajo še višje koncentracije biomase v SBR in s tem v selektorju v času višjih starosti blata pozimi. V teh pogojih se skuša navedenemu parametru približati tako, da se zniža koncentracija biomase v selektorju in poveča breme, v osnovi na to najbolj vplivamo z občasnim nadzorovanim obratovanjem z le tremi linijami SBR, s tem dosežemo enkratno povečano obremenitev po KPK ob enkratnem zmanjšanju koncentracije biomase v selektorju. Pogoji za potek biokemij-

skih procesov v posameznih conah selektorja se spremljajo tudi z občasnimi meritvami redoks potenciala, ki se giblje od +150 do -200 mV. Predvsem v času deževnih razredčenih vtokov z visokimi koncentracijami kisika se kaže, da selektorji v teh obdobjih opravljajo svoje funkcijo zelo omejeno.

Na povečano rast nitastih mikroorganizmov na CČNDK v določenih obdobjih leta vpliva tudi povečana prisotnost lahko razgradljivih substratov na vtoku oz. z dovozi, ki izvirajo iz živilskopredelovalne industrije, industrije pijač in mesne industrije. Izpusti so običajno razporejeni neenakomerno/šaržno, kar še poslabšuje stanje.

Na problematiko usedanja blata, ki se odraža v povečanju VIB, se v krajših obdobjih leta pojavlja problem septičnih-zagnitih odpadnih voda oz. večje količine grezničnih gošč, ki se odraža v povečanju organskih kislin, predvsem acetatov, ki so prav tako lahko razgradljiv substrat. Pomembno je, da na sami čistilni napravi ne prihaja do zastajanja muljev in blata ter pri tem do anaerobne hidrolize.

Zazan vpliv na rast nitastih mikroorganizmov in povečano tvorbo EPS je bil tudi v krajših obdobjih, ko so koncentracije ortofosfata v SBR prenizke. Na podlagi meritev in sledenja procesnih parametrov se je ugotovilo, da pride do pomanjkanja nutrienta fosforja v biološkem procesu, ko se koncentracija spusti pod okvirno 0,4 mg PO₄-P/l. Vzrok je v nižjih koncentracijah na vtoku, v zelo dobrem biološkem odstranjevanju in procesnih pogojih ozračevanja. V teh obdobjih se koagulant za kemijsko obarjanje ne dozira ali pa se celo dodaja zunanji vir fosforja. Pomembno je, da ne prihaja do pomanjkanja le v določenih urah dneva.

Velikokrat se dva in več navedenih vzrokov pojavijo v istem časovnem obdobju, s čimer se pogoji za rast nitastih mikroorganizmov multiplicirajo in zato lahko v kratkem času prevladajo nad flokotvornimi bakterijami.

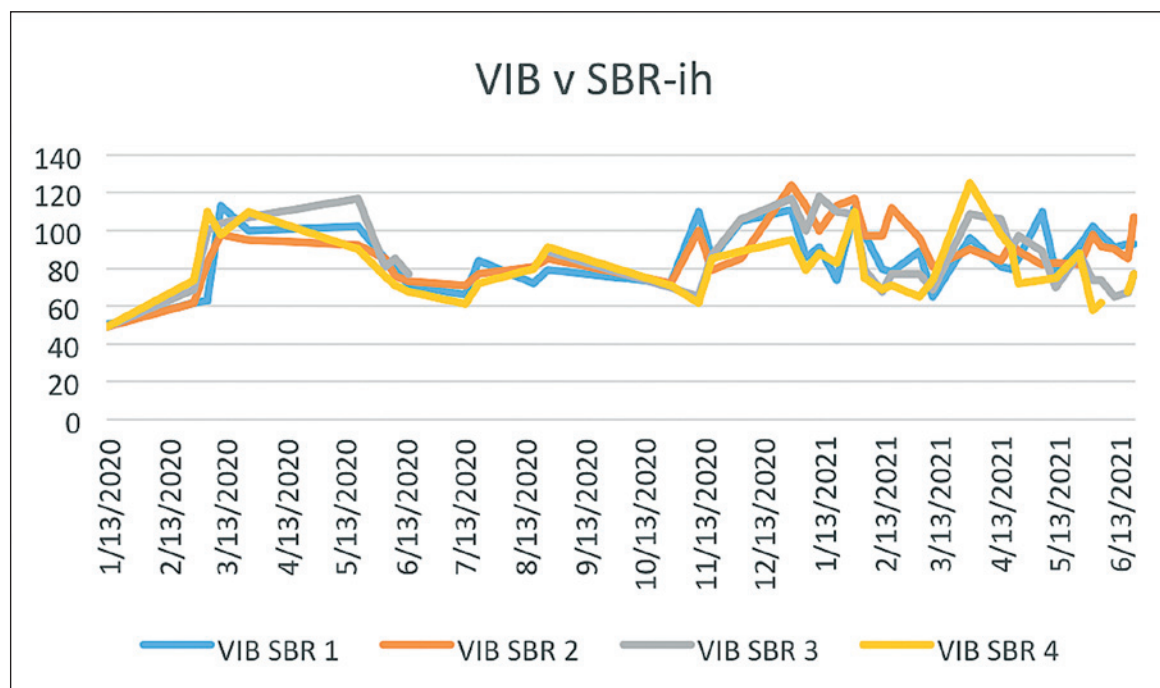
3. REZULTATI IN ZAKLJUČKI

Z opisanim vodenjem bioloških stopenj in upoštevanjem pridobljenih praktičnih izkušenj smo v zadnjih dveh letih dosegli zadosti stabilne usedalne lastnosti aktivnega blata, s procesnimi nastavitvami pa zagotavljali pogoje, ki so preprečevali čezmerno rast nitastih mikroorganizmov in hkrati zagotavljali rast flokotvornim bakterijam. Povprečni volumski indeks blata je bil okoli 80 ml/g, v obdobjih, ugodnih za nitaste mikroorganizme, pa večino časa pod 120 ml/g, kar omogoča dobro ločevanje aktivnega blata od čiščene vode, medtem ko so suspendirane snovi na iztoku večino časa nižje od 10 mg/l.

V času nižjih temperatur in s tem višjih starosti blata se zviša koncentracija blata, kar pomeni za približno 50 % več mase suhe snovi aktivnega blata v reaktorjih glede na poletje, posledično pa so vedenje in hitrosti usedanja slabše, kar se odraža v višjih volumskih indeksih blata.



Graf 1: VIB v SBR-ih za leti 2020 in ½ 2021.



Vir: JP CČN Domžale-Kamnik, d. o. o., 2021.

Dosežena stopnja nitastih organizmov do vključno 3/6 (filamenti v kosmih 1–5/kosem) v aktivnem blatu omogoča dobro odvodnjavanje/filtracijo v postopkih gravitacijskega in strojnega predzgoščanja kot tudi na dehidraciji blata po anaerobni digestiji. S tem je omogočeno doseganje visokih vsebnosti suhe snovi blata ob zmerni porabi flokulantov. Manjše so tudi količine odvečnega sekundarnega blata.

Z navedenimi vodenji in ozračevanju SBR linij v določenih urah dneva, ob koncu tedna oz. v obdobjih z nižjimi obremenitvami se prihrani od 15 pa vse do 30 % električne energije, večinoma na puhalih za ozračevanje.

Napredno vodenje prezračevanja z nastavljivim odmorom v fazi vtoka in aeracije izboljša učinkovitost procesa denitrifikacije ter s tem doseganje vrednosti skupnega dušika pod 10 mg/l.

Zelo pomembno je tudi dosledno uravnavanje starosti aktivnega blata glede na zunanje in notranje vplive/spremembe, skupna starost blata je od okoli 17 dni poleti in do okoli 33 dni pozimi, v vmesnih obdobjih pa se uravnava čim bolj zvezno v odvisnosti od razmer.

LITERATURA IN VIRI

1. Černivec, M., 2020. Nastanki problemov v procesu in obvladovanje čiščenja odpadne vode na CČNDK. Diplomsko delo višje strokovne šole ERUDIO.
2. Jenkins, D. in Wanner, J., 2013. Activated sludge – 100 years and counting. IWA Publishing, London.
3. JP CČNDK, 2019. Poročilo o delu CČNDK za leto 2019, Interno poročilo.
4. JP CČNDK, 2020. Poročilo o delu CČNDK za leto 2020, Interno poročilo.

5. Mangrum, C., 1998. The effect of anoxic selectors on the control of activated sludge bulking and foaming, Master thesis. Falls Church, Virginia.
6. Marten, B., 2014. Controlling activated sludge bulking & foaming: From theory to practice. Donohue, 38th annual conference Grand Rapids.
7. Richard, M., 2003. Activated sludge microbiology problems and their control. Presented at the 20th Annual USEPA national operator trainers conference Buffalo, NY.
8. Salihović, E., 2019. Effects of wastewater quality and operating parameters on the sludge settleability. EWT Wassertechnologie GmbH AT, Report for WWTP Domžale Kamnik.
9. Tandoi, V., Jenkins, D. in Wanner, J., 2006. Activated sludge separation problems. London. IWA Publishing.



MALE KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE ŠE VEDNO PREDSTAVLJAJO ŠTEVILNE IZZIVE

mag. MOJCA VRBANČIČ¹, SIMONA VIRŠEK²

Povzetek

Male komunalne čistilne naprave so naprave z obremenitvijo, manjšo od 2.000 PE, in pomembno prispevajo k zmanjševanju obremenjevanja okolja. Nehote jih delimo tako na tiste, ki so manjše od 50 PE in so v lasti ter upravljanju posameznikov, največkrat lastnikov hiš, kot na tiste, ki so enake ali večje od 50 PE in so v javnem upravljanju. Značilne karakteristike manjših komunalnih čistilnih naprav so velike razlike v dotoku odpadne vode in visoke koncentracije parametrov onesnaženja z velikim nihanjem čez dan. Zato so za manjše naprave obvezni predvsem enostavna, robustna in stabilna zasnova, tehnologija, ki omogoča enostavno obratovanje in vzdrževanje naprave, ter večji volumni.

V prispevku se dotikamo nalog in konkretnih izkušenj, prikazanih z analizami za male komunalne čistilne naprave zmogljivosti do 50 PE kot tistih nekoliko večjih naprav, ki jih imamo v upravljanju. Prav ta ruralna območja nam predstavljajo izzive že v začetku, ko se odločamo o tem, kako in na kakšen način se lotiti opremljanja. So zakonske zahteve z vseh vidikov nasploh razumljive in ali jih je mogoče izpolniti? Je zakonodajna zahteva, da morajo imeti male komunalne čistilne naprave do 50 PE, če se te nahajajo v veliki aglomeraciji, zagotovljeno terciarno stopnjo čiščenja, sploh smiselna, izvedljiva in/ali je z vidika, ki narekuje, da morajo biti komunalne storitve dostopne vsem pod enakimi pogoji, načelna?

Ključne besede: mala komunalna čistilna naprava, pregled malih komunalnih čistilnih naprav do 50 PE, prve meritve, roki in pogoji opremljanja, zakonodaja.

Abstract

Small WWTPs are plants with capacity up to 2,000 PE. Rural wastewater management is still a challenge and make an important role to reduce the pollutions of the environment. In Slovenia, we divide them into WWTPs that are smaller than 50 PE, maintain of those is usually in owners hand, and bigger one (from 50 to 2,000 PE), that are public. Typical characteristics of smaller WWTPs are large differences in inflow and high concentration. Therefore, for smaller devices, a simple, robust and stable technology with easy operation

1 Mag. Mojca Vrbančič, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., JAVNO PODJETJE VODOVOD KANALIZACIJA SNAGA, d. o. o.

2 Simona Viršek, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., JAVNO PODJETJE VODOVOD KANALIZACIJA SNAGA, d. o. o.

and maintenance of the device, and larger volumes of basins, are needed. And what we also need is clear legislation.

Keywords: first measurements, legislation, small wastewater treatment plant, small WWTP inspection up to 50 PE, terms and conditions.

1. UVOD

Male komunalne čistilne naprave (v nadaljevanju MKČN) so komunalne čistilne naprave z zmogljivostjo čiščenja do 2.000 PE. MKČN z zmogljivostjo do 50 PE so v vzdrževanju in upravljanju posameznikov, največkrat lastnikov objekta, medtem ko so MKČN velikosti 50 PE in več del javne kanalizacije. Na njih prav tako kot na vseh večjih komunalnih čistilnih napravah (v nadaljevanju KČN) potekata mehanska in biološka stopnja čiščenja. Fosfor v največ primerih še vedno odstranjujemo kemijsko z obarjanjem. Nam, izvajalcem javnih služb, so dodeljene zakonske naloge na celotnem področju. Na območjih, kjer (še) ni zgrajene javne kanalizacije, se komunalna odpadna voda odvaja v greznice oz. MKČN. V zvezi s tem smo zadolženi za vodenje evidenc, obveščanje uporabnikov, prevzem blata in redne preglede MKČN ter pripravo poročila. Na območju, kjer je zgrajen javni kanalizacijski sistem, pa za vzdrževanje in obratovanje tega.

Zakonodajne usmeritve so velikokrat nejasne in si jih pravzaprav lahko razlagamo na več načinov. Opremljanje ruralnih območij je ključno, še pomembneje pa je to infrastrukturo v nadaljevanju tudi vzdrževati. Slabo prečiščena oz. neočiščena odpadna voda prinaša v okolje nešteto organskih onesnaževal, hrani in strupenih snovi (npr. patogene mikroorganizme, mikroonesnaževala z akutno ali kronično strupenostjo, obstojne snovi, rakotvorne, mutagene ali teratogene kemikalije, endokrine moteče snovi) (Langergraber, 2021). Urbana in ruralna območja z neprimerno oskrbo odpadne vode so ena od pomembnejših dejavnikov onesnaženja površinskih voda s točkovnimi viri (Langergraber, 2021).

2. OPREMLJANJE MANJŠIH OBMOČIJ POSELITVE

2.1 Opremljanje aglomeracij, manjših od 2.000 PE

Aglomeracija določa območje, kjer je poseljenost in/ali gospodarska aktivnost zgoščena v takšni meri, da je možno zbiranje odpadne vode in odvajanje v KČN ali končno mesto izpusta.³ Izražena je v populacijskih ekvivalentih na hektar (PE/ha). V aglomeraciji se prednostno načrtuje in gradi javno kanalizacijo, obstajajo pa izjeme, navedene v nadaljevanju. V letu 2019 so bile s spremembami in dopolnitvami Uredbe o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode⁴ (v nadaljevanju uredba) sprejete nove aglomeracije.

3 Direktiva sveta z dne 21. maja 1991 o čiščenju komunalne odpadne vode (91/271/EGS).

4 Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Uradni list RS, št. 98/15, 76/17 in 81/19.



Za skupino objektov, ki so v aglomeraciji manjši od 2.000 PE, se lahko zagotovi opremljanje z MKČN enako ali večjo od 50 PE, če (19. člen uredbe):

- bi priključitev teh objektov na javno kanalizacijsko omrežje aglomeracije povzročila več kot trikrat večje stroške glede na stroške opremljanja z MKČN za to skupino objektov;
- je taka MKČN del javne kanalizacije in jo upravlja izvajalec javne službe;
- je v tej MKČN zagotovljeno čiščenje oz. dodatna obdelava v skladu z zahtevami uredbe.

Za posamezne objekte ali skupine objektov je možno tudi v aglomeraciji predvideti individualne rešitve z MKČN do 50 PE (izjemoma tudi nepretočne greznice), če so izpolnjeni pogoji, da bi dolžina kanalizacijskega priključka presegala dolžino 100 m ali gradnja kanalizacijskega priključka tehnično ni izvedljiva ali bi gradnja kanalizacijskega priključka povzročala nesorazmerne stroške glede na koristi za okolje. Šteje se, da so stroški gradnje kanalizacijskega priključka nesorazmerni glede na koristi za okolje, če zaradi naravnih ovir (npr. vodotok, nasprotni nagib terena, geološke značilnosti terena) ali tehničnih vzrokov (npr. tlačni vod javnega kanalizacijskega omrežja) stroški gradnje ali priključitve več kot trikrat presegajo povprečne stroške gradnje primerljivega priključka na javno kanalizacijsko omrežje, kjer ni takih naravnih ovir ali tehničnih vzrokov ali več kot trikrat presegajo stroške opremljanja z MKČN (4. odstavek 19. člena uredbe).

Individualne rešitve so dopustne tudi **v aglomeraciji, manjši od 500 PE, z izdelano ekonomsko analizo**, na podlagi katere se ugotovi, da bi opremljanje z javno kanalizacijo povzročilo več kot trikrat večje stroške glede na stroške opremljanja z individualnimi ureditvami. Pri ekonomski analizi je treba upoštevati variante opremljanja z:

- enim javnim kanalizacijskim sistemom za celotno aglomeracijo;
- več javnimi kanalizacijskimi sistemi za skupine objektov v aglomeraciji, ki se opremljajo z MKČN z zmogljivostjo, enako ali večjo od 50 PE;
- ureditvami za posamezne objekte ali skupine objektov, kjer je obremenitev manjša od 50 PE.

Pri tem je treba upoštevati stroške in koristi vsake od obravnavnih variant v ekonomski dobi investicije ob smiselni uporabi določb predpisa, ki ureja enotno metodologijo za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju financ (19.a člen uredbe).

Individualna ureditev za posamezni objekt je dopustna tudi, kadar gre za začasno rešitev do izgradnje javne kanalizacije, medtem ko opremljanje zemljišča z javno kanalizacijo ne poteka sočasno z gradnjo objekta.

Po izgradnji javne kanalizacije je obvezna priključitev v šestih mesecih, uporabnik pa mora na svoje stroške izključiti iz sistema obstoječo greznico oz. MKČN.

2.2 Opremljanje območij izven aglomeracij

Lastnik objekta mora na območju izven aglomeracije zagotoviti (21. člen uredbe):

- odvajanje komunalne odpadne vode v javno kanalizacijo – če je dolžina kanalizacijske-

ga priključka manjša od 100 m, je tehnično izvedljivo in ni nesorazmerno visokih stroškov (to predstavlja prioriteto pred vsemi ostalimi individualnimi rešitvami, navedenimi v nadaljevanju);

- čiščenje v MKČN do 50 PE:
 - netipske MKČN – mejne vrednosti morajo biti v skladu s predpisanimi vrednostmi za primerno čiščenje;
 - tipske MKČN – iz izjave o lastnostih mora biti razvidno, da učinek čiščenja dosega 80 % glede na parameter KPK.

Namesto MKČN lahko lastnik zagotovi čiščenje komunalne odpadne vode tudi v enoti za mehansko čiščenje – predizdelana pretočna greznica (SIST EN 12566-1), na mestu vgradnje sestavljena pretočna greznica (SIST EN 12566-4), lahko pa tudi v enoti za nadaljnje čiščenje, filtracijo in infiltracijo po standardih: SIST EN 12566-6 – (predizdelana enota za čiščenje komunalne odpadne vode), če gre za neposredno odvajanje v vodotok ali posredno v podzemne vode, SIST-TP CEN/TR 12566-5 (filtrirna naprava za predčiščene hišne odpadne vode), če gre za neposredno odvajanje v vodotok ali SIST-TP CEN/TR 12566-2 (sistemi za infiltracijo v tla), če gre za posredno odvajanje v podzemno vodo.

Drugi izjemni primeri, ki jih dovoljuje uredba na območju izven aglomeracije, so:

- lastnik eno- ali dvostanovanjske stavbe ali stavbe za kratkotrajno nastanitev brez restavracije ali druge gostinske stavbe za kratkotrajno nastanitev, kjer oskrba s pitno vodo iz javnega vodovoda ni zagotovljena, lahko za komunalno odpadno vodo iz te stavbe zagotovi čiščenje v MKČN do 50 PE, ki je sestavljena iz enote za mehansko čiščenje (pretočna greznica), iz katere se odpadna voda odvaja prek enote za nadaljnje čiščenje, filtracijo ali infiltracijo in ki ustreza predpisanim pogojem iz uredbe;
- lastnik objekta z obremenitvijo do 50 PE lahko za komunalno odpadno vodo iz tega objekta zagotovi zbiranje v nepretočni greznici, če so izpolnjeni pogoji, predpisani v uredbi (gre za prepoved odvajanja vode, posebne geografske razmere, objekt brez stalno zaposlenih oseb ipd.).

2.3 Roki opremljanja

Opremljenost manjših aglomeracij z javno kanalizacijo mora biti izvedeno do:

- **31. decembra 2021** za aglomeracije, enake ali večje od 500 PE in manjše od 2.000 PE, če gre za iztok v občutljivo območje (merila občutljivosti določa 5. člen uredbe) ali v vodo na prispevnem območju občutljivega območja ali v vodo na vodovarstvenem območju;
- **31. decembra 2023** za vse ostale aglomeracije na vseh območjih, večjih od 50 PE in manjših od 2.000 PE.



2.4 Opremljenost območij izven aglomeracij

Uporaba obstoječih pretočnih greznic, ki so bile v uporabi pred 14. decembrom 2002, je dovoljena do rokov za ureditev razmer, to je **do prve rekonstrukcije objekta**. Če lastniki hiš, za katere je bilo izdano gradbeno dovoljenje pred 14. decembrom 2002 in so na območju, kjer izgradnja javne kanalizacije ni predvidena, **nimajo urejenega odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode**, morajo to urediti do **31. decembra 2021**.

3. ZAKONODAJNA DOLOČILA ZA MKČN

Pri upravljanju in vzdrževanju MKČN so zlasti pomembna določila, ki izhajajo iz naslednjih zakonskih prepisov [1, 2, 3, 4]:

- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15, 76/17, 81/19) (v nadaljevanju **uredba**);
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 64/12, 64/14, 98/15) (v nadaljevanju **uredba o emisiji**);
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Uradni list RS, št. 94/14, 98/15) (v nadaljevanju **pravilnik**);
- Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda (Uradni list RS, št. 80/12, 98/15) (v nadaljevanju **uredba o okoljski dajatvi**).

Zaradi lažje preglednosti in strukture so zakonske določbe, vezane na upravljanje in vzdrževanje MKČN oz. izvajanje javne službe, v nadaljevanju opredeljene shematsko.

MALE KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE

MKČN je komunalna čistilna naprava z zmogljivostjo, manjšo od 2.000 PE. 3. člen uredbe o emisiji snovi

MKČN do 50 PE (MKČN < 50 PE) (tudi če se nahajajo v aglomeraciji; 41. člen uredbe) so individualne, v upravljanju posameznikov, največkrat lastnikov hiš.

MKČN od vključno 50 PE ($50 \text{ PE} \leq \text{MKČN} < 2.000 \text{ PE}$) so del javne kanalizacije, razen MKČN nad 50 PE, ki so izven meja aglomeracij.

Pri načrtovanju, gradnji, rekonstrukciji, obratovanju ali vzdrževanju komunalnih čistilnih naprav mora investitor ali upravljavec upoštevati lokalne podnebne in druge razmere tako, da naprava ob vseh sezonskih ali drugih nihanjih podnebnih razmer ali nihanjih obremenitve obratuje v skladu z vsemi zakonskimi zahtevami.

15. člen uredbe o emisiji

OKOLJEVARSTVENO DOVOLJENJE

Za MKČN do 50 PE ni zahtevan. (NE)

Za MKČN od vključno 50 PE je zahtevan samo v primeru odvajanja prečiščene odpadne vode:

- posredno v podzemno vodo (ponikanje),
- na vodovarstvenem območju in
- na vplivnem območju kopalnih voda.

27. člen uredbe o emisiji snovi

OBVEZNOSTI UPRAVLJAVCA MKČN DO 50 PE

- (1) Izvajalcu javne službe (IJS) omogočiti prevzem in odvoz blata.
- (2) IJS omogočiti pregled MKČN in predložiti zahtevane podatke o MKČN oz. predložiti analizni izvide.
- (3) Naročiti prve meritve in jih posredovati IJS ...

28. člen uredbe

POSLOVNIK ZA OBRATOVANJE

Za MKČN do 50 PE ni zahtevan. (NE)
Za MKČN od vključno 50 PE je zahtevan. (DA)

34. člen uredbe o emisiji snovi

OBRATOVALNI DNEVNIK

Za MKČN do 50 PE ni zahtevan. (NE)
Za MKČN od vključno 50 PE je zahtevan. (DA)

35. člen uredbe o emisiji snovi

OKOLJSKA DAJATEV ZA OBREMENJEVANJE OKOLJA:

MKČN do 50 PE: Zniža se naslednji mesec po datumu izdelave (1) poročila o prvih meritvah, iz katerega je razvidno doseganje predpisanih mejnih vrednosti emisije, (2) poročila o pregledu in je razvidno, da naprava obratuje v skladu z uredbo. Preneha se upoštevati naslednji mesec po roku, v katerem je treba izdelati poročilo o pregledu MKČN do 50 PE, pa to (1) ni v skladu z uredbo ali (2) analizni izvid presega mejne vrednosti.

4. člen uredbe o okoljski dajatvi

MEJNE VREDNOSTI so v Sloveniji določene glede na obremenitev aglomeracije ali zmogljivost ČN.

Parametri onesnaženosti	PRIMERNO ČIŠČENJE		SEKUNDARNO IN TERCIARNO ČIŠČENJE		
	Obremenitev aglomeracije ali zmogljivost ČN				
	< 50 PE	≥ 50 in < 2.000 PE	≥ 2.000 in < 10.000 PE	≥ 10.000 in < 100.000 PE	≥ 100.000 PE
KPK [mg/l]	200	150	125	110	100
BPK _s [mg/l]	(a)	30	25	20	20
Neraztopljene snovi			35	35	35
NH ₄ -N [mg/l]			10	10	10
Cel. N [mg/l]*			15	15	10
Cel. P [mg/l]*			2	2	1

(a) Mejna vrednost ni določena, meritev se izvede.

*Mejna vrednost velja pri zahtevanem terciarnem čiščenju.

OP.: Če se MKČN nahaja v veliki aglomeraciji, veljajo zanjo najstrožje zahteve terciarne stopnje čiščenja!

8. in 10. člen uredbe ter priloga 1

DODATNA OBDELAVA na vplivnem območju kopalnih voda v času kopalne sezone. Velja že za aglomeracije oz. MKČN ≥ 500 PE.

11. člen uredbe, mejne vrednosti so v prilogi 1, preglednici 4

uredbe

POGOSTOST MERITEV MKČN

Zmogljivost MKČN	Prve meritve [št. meritev med poskusnim obratovanjem]	Obratovalni monitoring [št. meritev/leto]	Čas vzorčenja [ure]
< 50 PE	1 meritev	/ ni predpisan	Trenutni vz.
≥ 50 PE < 200	2 meritvi	2 meritvi vsako drugo leto	2
≥ 200 PE < 1.000	2 meritvi	2 meritvi vsako leto	2
≥ 1.000 PE < 2.000	2 meritvi	3 meritve vsako leto	6

Priloga 1 spremembe pravilnika

PRVE MERITVE

Izvedejo se po zagonu naprave med 3. in 9. mesecem (9. člen pravilnika).

MKČN do 50 PE, predpisan obrazec (priloga pravilnika). Akreditiran lab. izda upravljavcu analizni izvid izmerjenih parametrov prečiščene odpadne vode. Upravljavec je dolžan v roku 30 dni po prejemu analiznega izvida posredovati IJS izpolnjen obrazec za prve meritve skupaj z analiznim izvidom.

20. člen pravilnika, 5. člen in priloga 2 sprememb pravilnika

OBRATOVALNI MONITORING

Za MKČN do 50 PE se NE zagotavlja (30. člen in 17. člen sprememb uredbe o emisiji snovi). Zagotavljajo se pregledi obratovanja s strani IJS, in sicer prvi pregled se izvede 1 leto po izvedenih prvih meritvah in v nadaljevanju na 3 leta.

ČEZMerno OBREMENJEVANJE OKOLJA

MKČN čezmerno obremenjuje okolje, če (1) 20 % izmerjenih, predpisanih vrednosti presega mejno vrednost, (2) ena izmerjena vrednost presega mejno vrednost za več kakor 100 %.

11. člen uredbe o emisiji snovi

OBVEŠČANJE O IZPADU OPREME IN ČEZMERNEM OBREMENJEVANJU

Izpad ali okvaro je treba prijaviti inšpekciji, pristojni za varstvo okolja gp.irsop@gov.si, in inšpekciji, pristojni za ribištvo irsko.mko@gov.si, na prispevnem območju kopalnih voda pa med kopalno sezono tudi ARSO zaradi obveščanja.

15. člen in 8. člen sprememb uredbe o emisiji snovi



PADAVINSKO ODPADNO VODO je prepovedano odvajati in čistiti v MKČN < 200 PE. 17. člen, 10. člen sprememb (2015) uredbe o emisiji snovi. Če se je padavinska odpadna voda odvajala v JK, ki je zaključena s $50 \leq$ MKČN < 200 PE pred decembrom 2015, se lahko odvaja še naprej.

17. člen, 26. člen sprememb (2015) uredbe o emisiji snovi

4. MALE KOMUNALNE ČISTILNE NAPRAVE

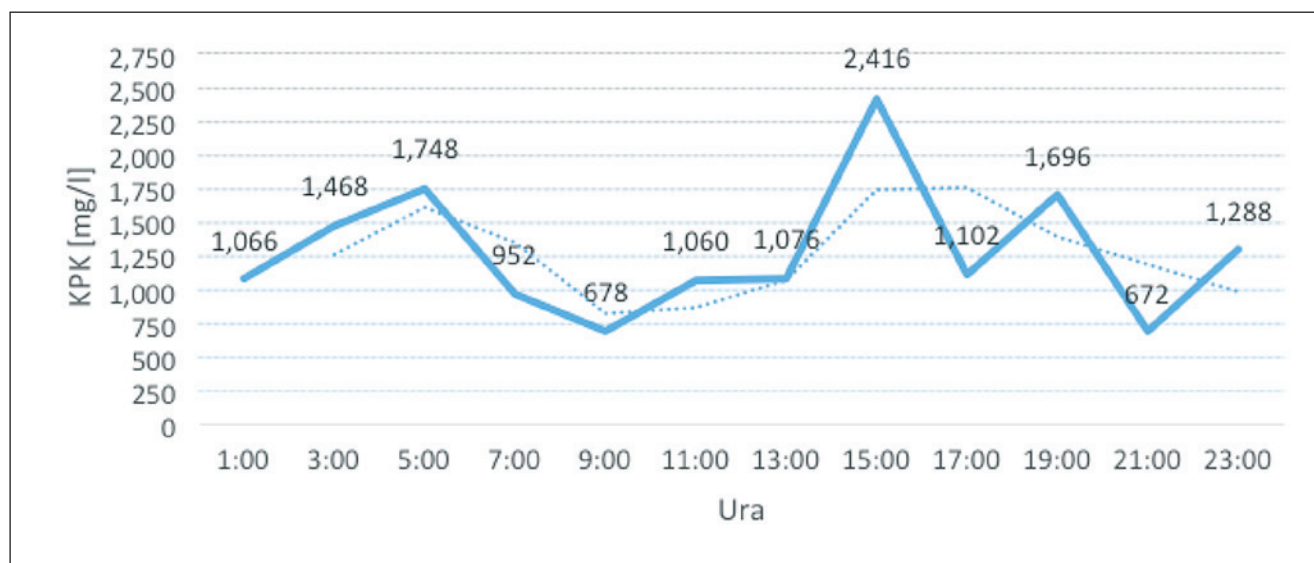
Čiščenje odpadne vode na komunalni čistilni napravi v osnovi delimo na mehansko in biološko čiščenje. Stopnje čiščenja na KČN:

- **primarno čiščenje:** primarno usedanje suspendiranih snovi v primarnem usedalniku;
- **sekundarno čiščenje:** odstranjevanje koloidnih in raztopljenih organskih spojin v odpadni vodi s pomočjo mikroorganizmov;
- **terciarno čiščenje:** odstranjevanje hraniv – dušika in fosforja iz odpadne vode.

Značilne karakteristike manjših MKČN so velike razlike v dotoku odpadne vode, visoke koncentracije parametrov onesnaženja z velikim nihanjem čez dan, kot je prikazano v nadaljevanju (Graf 1). V času izvajanja meritev je bilo na izbrano napravo priključenih 137 prebivalcev. Povprečna poraba vode na prebivalca je znašala 100 l/(P dan). Izmerjen pretok na MKČN ta dan je bil 12 m³, povprečna koncentracija KPK parametra pa 1.269 mg/l. Obremenitev na MKČN v tem dnevu je tako znašala 15 kg KPK/dan oz. izračunana obremenitev v populacijskih ekvivalentih pa 127 PE.

Kanalizacijsko omrežje, ki je speljano na male naprave, je kratko, sama koncentracija dotoka je odvisna še od količine porabljene pitne vode in vrste sistema.

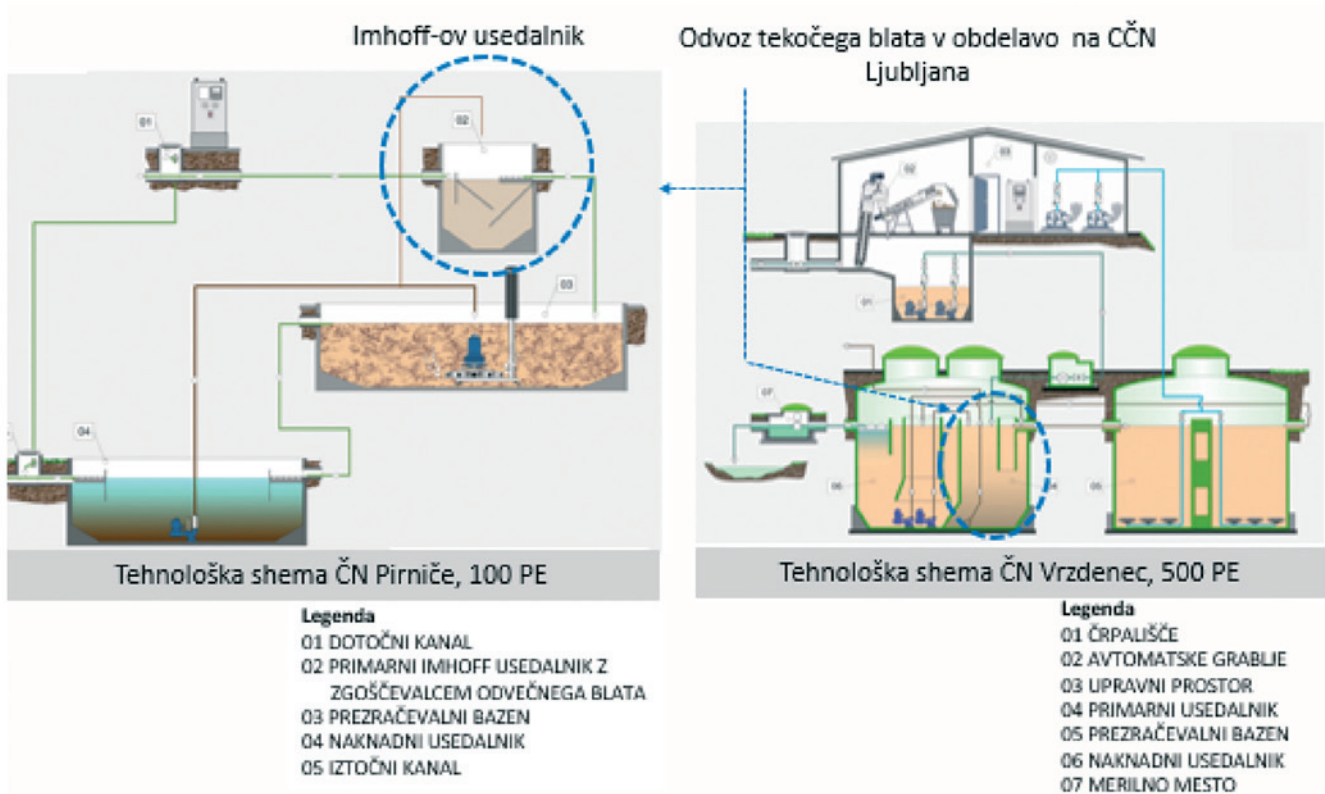
Graf 1: Izmerjene koncentracije parametra KPK dotoka odpadne vode na manjšo komunalno čistilno napravo v enem dnevu.



Za manjše naprave sta nujni predvsem enostavna, robustna in stabilna zasnova ter tehnologija, ki omogoča njihovo zanesljivo obratovanje in vzdrževanje. Pomemben je tudi volumen naprave. Ta naj bo večji, ker se na tak način blažijo nihanja v pretokih in koncentraciji. Tako bodo tudi nastale količine odvečnega blata manjše.

V JP VOKA SNAGA imamo trenutno v upravljanju 16 MKČN zmogljivosti od 50 do 2.000 PE. Na obstoječih manjših čistilnih napravah še vedno prevladuje tehnologija s suspendirano biomaso. V zadnjem času smo vgradili dve tipski napravi s pritrjeno biomaso (MBBR). Napravi zagotavljata zanesljivo obratovanje in enostavno vzdrževanje.

Pred biološkim čiščenjem na manjših napravah vgrajujemo predvsem usedalnik Imhoff (Slika 1), v katerem se učinkovito zadržijo maščoba in vsi mehanski delci pred biološkim čiščenjem. Te odpadke skupaj z odvečnim blatom občasno izčrpamo s strojem in odpeljemo v obdelavo na CČN Ljubljana. Pripeljano blato se na CČN Ljubljana obdela v gniliščih, kjer poteka anaerobna stabilizacija blata.



Slika 1: Tehnološki shemi obstoječih MKČN v upravljanju JP VOKA SNAGA, d. o. o.

Ilustracija: M. Praznik, JP VOKA SNAGA, d. o. o.

Smo v obdobju, ko se bodo opremljale aglomeracije pod 2.000 PE, zato velja resničen poziv k temeljiti proučitvi naprav (MKČN) pred njihovo gradnjo oz. vgradnjo. Zahteva naj se pregled že delujočih, ponujenih naprav, predvidi referenčne pogoje in mnenje upravljavca take že delujoče naprave. Na trgu obstaja nešteto tipskih proizvodov MKČN, ki ne zagotavljajo učinkovitega čiščenja odpadne vode, so pa cenovno bolj dostopni. Pri tem se stroški vzdrževanja in upravljanja nikakor ne smejo zanemariti.



4.1 MKČN z zmogljivostjo čiščenja do 50 PE

Na območju, kjer izvajamo javno službo, na letni ravni pregledamo in izdelamo poročila za več kot 500 MKČN do 50 PE. V aglomeracijah se danes, do predvidene izgradnje javne kanalizacije, nahaja 446 MKČN do 50 PE, od teh se jih 370 nahaja v aglomeraciji, večji od 100.000 PE. Vse imajo izdelane prve meritve in v nadaljevanju poročilo o pregledu obratovanja. Pri MKČN do 50 PE oz. tistih, ki so začele obratovati po letu 2015, bi morali v sklopu poročila o prvih meritvah izdelati poročilo o preskusu za vse parametre, ki veljajo tako za sekundarno kot tudi terciarno stopnjo čiščenja. Mejne vrednosti pri teh MKČN so enake mejnim vrednostim, kot veljajo za velike KČN. Posledično se na podlagi izmerjenih oz. preseženih parametrov določita skladnost obratovanja in ustrezno plačilo okoljske dajatve. Tudi subvencije občin so običajno vezane na poročilo o prvih meritvah; če naprava, ki se nahaja v aglomeraciji, ne dosega predpisanih mejnih vrednosti za terciarno stopnjo čiščenja, ni upravičena do sofinanciranja.

Za vse MKČN do 50 PE vodimo evidence in vse podatke skrbno arhiviramo že od leta 2008, ko smo začeli izdelovati takrat še ocene obratovanja. Vsaka MKČN do 50 PE ima svojo mapo. V njej so razvidni vsa zgodovina podatkov, vsi terenski pregledi in posledično izdana poročila. Proces izdelave poročila o pregledu MKČN do 50 PE zahteva strukturirano in dosledno delo. Prav tako vse preglede na terenu dokumentiramo. Iz vsake MKČN v merilni valj natočimo iztok prečiščene odpadne vode, ga slikamo za arhivsko dokumentacijo in po potrebi (približno 5 % vzorcev) odnesemo v laboratorij. Uporabnikom posredujemo v izpolnitev, skupaj s poročilom o pregledu MKČN, tudi vprašalnik o zadovoljstvu z opravljeno storitvijo.

Prve meritve za MKČN do 50 PE ne sodijo med naloge izvajalca javne službe. Akreditiran laboratorij vzorči iztok iz naprave in izvede analizi izvid zahtevanih parametrov. Upravljevec MKČN do 50 PE je dolžan v 30 dneh posredovati izpolnjeno poročilo o prvih meritvah skupaj z analiznim izvidom izvajalcu javne službe. Poročilo o prvih meritvah na območju, kjer izvajamo javno službo, izdelujemo v okviru posebne storitve. Za upravljavca MKČN je tako najlažje, mi pa pridobimo že v začetku vse potrebne podatke. Obenem menimo, da je obrazec prezahteven, da bi ga upravljevec MKČN do 50 PE, brez predhodno izvedenega usposabljanja, ki pa v naši državi tako ali tako ni predpisano, izpolnil sam.



Slika 2: Za vsako MKČN do 50 PE imamo svojo mapo, v kateri so zbrana vsa poročila in dokumenti. Vzpostavljeno imamo obsežno podatkovno tabelo, v kateri se vodijo vsi potrebni in zakonsko predpisani podatki.

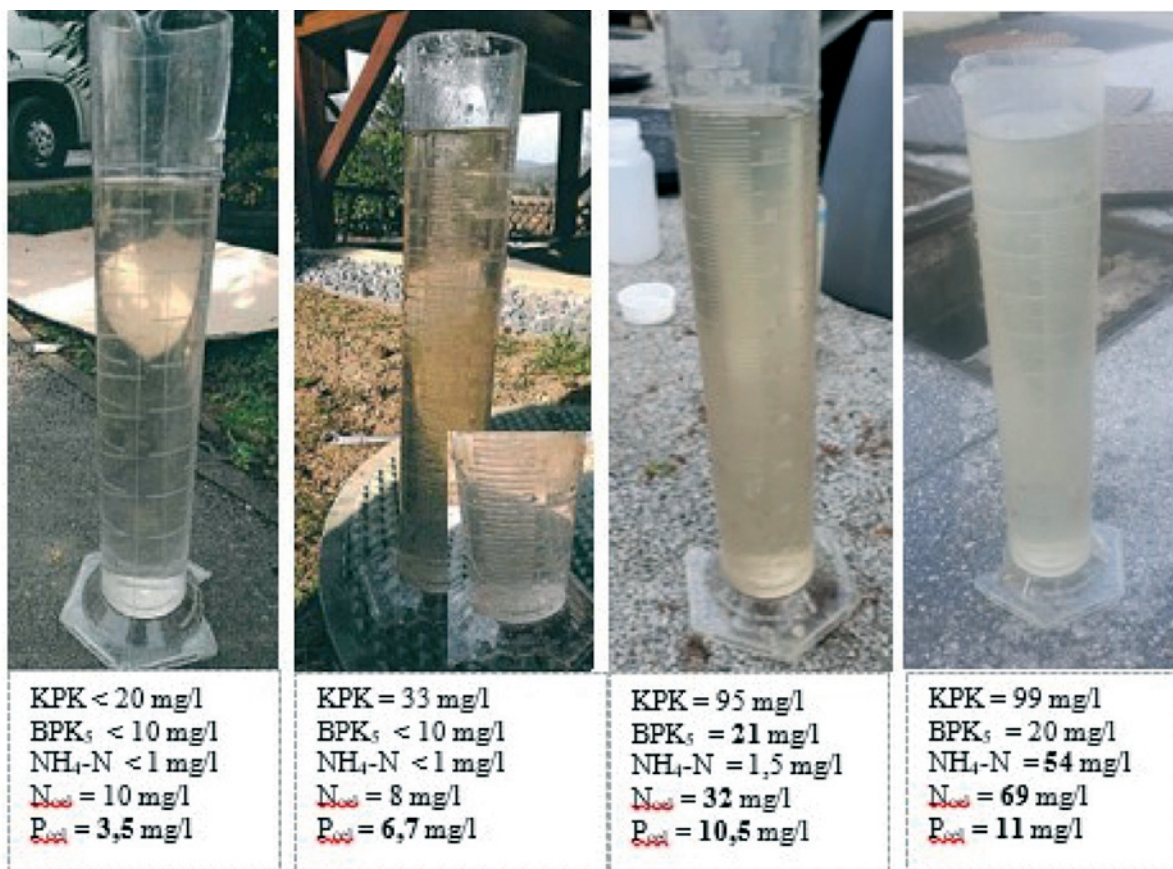
MKČN do 50 PE, ki se nahaja izven aglomeracije, mora zagotavljati primerno čiščenje. Mejna vrednost je v skladu z uredbo, ki je bila sprejeta konec leta 2015, določena zgolj za parameter KPK, medtem ko se parameter BPK_5 analizira, mejna vrednost zanj pa ni določena. Tako imamo danes za MKČN do 50 PE določeno na eni strani »milo« mejno vrednost, ki znaša 200 mg/l za parameter KPK, na drugi pa **povsem neracionalno in prestrogo zahtevo**, ki zahteva po letu 2015 za vse MKČN do 50 PE v aglomeracijah tudi terciarno stopnjo čiščenja tam, kjer je predpisana in pri tem povsem enake mejne vrednosti, kot veljajo za KČN reda velikosti aglomeracije. Za MKČN do 50 PE v odvisnosti od tega, kjer se MKČN nahaja, obstaja tako 8 možnih »sklopov« mejnih vrednosti.

V letu 2020 smo na območju izvajanja javne službe izdelali 89 prvih meritev za MKČN do 50 PE. Rezultati meritev za parameter KPK so po sklopih pregledno prikazani v Preglednici 1 v nadaljevanju.

Preglednica 1: Mejne vrednosti za parameter KPK MKČN do 50 PE.

Parameter/ vrednost	KPK ≤ 100 mg/l		100 < KPK ≤ 150 mg/l		150 < KPK ≤ 200 mg/l		200 < KPK ≤ 500 mg/l		KPK > 500 mg/l	
	KPK [mg/l]	BPK_5 [mg/l]	KPK [mg/l]	BPK_5 [mg/l]	KPK [mg/l]	BPK_5 [mg/l]	KPK [mg/l]	BPK_5 [mg/l]	KPK [mg/l]	BPK_5 [mg/l]
Povprečna vrednost	59	13	123	31	182	49	288	97	1.514	710
Min. vred.	21	10	105	13	170	27	203	41	520	258
Maks. vred.	100	13	148	79	198	80	424	208	2.661	1.304
Št. MKČN	43		13		11		19		3	

Za MKČN do 50 PE, ki se nahajajo v največji aglomeraciji – Ljubljana, moramo pri izdelavi prvih meritev analizirati vse parametre, ki veljajo za sekundarno in terciarno stopnjo čiščenja. Kljub temu da je na napravah vzpostavljeno brezhlebno sekundarno čiščenje in je iztok iz naprave resnično brez pomanjkljivosti, nobena ne zagotavlja ustreznega čiščenja v skladu z zakonodajo (Slika 3). Uporabniki, ki se ne morejo priključiti na javni kanalizacijski sistem in se nahajajo v večjih aglomeracijah, nikakor niso obravnavani enakopravno v primerjavi z drugimi, ki se priključijo na sistem. Obenem pa niso obravnavani enako kot tisti, ki se nahajajo na območju izven aglomeracije. Poleg tega bo takih, procentualno gledano, malo. Pri tem bi vsekakor morali upoštevati **načelo sorazmernosti, o tem govori tudi direktiva v 5. členu**.



Slika 3: Iztok prečiščene odpadne vode iz MKČN do 50 PE in izdelane meritve za terciarno stopnjo čiščenja.

V nadaljevanju se za MKČN do 50 PE eno leto po izvedenih prvih meritvah izdela poročilo o pregledu naprave in se nato izdeluje na vsaka tri leta. V sklopu izdelave poročila se izvede **vizualni pregled, ki pa z dejanskim delovanjem in samo kakovostjo iztoka prečiščene odpadne vode nima kaj dosti skupnega**. Bistvo vgradnje MKČN je predvsem kakovostno prečiščena komunalna odpadna voda, ki se odvaja v vodno telo, saj je zmanjšanje obremenjevanja z odpadno vodo ključnega pomena za zagotavljanje bivanja v zdravem okolju. Pri tem še pojasnimo, da terciarnega čiščenja vizualno resnično ne moremo določiti.

Vprašalnike o zadovoljstvu uporabnikov po opravljeni storitvi, povezani s pregledom MKČN do 50 PE, smo uporabnikom začeli pošiljati skupaj z izdelanimi poročili konec leta 2018. V praksi so se ti vprašalniki, poleg tega, da prejmemo neposredna mnenja uporabnikov in imamo tako priložnost izboljšanja storitve, izkazali kot izjemno dobro motivacijsko orodje za naše delo. Skoraj polovica vprašalnikov je vrnjenih in odgovorjenih.

4.2 Mejne vrednosti za MKČN

Direktiva mejnih vrednosti za KČN v aglomeracijah, manjših od 2.000 PE, ne obravnava. Terciarno čiščenje se predpisuje za KČN, večje od 10.000 PE.

Mejne vrednosti so se v Sloveniji v vseh letih večkrat spreminjale (zaostrovale), prav tako tudi pogoji, v odvisnosti od tega, kje oz. v kateri aglomeraciji se naprava nahaja in kam se odvaja prečiščena odpadna voda, glede na določena občutljiva območja. V nadaljevanju povzemamo mejne vrednosti za MKČN (Preglednica 2), ki veljajo v nekaterih državah Podonavja. Mednje spada tudi Slovenija.

Preglednica 2: Mejne vrednosti za MKČN v nekaterih državah Podonavja.

Država	Zmogljivost KČN [PE]	Parametri				
		KPK [mg/l]	BPK ₅ [mg/l]	TSS [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	P _{cel} [mg/l]
Avstrija	≤ 50	90	25	–	10 ¹	–
	51–500	75	25	–	5 ¹	–
	501–5.000	75	20	–	5 ¹	1 ²
Češka	< 500	150	40	50	–	–
	500–2.000	125	30	40	20	–
Madžarska	< 500	300	80	80	4	4
	500–2.000	200	50	75	4	4
Romunija	≤ 2.000	125	20	60	15	2
Srbija	≤ 600	–	80	100	–	–
	601–2.000	–	50	75	–	–
Slovaška	≤ 50	–	40	–	–	–
	51–2.000	135	30	30	–	–
Slovenija	< 50	200	–	–	–	–
	50–2.000	150	30	–	–	–
Ukrajina	≤ 2.000	80	15	15	0,39 [?]	–
Direktiva	> 2.000	125	25	35 ³	–	–

Vir: Langergraber, 2021.

¹ Omejitev za NH₄-N je vezana na temperaturo iztoka 12 °C za KČN < 5.000 PE.

² Za KČN > 1.000 PE.

³ Za KČN > 10.000 PE.

[?] Mejna vrednost ni logična (lasten komentar).

V splošnem ima za MKČN večina držav Podonavja predpisane mejne vrednosti za organska parametra KPK in BPK₅ ter ponekod tudi neraztopljene snovi (Preglednica 2) (Langergraber, 2021). Običajno so na manjših napravah mejne vrednosti za te parametre manj strožje določene, z izjemo Avstrije, kot so te mejne vrednosti opredeljene v direktivi za sekundarno stopnjo čiščenja na KČN, večjih od 2.000 PE. V Avstriji, na Madžarskem in Češkem imajo predpisano mejno vrednost tudi za NH₄-N za vse MKČN, z izjemo Češke, v kateri je ta parameter omejen za KČN, večje od 500 PE. Avstrija omejuje tudi celotni fosfor na KČN, večjih od 1.000 PE.

Mejne vrednosti za MKČN in preostale večje KČN pa v Sloveniji pravzaprav niso enoznačno določene, temveč se spreminjajo v odvisnosti od tega, v kateri aglomeraciji se naprava nahaja. Tako imamo možnih osem sklopov mejnih vrednosti, ki veljajo tudi za MKČN do 50 PE.



5. ZAKLJUČKI IN PREDLOGI

MKČN pomembno prispevajo k zmanjšanju obremenjevanja okolja, zato je potrebna skrbna, pazljiva izbira tehnologije in opreme, ki bo v nadaljevanju omogočala zanesljivo, učinkovito obratovanje ter vzdrževanje naprav.

MKČN naj bodo enostavne in robustne izvedbe, z majhnimi potrebami in zahtevami za vzdrževanje in obratovanje (Langergraber, 2021). Pred vgradnjo naprave se res dobro pozanimajte o njenem obratovanju pri upravljavcu, ki tako napravo že vzdržuje. Na trgu obstajajo naprave, ki ne zagotavljajo skladnega in učinkovitega čiščenja odpadne vode.

Mejne vrednosti so predpisane glede na velikost KČN oz. aglomeracije, kjer se te naprave nahajajo. Zadeve so postale nejasne in so sploh za MKČN do 50 PE prestrogo zastavljene. S spremembo aglomeracij leta 2019 so se zahteve tudi pri večjih MKČN čez noč spremenile, pri tem pa uredba⁵ ne predpisuje prehodnega obdobja, kot je ta predpisan v sedmem odstavku 5. člena direktive⁶, ki predvideva izpolnjevanje pogojev v sedmih letih. Tudi pri teh že obratujočih MKČN bi bilo treba upoštevati načelo sorazmernosti.

MKČN do 50 PE naj imajo enotne mejne vrednosti za parametra KPK in BPK_5 , ne glede na to, kje se taka naprava nahaja. Le tako bomo lahko zagotovili, da bodo storitve javne službe vsaj približno dostopne vsem pod enakimi pogoji in bodo tako uporabniki na celotnem območju enako obravnavani. Treba je upoštevati načelo sorazmernosti, ki je zapisano v četrtem odstavku 5. člena direktive.

Pri MKČN nad 50 PE predlagamo določitev mejne vrednosti za amonijev dušik; $NH_4-N \leq 10$ mg/l. Ta se lahko že danes s strani naročnika zahteva v razpisnih pogojih, čeprav zakonsko za primerno čiščenje ta parameter ni predpisan. Tako bo imela ponujena naprava tudi večje volumna.

Pri načrtovanju MKČN nad 500 PE oz. zagotovo nad 1.000 PE predlagamo, da se predvidi terciarna stopnja čiščenja, kljub temu da ta morda danes za tisto območje še ni predpisana. KČN se gradijo za daljše obdobje, pri čemer se mejne vrednosti in sami parametri zakonsko zelo pogosto zaostrejejo.

Poudarjamo pomen terenskega pregleda obratovanja MKČN do 50 PE ter pravilne in dosledne izdelave poročila o pregledu MKČN. Celotni proces pregledovanja MKČN do 50 PE naj bo ustrezno dokumentiran. Pri tem poudarjamo, da vizualni pregled z dejanskim delovanjem in samo kakovostjo iztoka prečiščene odpadne vode nima kaj dosti skupnega.

Vsekakor je treba predpisati in spodbuditi izobraževanje za upravljavce KČN (tudi MKČN do 50 PE). Znanje je ključnega pomena za stabilno in učinkovito delovanje ne samo čistilnih naprav, temveč celotnega kanalizacijskega sistema.

5 Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Uradni list RS, št. 98/15, 76/17 in 81/19.

6 Direktiva sveta z dne 21. maja 1991 o čiščenju komunalne odpadne vode (91/271/EGS).

LITERATURA IN VIRI

1. Direktiva sveta z dne 21. maja 1991 o čiščenju komunalne odpadne vode (91/271/EGS).
2. Langergraber, G., 2021. Institute of Sanitary Engineering and Water Pollution Control. Existing framework, status and analytic review on rural wastewater management in the Danube region. January 2021, Rural Wastewater Treatment Workshop.
3. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda. Uradni list RS, št. 94/14 in 98/15.
4. Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15.
5. Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Uradni list RS, št. 98/15, 76/17 in 81/19.
6. Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi odvajanja odpadnih voda. Uradni list RS, št. 80/12 in 98/15.



ČIŠČENJE KOMUNALNE ODPADNE VODE NA OBMOČJU RAZPRŠENE POSELITVE – NOVI PRISTOPI

SABINA SENICA¹, ALEŠ LEVIČAR²,
ŠPELA ARH MARINČIČ³, IZTOK AMERŠEK⁴

Povzetek

Razumevanje tehnologij čiščenja komunalnih odpadnih voda in poznavanje možnosti izbire individualnih malih komunalnih čistilnih naprav je ključnega pomena za njihovo ustrezno obratovanje. S projektom Učinkovito čiščenje odpadnih voda za ohranjanje vodnih virov, akronim VARUJVODO, smo občanom posavskih občin zagotovili brezplačno svetovanje, kjer prejmejo strokovne informacije glede izbire, vgradnje in vzdrževanja malih komunalnih čistilnih naprav. V sklopu projekta smo razvili malo komunalno čistilno napravo s filtrnim medijem. Deluje po načelu bioloških procesov, ki potekajo v naravi. Naprava je enostavna za upravljanje in vzdrževanje ter za delovanje ne potrebuje elektromehanske opreme. Prekrita je z zemljino in zatravljena s travinjem ter tako neopazna. Je pohodna, njena površina pa primerna za raznovrstne dejavnosti. Z vzpostavitvijo nove tehnologije čiščenja želimo s pristopom ekološkega inženirstva vzpostaviti individualni pristop k iskanju sonaravne rešitve za ohranjanje okolja in zdravja uporabnika.

Ključne besede: komunalna odpadna voda, ozaveščanje, pilotna mala komunalna čistilna naprava, razpršena poselitev, svetovalna pisarna, zaščita voda.

Abstract

Understanding municipal wastewater treatment technologies and having knowledge of the opportunity to choose individual small wastewater treatment plants is of key importance for their appropriate operation. With the »Efficient treatment of wastewater for the conservation of water resources« (VARUJVODO) project, we provided free consultation to the residents of the municipalities of the Posavje region, where they can receive technical information regarding the selection, installation and maintenance of small wastewater treatment plants.

1 Sabina Senica, mag. san. inž., Kostak, komunalno in gradbeno podjetje, d. d.

2 Aleš Levičar, mag. inž. energ., Kostak, komunalno in gradbeno podjetje, d. d.

3 Špela Arh Marinčič, univ. dipl. inž. grad., Kostak, komunalno in gradbeno podjetje, d. d.

4 Iztok Ameršek, dipl. san. inž., Aquaplant, zelene tehnologije, d. o. o.

As part of the project, we have developed a small wastewater treatment plant with a filtration medium that works according to the principles of nature-based processes. The plant is easy to use and maintain and does not need electromechanical equipment in order to operate efficiently. It is placed under the ground and covered with grass, blending with the environment and thus unnoticeable. It may be walked over and the surface is suitable for various activities. By implementing this new treatment technology, we wish to apply ecological engineering in order to establish an individual approach in seeking a nature-friendly solution for the preservation of the environment and the health of users.

Keywords: consultancy office, dispersed population, municipal wastewater, pilot wastewater treatment plant, raising awareness, water conservation.

1. UVOD

Stopnja urbanizacije, ki omogoča analitičen vpogled v gosto in redko poseljena območja za Slovenijo, prikazuje, da se 166 od 212 občin uvršča med redko poseljena območja ali podeželska območja (Eurostat, 2020). Obvezna opremljenost objektov z malimi komunalnimi čistilnimi napravami (MKČN) na območjih z razpršeno poselitvijo izven aglomeracij je v slovenskem pravnem redu opredeljena z Uredbo o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/15, 76/17, 81/19).

Družba Kostak, komunalno in gradbeno podjetje, d. d., je izvajalka gospodarske javne službe odvajanja in čiščenja odpadnih voda v občinah Krško ter Kostanjevica na Krki. V sklopu izvajanja aktivnosti nadzorov MKČN na terenu smo opazili veliko praznino pri poznavanju njihovega namena, kaj šele delovanja in možnosti izbire. Zaznali smo tudi, da zaradi pomanjkljivih informacij, ki so jih lastniki prejeli, veliko naprav ni obratovalo ustrezno, kar pa je posledično pomenilo, da kljub izvedenim investicijam lastnikov objektov namen ureditve odvajanja in čiščenja ni bil dosežen. Tako se je porodila ideja o skupnem pristopu k reševanju problematike, ki je za človeka tako zelo pomembna, tj. ohranjanje vodnega okolja, obenem pa je bil to tudi glavni povod za začetek projekta VARUJVODO.

V sklopu projekta smo v družbi Kostak razvili MKČN s filtrnim medijem. Naprava je produkt lastnega znanja in predstavlja novo tehnologijo čiščenja komunalnih odpadnih voda (KOV) v individualnih sistemih ter se neopazno in nemoteče vključuje v naravno okolje. Primarno vodilo pri načrtovanju je bilo upoštevati standarde skupine SIST EN 12566, doseganje predpisanih okoljskih standardov kakovosti za izpust očiščene KOV, enostavno upravljanje in vzdrževanje, uporaba materialov, pridobljenih v lokalnem okolju, ohraniti uporabo že obstoječih objektov (greznica), delovanje brez elektromehanske opreme ter raziskati možnosti ponovne uporabe očiščene KOV. Tehnologija združuje do zdaj uporabljene dobre prakse čiščenja odpadnih voda in izpolnjuje okoljske standarde kakovosti ter predpise s predmetnega področja.

V projektu VARUJVODO smo se povezali partnerji iz javnega, gospodarskega in nevladnega sektorja: Občina Krško, Kostak, komunalno in gradbeno podjetje, d. d., Javno podjetje Komu-



nala Brežice, d. o. o., Javno podjetje Komunala, d. o. o., Sevnica ter Zavod Svibna, regijski zavod za ohranjanje in trajnostni razvoj podeželja. Projekt je bil sofinanciran iz Evropskega kmetijskega sklada za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje.

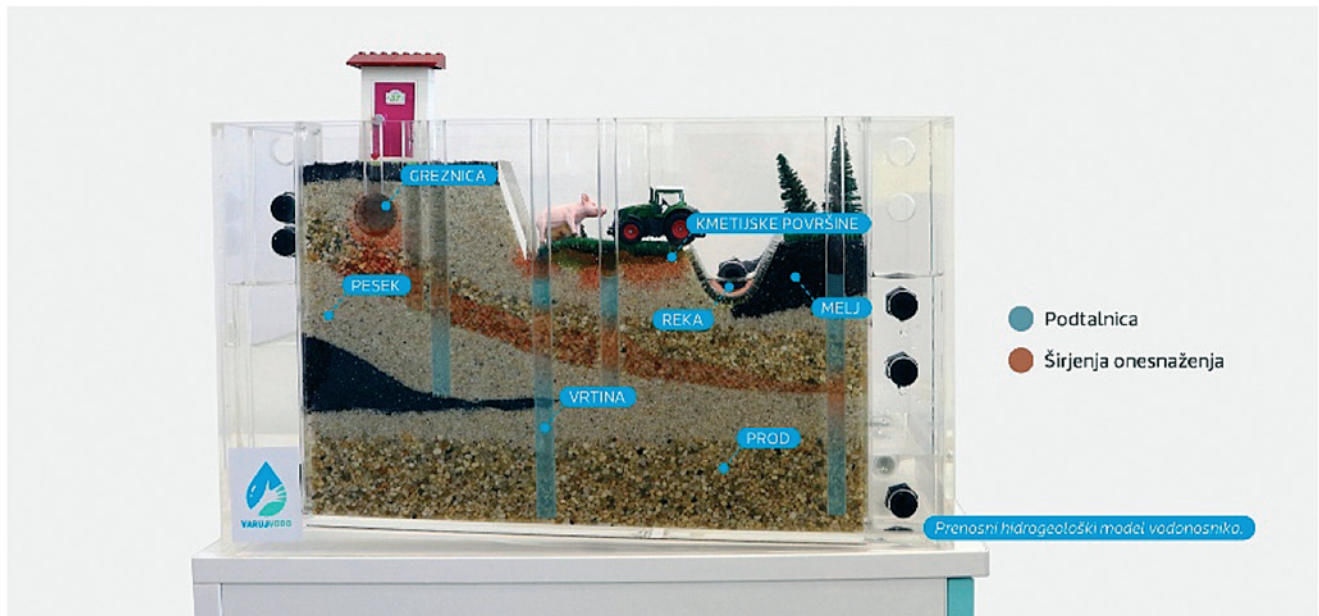
2. PROJEKT VARUJVODO

Projekt VARUJVODO je okoljsko naravnano, celotna vsebina pa je usmerjena k ohranjanju narave in okolja, osredotočena predvsem k zaščiti vodnih virov.

Najobsežnejša dejavnost projekta je ustanovitev svetovalne pisarne. Njen prvotni namen je bil občanom partnerjev projekta zagotoviti neodvisno brezplačno svetovanje, kjer prejmejo enovite in strokovne informacije glede izbire, vgradnje in vzdrževanja MKČN ter o pomenu čiščenja KOV z namenom varovanja vodnih virov, ekosistemov, okolja in narave. Pozneje so župani ostalih posavskih občin prepoznali in podprli njeno ustanovitev kot pravi korak v smeri iskanja najustreznejših rešitev za čiščenje odpadnih voda na območju razpršene poselitve. Tako smo svetovanje občanom uspeli razširiti na celotno območje Posavja. Za potrebe izvedbe svetovanj smo ustvarili novo delovno mesto, svetovalca, ki sodeluje pri vseh aktivnostih projekta. Svetovalna pisarna je začela delovati februarja 2019, od ustanovitve pa je bilo opravljenih že več kot 1.200 svetovanj. Opazen je porast povpraševanja po naravnih sistemih čiščenja KOV.

V sklopu projekta sta bili zgrajeni dve pilotni MKČN, ki smo ju razvili v družbi Kostak in Zavodu Svibna. Napravi sta produkt lastnega znanja in novosti v slovenskem prostoru. Delujeta lahko brez električne energije in sta večinoma zgrajeni iz materialov, pridobljenih v lokalnem okolju. Po izteku življenjske dobe naprav je posamezne gradnike možno reciklirati ali ponovno uporabiti.

Pridobili smo hidrogeološki model vodonosnika Krškega polja, ki omogoča prikaz naravnih fizikalnih procesov v vodonosniku, povezavo med površinskimi in podzemnimi vodami ter pomen poznavanja naravnih danosti za ustrezno izvajanje zaščite vodnih virov pred onesnaženjem. Prikazuje pot onesnaženja prek podtalne vode do virov pitne vode in vodotokov. Hidrogeološki model vodonosnika je prenosljiv (Geološki zavod Slovenije, 2019). Prikazan je na Sliki 1.



Slika 1: Hidrogeološki model vodonosnika.

Vir: Brošura Učinkovito čiščenje odpadnih voda za ohranjanje vodnih virov VARUJVODO.

Geološki stolpec, ki prikazuje kamninsko zgradbo tal v Sevnici, je prikazan na Sliki 2. Kamnine so v steber postavljene od najstarejših spodaj do najmlajših na vrhu. V sklopu projekta so bili postavljeni geološki stolpci v občinah Krško, Brežice in Sevnica.



Slika 2: Geološki stolpec v občini Sevnica.

Vir: Brošura Učinkovito čiščenje odpadnih voda za ohranjanje vodnih virov VARUJVODO.

V sklopu aktivnosti projekta so bile postavljene table na vodovarstvenih območjih na lokacijah, kjer so vidne za občane in obiskovalce Posavja. Z njimi smo želeli mimoidočim prikazati vodovarstvena območja, jih opomniti na obstoj sistema varovanja vodnih virov in njihovega pomena. Vodovarstvena območja so osnova za zagotavljanje varne oskrbe s pitno vodo. V neposredni bližini vodnih virov so omejitve zelo stroge. Vsaka dejavnost ali poseg v prostor, ki bi ogrožal kakovost ali količino vodnega vira, je prepovedana oz. omejena (Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja, Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16).



Vse pridobitve v sklopu projekta so namenjene lokalnim prebivalcem in obiskovalcem Posavja ter vsem, ki jih tematika zanima. Uporabljajo se predvsem pri predstavitvah učencem iz osnovnih in srednjih šol, s čimer se širi zavedanje o pomembnosti varovanja virov pitne vode pred onesnaženjem. V sklopu projekta smo pripravili raznovrstne aktivnosti osveščanja, kot so objave v medijih, tiskana in avdiovizualna izobraževalna gradiva, natečaja, delavnice za najmlajše, učence osnovnih in srednjih šol kot tudi drugo zainteresirano javnost. Nosilce kmetijskih gospodarstev in člane kmetij smo informirali o pomenu varovanja virov pitne vode pri kmetovanju ter skupaj razmišljali o možnosti ponovne uporabe očiščene komunalne odpadne vode in deževnice, predvsem za namakanje. Skupni namen vseh aktivnosti projekta je skozi vse generacije okrepiti ozaveščenost o ustreznem načinu čiščenja KOV, varovanju vodnih virov in mokrišč, gospodarni rabi vode, trajnostnem razvoju in sonaravnem načinu življenja. Vse aktivnosti svetovalne pisarne bomo izvajali do decembra 2023.

Povzetek izvedenih aktivnosti:

1. Ustanovitev brezplačne svetovalne pisarne za izbiro in obratovanje MKČN, ki jo podpira vseh šest posavskih občin.
2. Razvoj in postavitve dveh pilotnih MKČN.
3. Hidrogeološki model vodonosnika.
4. Geološki stolpci.
5. Informativne table na vodovarstvenih območjih.
6. Različna informativna in izobraževalna gradiva:
 - objave v lokalnih časopisih in ePosavje TV;
 - brošura, zloženci, kratki filmi, fotografska natečaja;
 - spletna stran www.varujvodo.si.

3. MALA KOMUNALNA ČISTILNA NAPRAVA S FILTRNIM MEDIJEM

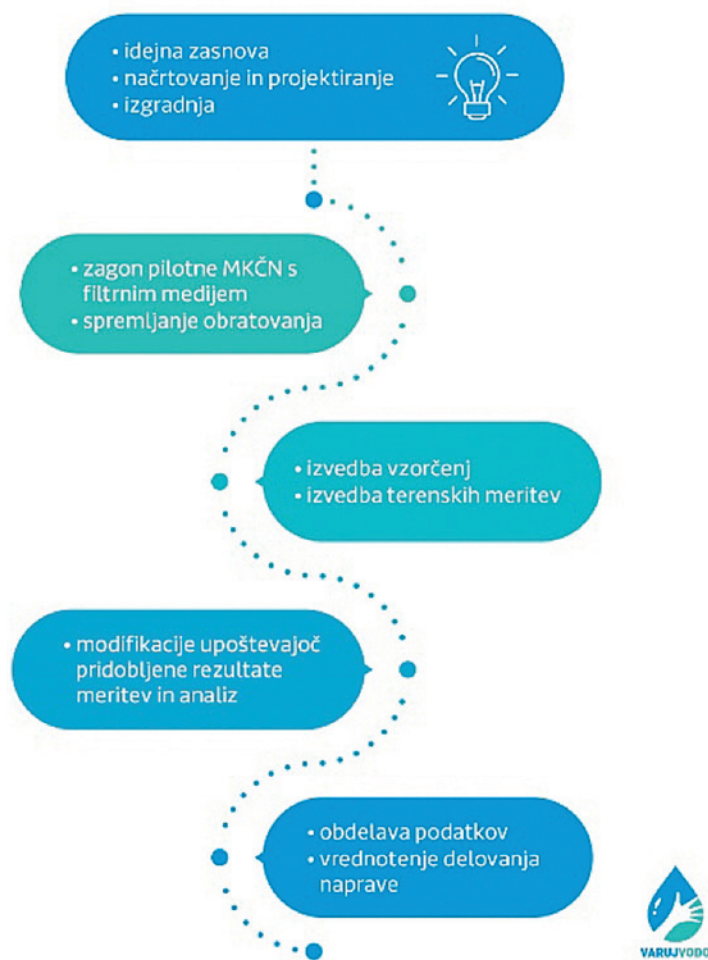
Za Slovenijo je značilen visok delež razpršene poselitve. Gradnja javnih kanalizacijskih sistemov na območjih razpršene poselitve zunaj aglomeracij ni predvidena. Izvedba odvajanja in čiščenja KOV je tako prepuščena lastnikom objektov, ki morajo za izgradnjo in pozneje upravljanje naprav poskrbeti sami.

3.1 Načrtovanje pilotne male komunalne čistilne naprave

Namen vzpostavitve nove tehnologije čiščenja KOV v MKČN je bil razviti sonaravno tehnologijo, ki je enostavna za upravljanje in vzdrževanje ter odporna proti zunanjim okoljskim dejavnikom. Za izgradnjo smo želeli uporabiti materiale, ki so pridobljeni v lokalnem okolju, ohraniti uporabo že obstoječih objektov za odvajanje in čiščenje komunalnih odpadnih voda (greznico), vzpostaviti delovanje brez uporabe elektromehanske opreme ter skozi tehnološki proces čiščenja KOV ohranjati hranila, predvsem dušik in fosfor, z namenom ponovne uporabe očiščene odpadne vode. Cilj pri načrtovanju je bil vključiti gradnike, ki jih je po izteku življenjske dobe naprave možno ponovno uporabiti ali reciklirati, z vgradnjo pod nivo terena pa smo

želeli ohraniti naravno okolje, v katerem je vgrajen filtrni medij naprave. V sodelovanju s podjetjem Aquaplant, zelene tehnologije, d. o. o. smo osnovali MKČN za čiščenje KOV na podlagi standardov skupine SIST EN 12566. Vključuje postopke sedimentacije, filtracije, precejanja in deluje po načelu tehnologije s pritrjeno biomaso. Želeli smo, da je površina čistilne naprave zatravljena, pohodna in primerna za raznovrstne aktivnosti.

Potek razvoja pilotne male komunalne čistilne naprave s filtrnim medijem



Slika 3: Potek razvoja pilotne male komunalne čistilne naprave s filtrnim medijem.

Vir: Lastni.

3.2 Opis pilotne male komunalne čistilne naprave

Izgradnja pilotne male komunalne čistilne naprave (pMKČN) je potekala v avgustu 2018. Z obratovanjem je začela konec septembra 2018. Pilotna MKČN z nazivno zmogljivostjo 6 populacijskih ekvivalentov (PE) čisti KOV iz pripadajočega enostanovanjskega objekta, lociranega v naselju Loke v občini Krško. Primarno čiščenje KOV smo izvedli v obstoječem dvoprekatnem in novozgrajenem enoprekatnem primarnem usedalniku. Delno očiščena KOV iz primarnega



usedalnika doteka v pulzni jašek, kjer se ob vklopu črpalke intervalno dovaja na filtrni medij pMKČN. Naprava lahko deluje s pomočjo težnosti, torej tudi brez elektromehanske in strojne opreme. Vgradnja črpalke na napravi je izvedena le za potrebe raziskovalnega dela. V pMKČN je vgrajen peščen filterni medij granulacije 2–32 mm in pridobljen v lokalnem okolju. Medij smo nasuli v pripravljeno gradbeno jamo, ločeno od okolja, s polietilensko folijo visoke gostote (PE-HD). Naprava s površino 13 m² je vgrajena pod nivojem terena, prekrita s humusno zemljino, kjer je zasajena mešanica travnatih rastlinskih vrst. Filtrni medij je v zgornjem sloju obdan s protiplevelno tkanino (geotekstil), ki preprečuje vdor zemljine v filtrni medij. Dotok primarno očiščene KOV je izveden v zgornjem sloju filtrnega medija pMKČN. KOV teče vertikalno skozi medij in se zbira v iztočnih perforiranih ceveh na dnu medija. Med nasutjem peščenega granulata in humusno plastjo zemljine so nameščene perforirane prezračevalne cevi PP premera 110 mm, ki so na vrhu zaključene z odzračnimi čepi. Ti preprečujejo vstop živalim v filtrni medij. Očiščena KOV prek pulznega jaška izteka do sekundarnega usedalnika volumna 1 m³, od tam pa se posredno odvaja v podzemno vodo (Aquaplant, 2018), skladno z Uredbo (2015). Izgradnja vseh elementov je potekala na mestu vgradnje. Prikaz lokacije filtrnega medija pMKČN je predstavljen na Sliki 4.



Slika 4: Pilotna mala komunalna čistilna naprava s filtrnim medijem.

Vir: Brošura Učinkovito čiščenje odpadnih voda za ohranjanje vodnih virov VARUJVODO.

3.3 Potek vzorčenja in meritev

Spremljanje obratovanja pMKČN je potekalo v dveh fazah. Prva faza raziskave je potekala v obdobju od decembra 2018 do junija 2020, medtem ko je druga še v teku in bomo njene rezultate predstavili v obdobju od julija 2020 do aprila 2021. Izvedba terenskih meritev se v prvi

in drugi fazi raziskave ne razlikuje. Izvedba laboratorijskih preskušanj v prvi fazi je obsegala 18 obratovalnih monitoringov v obsegu parametrov neraztopljenih snovi, KPK, BPK₅, amonij, nitrit, nitrat, celotni dušik, celotni fosfor, *E. coli* in koliformne bakterije, izvedenih v akreditiranem laboratoriju. Izvedba laboratorijskih preskušanj v drugi fazi raziskave je obsegala 10 obratovalnih monitoringov parametra KPK, izvedenih v internem laboratoriju družbe Kostak, s kivetnimi testi HACH. Prve meritve smo izvedli decembra 2018 po vzpostavitvi stabilnih obratovalnih razmer, po treh mesecih od začetka obratovanja pMKČN, skladno s Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Uradni list RS, št. 94/14 in 98/15). Na merilnih mestih smo odvzeli kvalificirane trenutne vzorce primarno očiščene KOV na vtoku v filtrni medij naprave in sekundarno očiščeno KOV na iztoku iz naprave. Spremljanje obratovanja pMKČN je potekalo v vseh letnih časih, skupaj 29 mesecev. Terenske meritve v obsegu parametrov temperatura, pH, električna prevodnost in vsebnost raztopljenega kisika v KOV smo izvajali dvakrat oz. enkrat tedensko. Izvedenih je bilo več kot 1.700 meritev. Fizikalno-kemijska preskušanja smo izvajali enkrat mesečno.

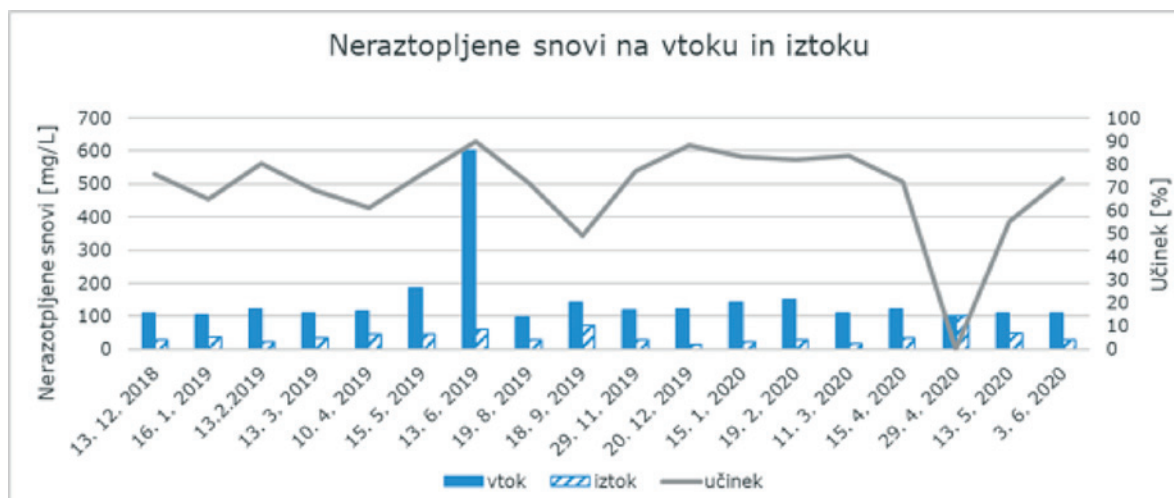
Terenske meritve smo izvajali 29 mesecev na vtoku in iztoku filtrnega medija pMKČN. Za izvedbo meritev smo uporabili digitalni dvokanalni multimeter HQ40d, HACH. Terenske meritve smo izvajali dvakrat tedensko med prvo fazo raziskave in enkrat tedensko med drugo fazo raziskave.

Porabo pitne vode enostanovanjske hiše smo spremljali z volumetričnim vodomermom Zenner DN 20-3/4" z moduli w-M-Bus. Dnevno zbiranje podatkov porabe smo zagotovili z radijskim oddajnikom AquaLink, kjer se podatki o porabi prenašajo prek radijskega (daljinskega) sistema v podatkovni center daljinskega nadzora. Poraba pitne vode je nihala od 230 do 580 L/dan. Povprečna dnevna poraba pitne vode v 29-ih mesecih spremljanja obratovanja je bila 394 L/dan.

Za potrebe ugotavljanja učinkovitosti obratovanja pMKČN smo izvedli hidravlično meritev dejanskega zadrževalnega časa z dodatkom NaCl v pulzni jašek, s čimer smo izrazito povečali električno prevodnost KOV na vtoku v filtrni medij naprave. Najvišjo vrednost električne prevodnosti KOV na iztoku smo izmerili po sedmih urah izvajanja meritev, kar predstavlja dejanski zadrževalni čas pMKČN. Meritve električne prevodnosti smo izvedli s prenosno laboratorijsko digitalno grafitno 4-polno prevodnostno celico s temperaturnim senzorjem CDC401 HACH.

3.4 Rezultati

Slika 5 prikazuje koncentracijo neraztopljenih snovi na vtoku in iztoku pMKČN v prvi fazi raziskave.

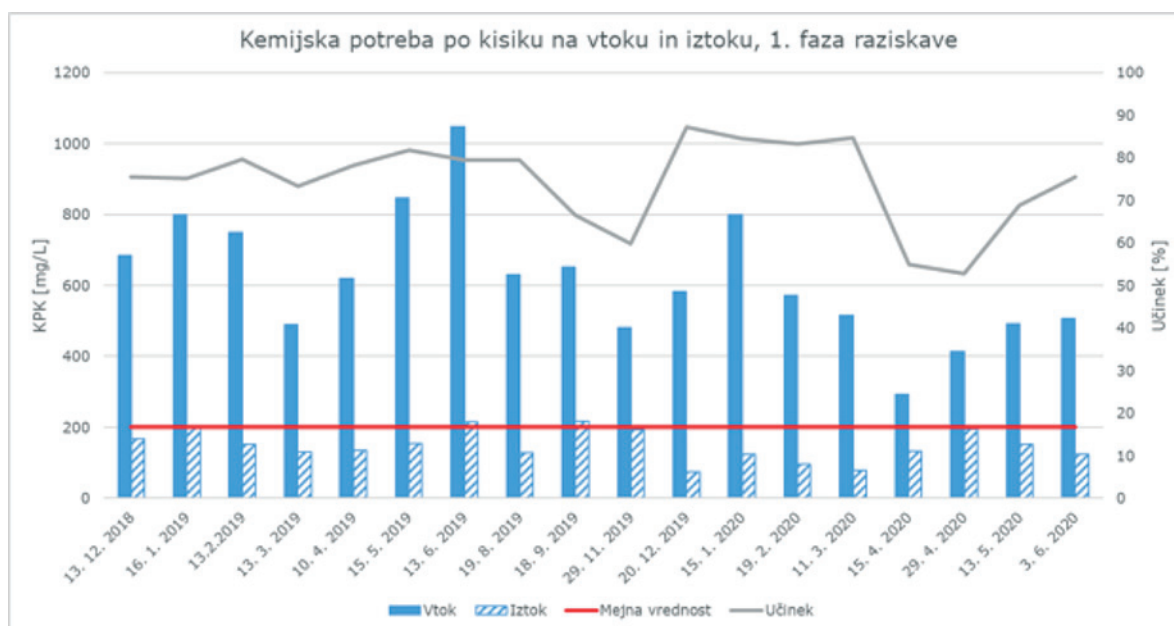


Slika 5: Koncentracija neraztopljenih snovi na vtoku in iztoku pilotne male komunalne čistilne naprave s prikazom učinka čiščenja.

Vir: Lastni.

Najvišja izmerjena koncentracija neraztopljenih snovi v KOV na vtoku je bila 600 mg/L, najnižja pa 97 mg/L. Najvišja izmerjena koncentracija na iztoku je bila 100 mg/L, najnižja pa 14 mg/L. Povprečni učinek čiščenja neraztopljenih snovi je bil 70-%.

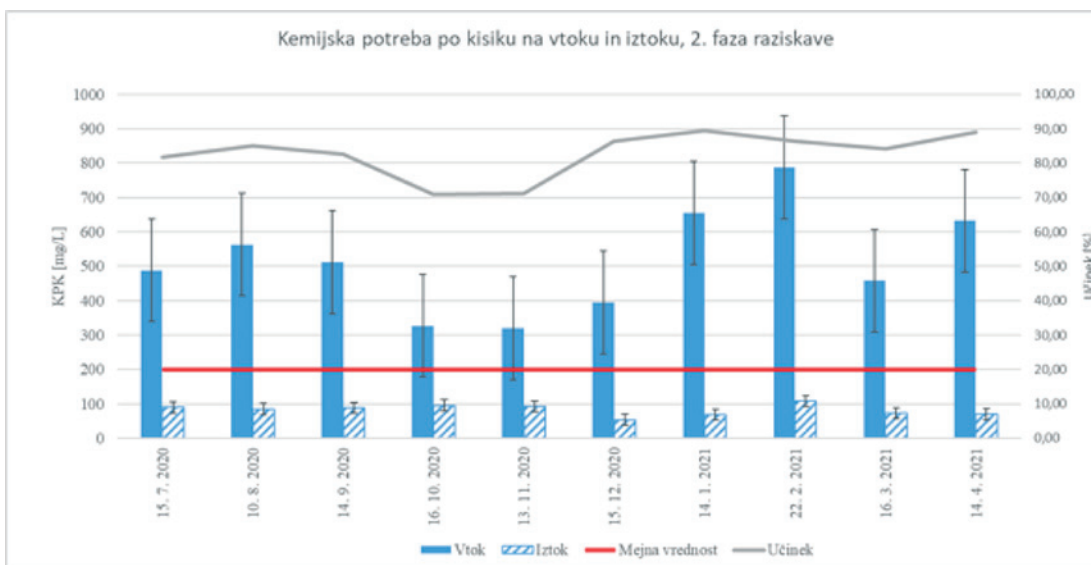
Slika 6 prikazuje koncentracijo KPK KOV na vtoku in iztoku pMKČN v prvi fazi raziskave, medtem ko Slika 7 koncentracijo KPK KOV na vtoku in iztoku pMKČN v drugi fazi raziskave.



Slika 6: Koncentracija kemijske potrebe po kisiku na vtoku in iztoku pilotne male komunalne čistilne naprave v prvi fazi raziskave s prikazom učinka čiščenja.

Vir: Lastni.

Najvišja izmerjena koncentracija KPK v KOV na vtoku v prvi fazi raziskave je bila 1.047 mg/L, najnižja pa 293 mg/L. Povprečna vrednost KPK na vtoku v prvi fazi raziskave je bila 621 mg/L. Najvišja izmerjena koncentracija na iztoku je bila 218 mg/L, najnižja pa 74 mg/L. Povprečna vrednost KPK na iztoku v prvi fazi raziskave je bila 149 mg/L. Mejna vrednost za izpust v okolje, skladno z Uredbo (2015), je 200 mg/L. Povprečni učinek čiščenja KPK v prvi fazi raziskave je bil 74-%.



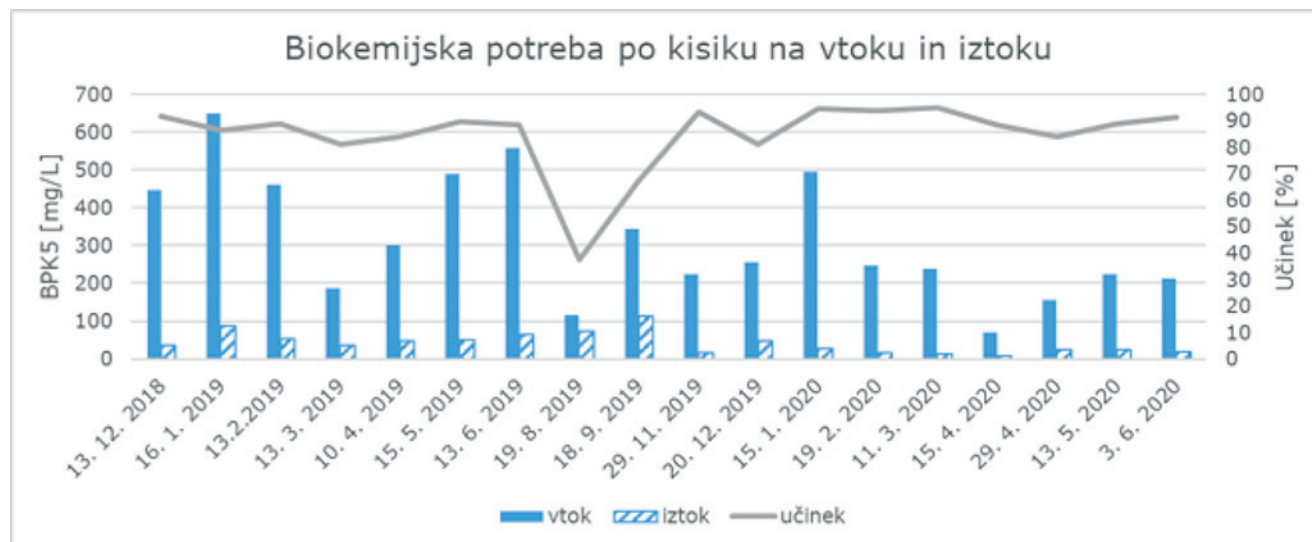
Slika 7: Koncentracija kemijske potrebe po kisiku na vtoku in iztoku pilotne male komunalne čistilne naprave v drugi fazi raziskave s prikazom učinka čiščenja.

Vir: Lastni.

Najvišja izmerjena koncentracija KPK v KOV na vtoku v drugi fazi raziskave je bila 788 mg/L, najnižja pa 320 mg/L. Povprečna vrednost KPK na vtoku v drugi fazi raziskave je bila 514 mg/L. Najvišja izmerjena koncentracija na iztoku je bila 108 mg/L, najnižja pa 54 mg/L. Povprečna vrednost KPK na iztoku v drugi fazi raziskave je bila 82 mg/L. Mejna vrednost za izpust v okolje, skladno z Uredbo (2015), je 200 mg/L. Povprečni učinek čiščenja KPK v drugi fazi raziskave je bil 83-%. Izboljššan učinek čiščenja v drugi fazi raziskave je posledica izvedene izboljšave.



Slika 8 prikazuje koncentracijo BPK₅ na vtoku in iztoku pMKČN v prvi fazi raziskave.



Slika 8: Koncentracija biokemijske potrebe po kisiku na vtoku in iztoku pilotne male komunalne čistilne naprave v prvi fazi raziskave.

Vir: Lastni.

Najvišja izmerjena koncentracija BPK₅ v KOV na vtoku v drugi fazi raziskave je bila 650 mg/L, najnižja pa 70 mg/L. Povprečna vrednost na vtoku je bila 315 mg/L. Najvišja izmerjena koncentracija na iztoku je bila 113 mg/L, najnižja pa 7 mg/L. Povprečna vrednost na iztoku je bila 42 mg/L. Povprečni učinek čiščenja BPK₅ v prvi fazi raziskave je bil 85-%.

V Tabeli 1 so prikazane povprečne vrednosti hranil, dušika in fosforja ter mikrobioloških parametrov na vtoku in iztoku pMKČN s prikazom povprečnega učinka čiščenja.

Tabela 1: Povprečne vrednosti celotnega dušika in fosforja ter mikrobioloških parametrov na vtoku in iztoku iz pilotne male komunalne čistilne naprave s povprečnim učinkom čiščenja.

Povprečne vrednosti	Parametri			
	Celotni dušik [mg/L]	Celotni fosfor [mg/L]	<i>Escherichia coli</i> [MPN/100 mL]	Koliformne bakterije [MPN/100 mL]
Na vtoku	156	16	940.333	60.088.009
Na iztoku	121	15	131.134	13.330.702
Učinek čiščenja	21 %	-2 %	81 %	80 %

Vir: Lastni.

Spremljanje vremenskih razmer smo zagotovili z vremensko postajo DAVIS Vantage Pro2 6152EU z datalogerjem WeatherLink in programsko opremo WsWin V2.97.10, ki sta locirani v Leskovcu pri Krškem, v oddaljenosti približno 1.700 m od lokacije pilotne naprave, na nadmorski višini 182 m (Slivšek, 2021). Meritve meteoroloških parametrov so obsegale: temperaturo zraka, zračno vlago in količino padavin. Povprečna mesečna vrednost temperature zraka se je med raziskavo gibala med 1 in 29 °C, povprečna vrednost zračne vlažnosti pa med 56 in 92 %. Največjo količino padavin je bilo zaznati v spomladanskih in poletnih mesecih, najmanj

pa pozimi, ko se je gibala med 2,4 in 205 L/m². Infiltracije padavinske odpadne vode v filtrni medij pMKČN z meritvijo električne prevodnosti nismo zaznali.

4. ZAKLJUČEK

Skupni pristop k reševanju problematike odvajanja in čiščenja KOV skozi projekt VARUJVODO se je izkazal kot učinkovit pristop ter primer dobre prakse v smeri iskanja rešitev za čiščenje KOV na območju razpršene poselitve.

Sonaravni sistemi čiščenja KOV imajo zaradi svoje robustnosti velik potencial na območjih z razpršeno poselitvijo (Griessler Bulc et al., 2016). Pilotna MKČN predstavlja novo tehnološko rešitev čiščenja KOV. Od ostalih sonaravnih rešitev se razlikuje predvsem v tem, da je podzemna oz. prekrita z zemljino, kar predstavlja izziv za zagotavljanje zadostne koncentracije raztopljenega kisika za potek aerobnih procesov čiščenja KOV. Na podlagi izvedenih meritev je razvidno, da naprava zadostuje zakonskim zahtevam za izpust očiščene odpadne vode v okolje, skladno z Uredbo (2015). Namen takšne MKČN je poleg robustnosti tudi enostavna izvedba, obratovanje in vzdrževanje. Pilotno MKČN smo načrtovali na način, da je omogočena izvedba vsakemu posamezniku pod strokovnim nadzorom z materiali, pridobljenimi večinoma v lokalnem okolju, s čimer smo prispevali tudi k trajnostnemu vidiku reševanja onesnaženosti odpadnih voda na območju razpršene poselitve. Naprava nima strojne opreme in jo lahko vsak lastnik vzdržuje sam brez obratovalnih servisov. Med raziskavo smo ugotovili, da zunanji okoljski dejavniki ne vplivajo na njeno obratovanje, kar še potrjuje robustnost pMKČN.

Na področju čiščenja odpadnih voda se izkazuje potreba po celovitem vpogledu v proces kroženja snovi in ne samo odstranjevanja določenih onesnažil iz odpadne vode. KOV tako ni samo »odpadek«, ampak postane vir različnih snovi, v tem primeru hranil. Glede na predvidevanja v času projektiranja pMKČN smo z razvitim tehnološkim postopkom čiščenja KOV ohranili hranila, dušik in fosfor, kar se je potrdilo z meritvami parametrov. Z uporabo materialov, pridobljenih večinoma v lokalnem okolju, smo skrajšali transportne poti, prav tako pa je gradnike naprave po izteku življenjske dobe možno reciklirati ali ponovno uporabiti.

Pilotna MKČN vključuje cilje Strategije razvoja Slovenije 2030, Agende za trajnostni razvoj 2030 in Evropskega zelenega dogovora, obenem pa spodbuja k trajnostnemu razvoju in mi-selnosti. To je namreč odgovornost celotne skupnosti.

LITERATURA IN VIRI

1. Aquaplant, zelene tehnologije in inženiring, d. o. o., 2018. PZI – projekt za izvedbo.
2. Brošura VARUJVODO, 2020. Učinkovito čiščenje odpadnih voda za ohranjanje vodnih virov VARUJVODO. Dostopno na: https://www.varujvodo.si/images/slike/varujvodo_brosura_2.pdf [1. 7. 2021].
3. Eurostat, 2020. Correspondence table LAU – NUTS 2016, EU-28 and EFTA / available Candidate Countries. Dostopno na: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/local-administrative-units> [1. 7. 2021].
4. Evropski zeleni dogovor, 2019. Sporočilo Evropske komisije Evropskemu parlamentu, Evropskemu svetu, Evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in Odboru regij. Bruselj: Evropska komisija; dokument št. 52019DC0640, COM(2019) 640 final.



5. Geološki zavod Slovenije, 2019. Izdelava geološkega stebra za projekt VARUJVODO, Zaključno poročilo.
6. Griessler Bulc, T., Arias, A. C., Hercog, A., Ameršek, I. in Istenič, D., 2016. The performance and footprint of vertical flow constructed wetlands in Slovenia. In: Proceedings of the 15th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. 15th IWA Specialist Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Poland, September 4th-9th, 2016. 132–133.
7. OZN, 2015. Spremenimo Svet: Agenda za trajnostni razvoj do leta 2030. New York: Organizacija združenih narodov. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MZZ/Dokumenti/multilateral/razvojno-sodelovanje/publikacije/Agenda_za_trajnostni_razvoj_2030.pdf [15. 6. 2021].
8. Pravilnik o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16.
9. Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda. Uradni list RS, št. 94/14 in 98/15.
10. Slivšek, B., 2021. Vremenska postaja Leskovec pri Krškem. Dostopno na http://leskovec.zevs.si/473.html?*session*id*key*=*session*id*val* [1. 7. 2021].
11. Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko, 2017. Strategija razvoja Slovenije 2030. Ljubljana. Dostopno na: https://www.gov.si/assets/vladne-sluzbe/SVRK/Strategija-razvoja-Slovenije-2030/Strategija_razvoja_Slovenije_2030.pdf [3. 7. 2021].
12. Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Uradni list RS, št. 98/15, 76/17 in 81/19.



EKO SKLAD

SLOVENSKI OKOLJSKI
JAVNI SKLAD

WWW.EKOSKLAD.SI

UGODNI KREDITI ZA NALOŽBE V RABO VODE

Za smotrno rabo vode je možno pridobiti ugoden kredit Eko sklada. Kredit je na voljo za:

- odvajanje in čiščenje odpadnih in padavinskih voda,
- učinkovito rabo vodnih virov,
- oskrbo s pitno vodo.

Obrestna mera je trimesečni EURIBOR + 1,3 %. Odplačilna doba znaša največ 10 let za vse ukrepe za občane in največ 15 let za pravne osebe.

Kredit za posamezen ukrep se lahko odobri do višine priznanih stroškov naložbe.

Kredit je potrebno zavarovati.

VSE LETO

spodbude Eko sklada niso časovno omejene, vlogo zanje lahko oddate kadarkoli v letu.

140 L VODE NA DAN

oz. 50 m³ letno za domače potrebe porabi povprečni Slovenec.

Največ vode porabimo za osebno higieno, splakovanje.

EKO SKLAD

Bleiweisova cesta 30
1000 Ljubljana
01 241 48 20
ekosklad@ekosklad.si

URADNE URE

Po telefonu: v ponedeljek, sredo in petek med 12. in 14. uro. Osebnostno: od ponedeljka do petka med 9. in 14. uro (sprejem strank) oz. med 8. in 14. uro (sprejem pisanj).



RAZDROBLJENOST REK V SLOVENIJI: POZIV K IZVEDBI NACIONALNEGA POPISA

dr. POLONA PENGAL¹, MONIKA GRIČNIK², ŽIVA VITA ALIF³

Povzetek

Fragmentacija rek je vse pogosteje prepoznana kot eden od glavnih razlogov za skrb vzbujajoč upad populacij sladkovodnih rib po vsem svetu (WWF, 2018). Na evropskih rekah je zabeleženih več kot milijon pregrad, vendar je po oceni strokovnjakov njihovo resnično število verjetno kar ~61 % višje (Belletti et al., 2020). Medtem ko imajo države, kot so Nizozemska, Francija in Švica, točne podatke o pregradah, druge države, kot so Švedska, Albanija, Grčija in Romunija, zbirajo podatke samo o velikih pregradah ter tako močno podcenjujejo fragmentacijo rek (Belletti et al., 2017). Slovenija nima uradne baze podatkov o pregradah. Podatki o pregradah so vključeni v celo vrsto različnih baz podatkov državnih institucij, zato smo izvedli obsežno raziskavo teh virov, da smo lahko izvedli prvo oceno obsega fragmentacije rek v Sloveniji.

Ključne besede: jez, popis, povezljivost, razdrobljenost, regulacija, reka, riba.

Abstract

Increasingly, river fragmentation is recognized as one of the main reasons for the alarming decline of freshwater fish populations around the world (WWF, 2018). Over 1 mio. instream barriers are estimated to fragment European rivers, but this number could be much higher given the estimate that the true barrier numbers are underestimated by ~61% (Belletti et al., 2020). While countries like the Netherlands, France and Switzerland have accurate barrier records with little under-reporting, others like Sweden, Albania, Greece and Romania tend to record only large structures which underestimate the true extent of river fragmentation (Belletti et al., 2017). Slovenia has no official barrier database. However, datasets with barrier records are included in several national institutions databases, so an extensive survey of these sources was performed to give a first ever estimate of the extent of river fragmentation in Slovenia.

Keywords: connectivity, dam, fish, fragmentation, inventory, regulation, river.

1 Dr. Polona Pengal, univ. dipl. biol., strokovna direktorica, REVIVO, Zavod za ihtiološke in ekološke raziskave.

2 Monika Gričnik, študentka magistrskega študija geografije na Filozofski fakulteti Univerze v Ljubljani.

3 Živa Vita Alif, študentka magistrskega študija Ecology, evolution and conservation na Imperial College London.

1. UVOD

Razvoj in vlaganja v infrastrukturo za čiščenje odpadnih voda v zadnjih 50 letih so zmanjšali obremenjenost naših vodnih ekosistemov s komunalnimi odplakami, kar se kaže v izboljšanjem kemijskem stanju naših voda, ne pa tudi v ekološkem stanju, saj smo v istem obdobju hkrati nadaljevali z intenzivnimi regulacijami, pozidavo rečnih koridorjev ter s tem rečnim ekosistemom odvzeli ključne sisteme in mehanizme za delovanje. Z Vodno direktivo se je Evropa zavezala, da bo do leta 2027 dokončno zagotovila dobro ekološko stanje za vse vodne ekosisteme (EU, 2014). Zadnji rezultati monitoringa ekološkega stanja kažejo, da so tako imenovane hidromorfološke spremembe vodotokov kar v 40 % (poleg razpršenega onesnaževanja z 38 %) glavni vzrok, da vodna telesa ne dosegajo dobrega ekološkega stanja (EEA, 2019). Med hidromorfološke spremembe spadajo tudi vse pregrade na rekah, katerih številni negativni vplivi – fragmentacija in ojezeritve, sprememba tokov sedimentov in pretokov, prekinitev selitvenih poti rib, izumiranje vrst, posegi v naravna območja, izguba virov hrane, poplavna ogroženost – so dobro znani (Liermann et al., 2012), a so se v širši javni diskurz prebili šele v zadnjem desetletju.

Na evropskih rekah je zabeleženih več kot milijon pregrad, vendar je po ceni strokovnjakov njihovo resnično število verjetno kar ~61 % višje (Belletti et al., 2020). Medtem ko imajo države, kot so Nizozemska, Francija in Švica, točne podatke o pregradah, druge države, kot so Švedska, Albanija, Grčija in Romunija, zbirajo podatke samo o velikih pregradah ter tako močno podcenjujejo fragmentacijo rek (Belletti et al., 2017). Med slednje spada tudi Slovenija, ki uradne baze podatkov o pregradah za zdaj še nima.

Z letošnjim letom je začelo teči Desetletje renaturacij, ki so ga Združeni narodi razglasili v podporo in usmeritev vsem državam sveta, ki naj v tem času poskrbijo za obnovo in polno delovanje naravnih ekosistemov (UN, 2021). Evropa in z njo države članice so se tako z Vodno direktivo kot z najnovejšo Strategijo za biotsko raznovrstnost do leta 2030 (2020; v nadaljevanju Biotska strategija) zavezale k spremembi odnosa do vodnih ekosistemov. Znova povezati 25.000 km rek oz. rečnih odsekov je cilj Biotske strategije, katerega del bo morala izpolniti tudi Slovenija. Toda kako bomo ta, sicer skromen cilj dosegli, če niti ne poznamo dejanskega stanja?

V Evropi poteka intenziven razvoj metod in orodij za prioritizacijo odstranjevanja pregrad, pri čemer pa se kot glavne ovire kažejo že omenjeno pomanjkanje, neurejenost in nedostopnost podatkov (osebna komunikacija, 2021). Za Donavo je bila metodologija za razvrščanje prečnih objektov na vodotokih izvedena za celotno povodje že leta 2009 (Schmutz in Trautwein, 2009), pri čemer so strokovnjaki že takrat opozorili na pomanjkanje podatkov o hidromorfoloških pritiskih na reke, saj ti občutno vplivajo na kakovost habitatov.

V sodelovanju s TNC Europe smo se tako strokovnjaki Zavoda REVIVO odločili za izvedbo prve celovite analize podatkov o pregradah v Sloveniji, ki je bila sicer kot ukrep z zagotovljenimi finančnimi sredstvi predvidena že v NUV II (2016) – HM7b Določitev prioritet za vzpostavitev prehodnosti za vodne organizme na obstoječih prečnih objektih.



2. MATERIALI IN METODE

2.1 Definicija pregrad

V tem članku kot pregrade razumemo vse v nadaljevanju našete tipe prečnih objektov na vodotokih, ki dokazano vplivajo na selitve rib. Upoštevali smo mednarodno priznane definicije pregrad in njihovih tipov, ki so bile uporabljene v H2020 projektu AMBER (Preglednica 1).

Preglednica 1: Definicije tipov pregrad.

Tip pregrade	Shematski prikaz pregrade
Jez (angl. <i>dam</i>) – ovira, ki zaustavi ali omeji vodni tok in dvigne nivo vodne gladine za stalno.	
Prag (angl. <i>weir</i>) – ovira, zgrajena z namenom reguliranja vodnega toka in nivoja vodne gladine.	
Zapornica (angl. <i>sluice gate</i>) – premična ovira z namenom nadziranja nivoja vodne gladine in pretoka v rekah in potokih.	
Drča (angl. <i>rock ramp, bed sill</i>) – drča ali tlakovanje dna struge je objekt z namenom stabilizacije rečnega dna in zmanjševanja erozije; prepoznamo jo po stopničasti obliki.	
Prepust (angl. <i>culvert</i>) – objekt z namenom vodenja potoka ali reke pod oviro.	

Vir: Parasiewicz et al., 2019.

2.2 Odstranjevanje duplikatov

Podatke o pregradah smo zbirali na podlagi vlog za dostop do informacij javnega značaja in z neposrednim dostopom do objavljenih podatkov prek spletnih interaktivnih orodij. Glede na veljavno zakonodajo naj bi se podatki o vodni infrastrukturi zbirali na Direkciji RS za vode, vendar smo v analizi upoštevali tudi podatke drugih institucij, kot je predstavljeno v Preglednici 2. Za lažje razumevanje v tem članku duplikat imenujemo vse zapise, za katere predvidevamo, da gre za isto pregrado, ne glede na to, ali gre za dva ali več takšnih zapisov.

Preglednica 2: Pregled virov podatkov po institucijah in načinu pridobivanja z obrazložitvijo zajetih podatkov.

Podatkovni sloj [referenca]	Institucija/projekt	Dostop	Vsebovani podatki
DRSV pregrade [DRSV, 2021]	DRSV	vloga ²	Uradni podatki o pregradah DRSV
DRSV točke [DRSV, 2021e]	DRSV	spletni dostop ¹	Vključuje podatke o tekočih in stoječih vodah ter o grajenih in ostalih objektih, povezanih z vodami, ki so zajeti s točkovno geometrijo (npr. slap, izvir, ponor, jez, zapornica, stopnja).
DRSV linijski [DRSV, 2021b]	DRSV	spletni dostop ¹	Vključuje podatke o tekočih in stoječih vodah ter o grajenih in ostalih objektih, povezanih z vodami – površinske vode, ki so zajete z linijsko geometrijo (npr. struga vodnega toka, kanal, akumulacijsko jezero, melioracijski jarek).
DRSV linijski objekti [DRSV, 2021c]		spletni dostop ¹	Vključuje podatke o tekočih in stoječih vodah ter o grajenih in ostalih objektih, povezanih z vodami, ki so zajeti z linijsko geometrijo (npr. slap, zapornica, nasip, jez, stopnja).
Amber APP [AMBER, 2021]	AMBER	spletni dostop ¹	Podatki, zbrani s pomočjo mobilne aplikacije AMBER Barrier Tracker
AMBER ATS [AMBER, 2021]	AMBER	spletni dostop ¹	Podatki, zbrani v projektu AMBER
ZZRS pregrade [ZZRS, 2021]	ZZRS	vloga ²	Uradni državni podatki o pregradah ZZRS
GURS pregrade [GURS, 2021b]	GURS	vloga ²	Uradni državni podatki o pregradah GURS
GURS splet [GURS, 2021c]	GURS	spletni dostop ¹	Uradni državni podatki o pregradah GURS
ARSO pregrade [ARSO, 2021c]	ARSO	vloga ²	Uradni državni podatki o pregradah ARSO

Vir: ¹neposredni dostop do objavljenih podatkov prek spletnih interaktivnih orodij; ²podatki, prejeti kot odgovor na vlogo za dostop do informacij javnega značaja.

Ob združevanju 10 podatkovnih slojev z najrazličnejšimi vnosi smo v prvem koraku izločili vse posege/zapise, ki niso omenjali nobene od predhodno definiranih tipov pregrad. Za potrebe vseh nadaljnjih analiz smo vodotoke na podlagi podatkov hidrometeoroloških postaj razporedili v 4 velikostne razrede (Preglednica 3). Povprečne dolgoletne pretoke rek smo na celotno porečje ekstrapolirali s pomočjo orodja Accumulate upstream attributes tool (Martin, 2013) in linearne regresije. Vsakemu razredu smo določili tudi širino obrežnega pasu in minimalno razdaljo med dvema pregradama (Preglednica 3). Ker se lokacije pregrad ne prekrivajo natančno s centralno linijo vodotokov, smo v naslednjem koraku vse lokacije pregrad znotraj obrežnega pasu samodejno premestili na centralno linijo najbližjega vodotoka. Vseh 432 točk, ki so bile zunaj obrežnih pasov, smo ročno preverili in jih premestili na ustrezno centralno linijo vodotoka (137) oz. izločili iz nadaljnje analize (295). Omejitev uporabljenega orodja GIS zahteva, da je rečna mreža dihotomno zvezna. Zato smo sočasno iz rečne mreže odstranili vse linijske objekte in pripadajoče pregrade, ki so bili v podatkovni bazi zabeleženi kot »umetna vodna telesa« ali »stranski tokovi«, med katerimi so se daleč najpogosteje pojavljali melioracijski kanali.



Preglednica 3: Razredi pretokov z določeno širino obrežnega pasu in minimalno razdaljo med dvema pregradama.

Velikostni razred	Pretok (m ³ /s)	Obrežni pas [m]	Minimalna razdalja med dvema pregradama [m]
1	0 ≤ 1	10	5
2	>1 ≤ 10		20
3	>10 ≤ 100	30	80
4	>100	50	320
Umetni vodotoki	NA	10	NA

V naslednjem koraku smo prilagodili metodologijo, uporabljeno v projektu AMBER (osebna komunikacija, 2019), in odstranili podvojene zapise pregrad. Minimalna razdalja med dvema pregradama je predstavljala premer krožnice – prekrivno območje, znotraj katerega smo vse pregrade upoštevali kot različne zabeležbe ene in iste pregrade. V ta namen razvita skripta phyton je znotraj posameznega prekrivnega območja obdržala zapis z najvišjo kategorijo pregrade, medtem ko je preostale izbrisala.

2.3 Pilotno območje

Jadransko povodje v Sloveniji obsega skupno 3.935,30 km² in predstavlja 19,4 % površja Slovenije. Razprostira se na območju Julijskih Alp, Trnovskega gozda, Vipavske doline in kraškega primorja. Največje porečje ima Soča z velikostjo 3.400 km², sledi porečje reke Reke s 369 km². Za potrebe analize gostote pregrad smo upoštevali še porečja Rižane, Dragonje, Vipave in Nadiže.

Glede na ekološko stanje so vodotoki jadranskega povodja eni najbolj ohranjenih vodnih teles v Sloveniji, saj je večina vodotokov v dobrem ali zelo dobrem ekološkem stanju. Deloma lahko dobro stanje pripišemo tudi številnim statusom varovanja okolja in ohranjanja narave, ki so z zakonodajo določeni za velik del porečja, npr. Soča v zgornjem toku tako teče skozi Triglavski narodni park, porečje Reke pa je zaščiteno v okviru Regijskega parka Škocjanske jame. Večja območja so zaščitena tudi kot Natura 2000 na območju Krasa in Trnovskega gozda (ARSO, Geoportal, 2021a).

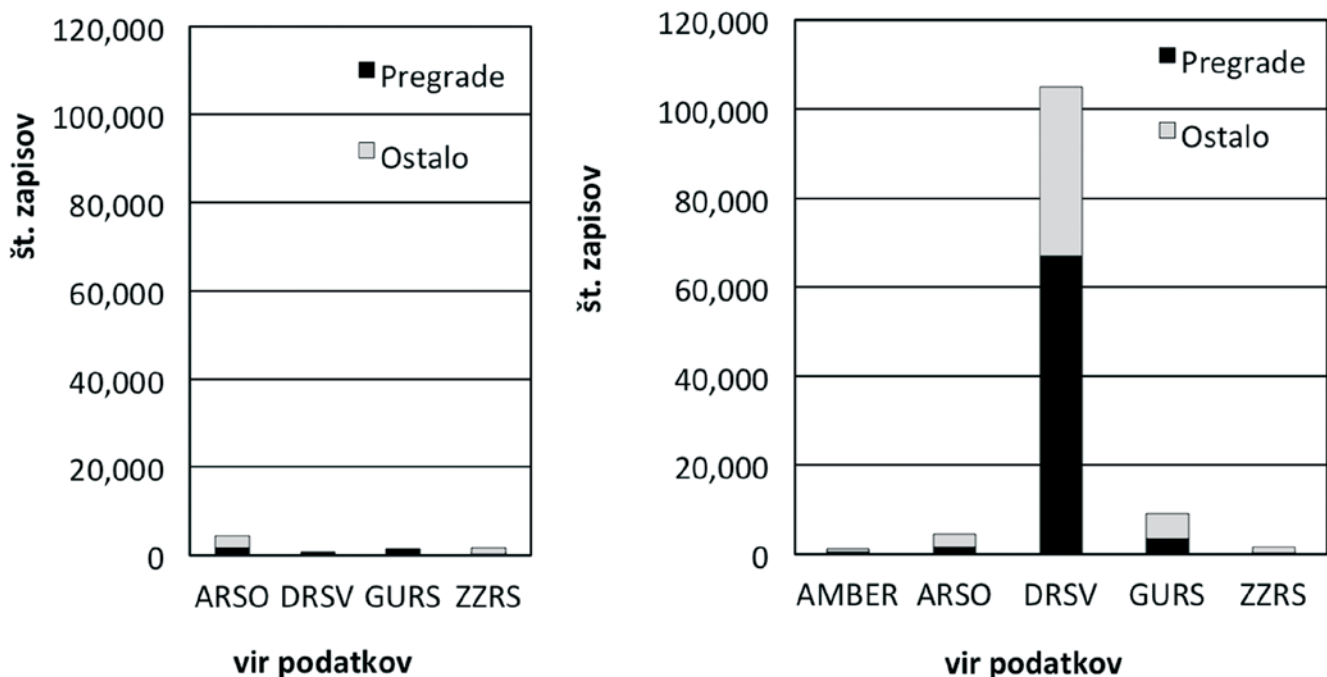
Ob vzdržnem izkoriščanju lahko ohranjeni vodni ekosistemi lokalnemu prebivalstvu zagotavljajo številne ekonomske koristi prek ekoturizma in rekreacijskih dejavnosti, ki vključujejo vodne športe, ribolov ter kampiranje. Tako so v občini Bovec v letu 2015 razvedrilne in rekreacijske dejavnosti ustvarile kar 1,3 milijona evrov prihodkov, v celotni dolini Soče pa je bilo v istem letu 378.274 nočitev. Da je turizem v regiji neposredno povezan z reko Sočo, kaže tudi dejstvo, da so vodne aktivnosti na Soči motiv za obisk Bovca pri 21 % slovenske javnosti (Zupan et al., 2016).

3. REZULTATI

3.1 Baze podatkov

V uradnih bazah Republike Slovenije imamo za celotno območje Slovenije skupno 7.356 zapisov o pregradah, pri čemer je število zapisov najnižje v bazi DRSV (0,75 %), ki je uradno odgovorna za vodenje evidence vodne infrastrukture, najvišje pa v bazi ARSO (60,01 %), ki je odgovorna za spremljanje stanja vodnih ekosistemov (Slika 1, levo). Odstranjevanja duplikatov v tem sklopu podatkov nismo izvedli.

Skupno je v 10 analiziranih bazah 121.075 najrazličnejših zapisov, ki zajemajo vse od naravnih pojavov na rekah (slap, izvir ...), rabe naravnih virov (odvzem proda, odvzem vode ...) do različnih objektov vodne infrastrukture (kamnomet, izravnava struge, pregrada ...). Od teh smo 72.718 zapisov identificirali kot eno od definiranih tipov pregrad, za 48.367 zapisov pa smo ugotovili, da gre za druge objekte in/ali posege oz. ni bilo mogoče določiti, ali gre za pregrado ali ne, zato smo te zapise izločili iz nadaljnje obdelave (Slika 1, desno).



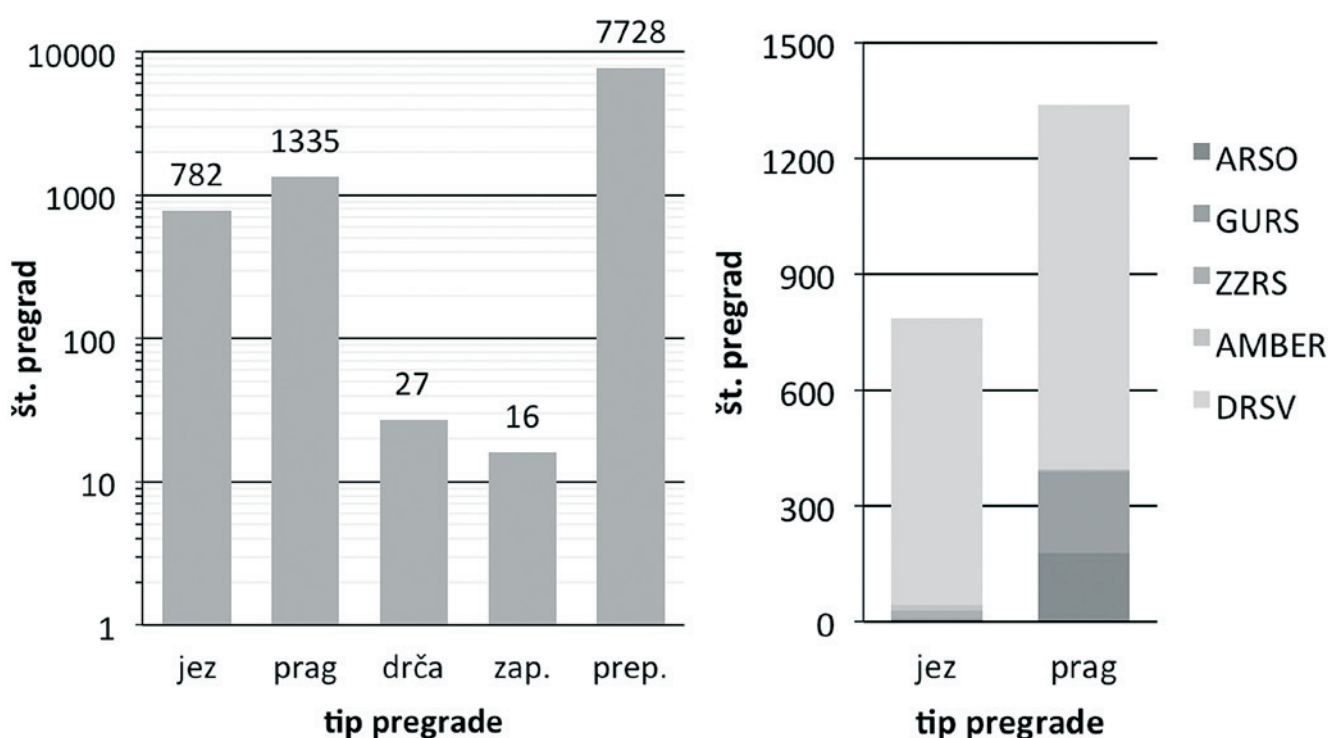
Slika 1: Število zabeleženih pregrad in ostalih zapisov v uradnih bazah podatkov (levo) v primerjavi s podatki vseh podatkovnih slojev, uporabljenih v raziskavi (desno).

Od vseh zapisov pregrad jih 11.749 leži na območju jadranskega povodja in 60.969 na območju donavskega povodja. Odstranjevanje duplikatov smo izvedli samo za jadransko povodje, zato v nadaljevanju prikazujemo rezultate samo za to povodje.



3.2 Pregrade na jadranskem povodju

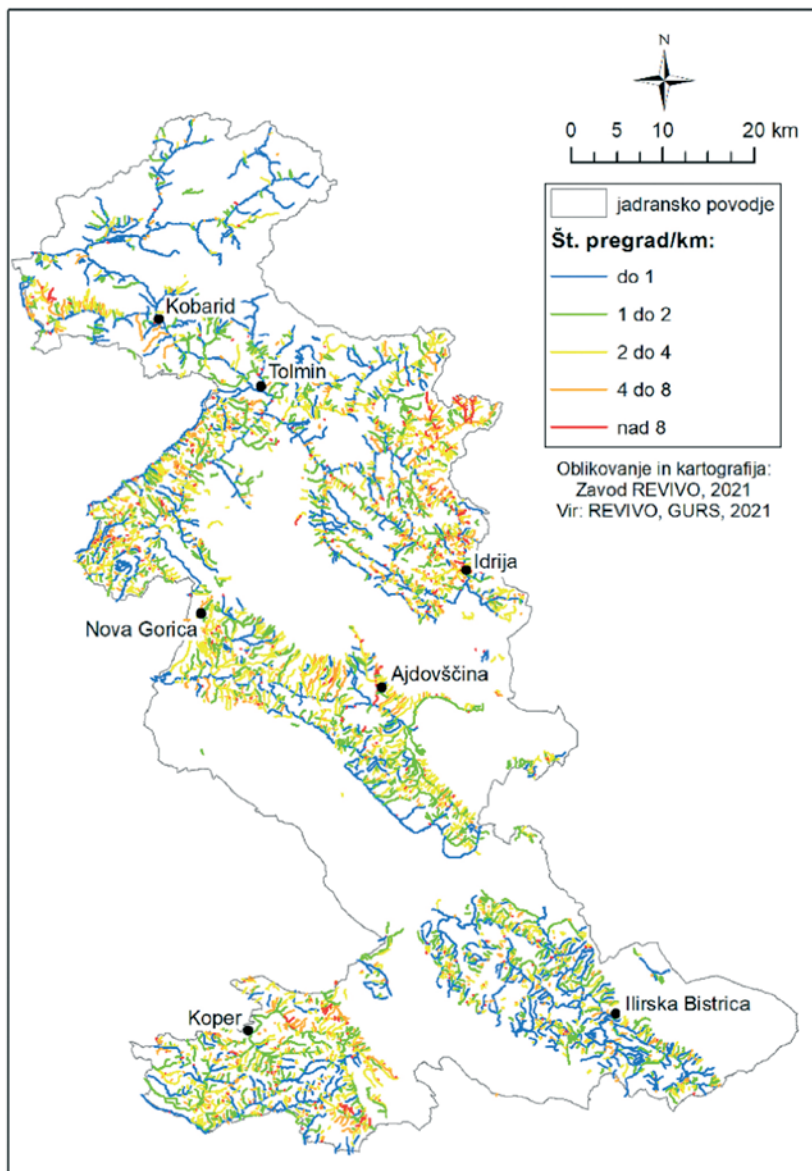
Po odstranitvi vseh umetnih vodnih teles in stranskih rokavov s pripadajočimi pregradami je bilo v postopku odstranitve duplikatov za jadransko povodje uporabljenih 10.963 zapisov. Po odstranitvi duplikatov smo skupno zabeležili 9.888 pregrad (Slika 2), torej je delež duplikatov 9,81-%. Od teh je največ prepustov (7.728), ki jim sledijo pragovi (1.335) in jezovi (782). Ostali tipi pregrad (drča in zapornica) v bazah skoraj niso zabeleženi (skupno 43 objektov). Skladno s pričakovanji je največji delež pregrad zabeleženih v 4 različnih bazah DRSV (94,32 %), najmanj pa v mednarodni bazi projekta AMBER (0,19 %).



Slika 2: Primerjava števila pregrad v Soškem porečju glede na tip pregrade (levo) ter primerjava števila jezov in pragov glede na izvor podatkov (desno).

Legenda: zap. – zapornica, prep. – prepust.

Največja gostota pregrad (Slika 3) je bila ugotovljena na porečju Rižane (2,41 pregrade/km), najnižja pa na porečju Reke (0,88 pregrade/km). Skupna gostota pregrad za celotno jadransko povodje znaša 1,47 pregrade/km oz. 0,32 pregrade/km brez upoštevanja prepustov.



Slika 3: Gostota pregrad v jadranskem povodju.

4. ZAKLJUČEK

Glede na uradne podatke, prejete na podlagi vloge za dostop do informacij javnega značaja, enotne baze podatkov o pregradah v Sloveniji za zdaj še ni. Poleg tega je število pregrad v uradnih bazah podatkov zelo pomanjkljivo, saj predstavlja le ~10,12 % vseh pregrad, identificiranih v tej raziskavi.

Nasprotno, neuradni podatki kažejo izredno visoko razdrobljenost slovenskih vodotokov. Po pričakovanjih so najbolj pregrajeni majhni, hudourniški potoki, najmanj pa zgornji tok reke Soče in porečje reke Reke. Povprečna gostota pregrad na jadranskem povodju je primerljiva z ostalimi evropskimi državami, vendar brez upoštevanja prepustov, ki pa jih tudi ostale države večinoma niso upoštevale pri izračunih (ITA – 0,39; FRA – 0,48; ENG – 0,51; CHE – 0,30;



NLD – 0,83; Bellefi et al., 2017). Pri tem prepusti predstavljajo daleč največji delež pregrad (78,16 %), za katere pa je vpliv na prehodnost za vodne organizme nemogoče oceniti brez podatkov o konkretnem načinu izvedbe posameznega prepusta.

Za realno oceno ekoloških vplivov pregrad in potenciala za odstranitev bi potrebovali vsaj osnovne podatke o pregradah – višino in širino, starost ter legalnost. Ti podatki so v bazah dostopni le za peščico pregrad, zato analize na podlagi teh podatkov nismo mogli izvesti. Je bilo pa ob pregledu arhivskih dokumentov ugotovljeno, da številne pregrade na naših vodotokih nimajo gradbenega dovoljenja, so bile torej zgrajene na črno, a za njihovo vzdrževanje in obnovo vseeno namenjamo znatni del sredstev, čeprav zakonodaja zahteva in omogoča odstranitev takšnih objektov na stroške lastnika (Zakon o vodah, 122. člen).

Ti rezultati kažejo na drastično podcenjevanje fragmentacije slovenskih rek in njenih posledic, tako z vidika doseganja dobrega ekološkega stanja kot tveganj za poplavno varnost, posledično pa tudi z ekonomskega vidika.

Prvič, za doseganje dobrega ekološkega stanja je longitudinalna povezanost vodotokov ključnega pomena, saj omogoča prost pretok snovi in energije, ki omogočata delovanje rečnih ekosistemov, ti pa se odražajo v ekološkem stanju. Skladno z Vodno direktivo se je Slovenija zavezala k doseganju dobrega ekološkega stanja, na podlagi Biodiverzitetne strategije 2030 pa bo določeno tudi konkretno število kilometrov, ki jih bo morala Slovenija znova povezati z odstranitvijo pregrad. Državni popis pregrad in osnovnih podatkov o njih bi Sloveniji po eni strani omogočila strokovno in strateško obravnavo problematike, po drugi pa načrtovanje ter izvajanje ukrepov za vzpostavitev povezljivosti. Brez teh aktivnosti se bodo posledice odražale v nizki biotski pestrosti in vseh posledicah, ki iz tega izhajajo, v plačevanju kazni Evropski uniji zaradi nedoseganja dobrega ekološkega stanja, v neizkoriščenih potencialih trajnostne rabe vodnih ekosistemov, kot so izobraževanje in raziskovanje, rekreacija in turizem, ter v vedno višjih stroških vzdrževanja zastarelih pregrad.

Drugič, vsaka pregrada predstavlja tveganje z vidika zagotavljanja varnosti pred škodljivim delovanjem voda, saj verjetnost porušitve, predvsem pri starejših pregradah, eksponentno narašča (Zhang et al., 2016). To tveganje se, zaradi dolvodnega prenašanja poplavnega vala, pri večjem številu zaporednih pregrad množi. Ocene tveganja za porušitev so bile izdelane le za peščico največjih pregrad, kar je logično, saj za nepregledno množico zaporednih pregrad, ki so posejane po naših vodotokih, ustrezni podatki niso na voljo. Poleg tega bi bilo treba izvesti tudi oceno ekonomske učinkovitosti različnih scenarijev (odstranitev vs. obnova, op. av.) pregrad, saj metode obstajajo, rezultati podobnih primerov po svetu pa kažejo, da je ekonomsko učinkovitejša odstranitev (Baecher et al., 1980, Whitelaw in Macmullan, 2002).

Zaključujemo torej s pozivom odgovornim za vzpostavitev interdisciplinarne delovne ekipe, ki bo v naslednjih letih predvsem s pomočjo participacije javnosti, študentov in raziskovalne skupnosti izvedla celosten popis pregrad v Sloveniji, obenem pa s tem naredila prvi korak k obnovi slovenskih vodotokov.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se Ericu Martinu za velikodušno pomoč pri razvoju in uporabi GIS orodij GIS.

LITERATURA IN VIRI

1. MBER, 2021. Pregrade [shapefile]. Dostopno na: <https://amber.international/european-barrier-atlas/> [22. 3. 2021].
2. ARSO, 2021b. Merilne postaje [excel file]. Dostopno na: http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html [18. 3. 2021].
3. ARSO, 2021c. Pregrade. Podatki, pridobljeni na podlagi vloge za dostop do informacij javnega značaja.
4. ARSO, 2021d. Pretoki [excel file]. Dostopno na: http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html [18. 3. 2021].
5. ARSO, Geoportal, 2021a. Dostopno na: <https://gis.arso.gov.si/portal/apps/webappviewer/index.html?id=219fa16324df4013a6dfe4e220f55ec7> [10. 8. 2021].
6. Beacher, G. B., Paté, M. E., in De Neufville, R., 1980. Risk of dam failure in benefit-cost analysis, *Water Resour. Res.* 16(3), 449–456.
7. Belletti, B., Bizzi, S., Olivo del Amo, R., Segura, G., Van de Bunde, W. in Castelletti, A., 2017. D1.2 Country-specific reports containing the metadata. AMBER.
8. Belletti, B., Garcia de Leaniz, C., Jones, J. et al., 2020. More than one million barriers fragment Europe's rivers. *Nature* 588, 436–441 (2020). Dostopno na: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3005-2> [23. 8. 2021].
9. DRSV, 2021. Pregrade. Podatki pridobljeni na podlagi vloge za dostop do informacij javnega značaja.
10. DRSV, 2021a. Donavsko in Jadransko povodje [shapefile]. Dostopno na <http://www.evode.gov.si/index.php?id=109> [18. 2. 2021].
11. DRSV, 2021b. Linijski sloj hidrologije – površinske vode [shapefile]. Dostopno na: <http://www.evode.gov.si/index.php?id=108> [18. 2. 2021].
12. DRSV, 2021c. Linijski sloj hidrologije – objekti in drugo [shapefile]. Dostopno na <http://www.evode.gov.si/index.php?id=108> [18. 2. 2021].
13. DRSV, 2021d. Povodja in porečja – 1. nivo [shapefile]. Dostopno na: <http://www.evode.gov.si/index.php?id=109> [18. 2. 2021].
14. DRSV, 2021e. Točkovni sloj hidrologije [shapefile]. Dostopno na: <http://www.evode.gov.si/index.php?id=108> [18. 2. 2021].
15. EC, 2020. Sporočilo Komisije Evropskemu parlamentu, Svetu, Evropskemu ekonomsko-socialnemu odboru in Odboru regij. Strategija EU za biotsko raznovrstnost do leta 2030. Vračanje narave v naša življenja. COM/2020/380 končno.
16. EEA, 2019. The European environment – state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. European Environment Agency. 496 pp.
17. GURS, 2021a. Državna meja [shapefile]. Dostopno na: <https://egp.gu.gov.si/egp/> [22. 3. 2021].
18. GURS, 2021b. Pregrade. Podatki, pridobljeni na podlagi vloge za dostop do informacij javnega značaja.
19. GURS, 2021c. Vodna infrastruktura [shapefile]. Dostopno na <https://egp.gu.gov.si/egp/> [6. 2. 2021].
20. Liermann, C. R., Nilsson, C., Robertson, J. in Ng, R. Y., 2012. Implications of dam obstruction for global freshwater fish diversity. *Bioscience* 62, 539–548 (2012).
21. Martin, E., 2013. Accumulate upstream attributes tool (TNC, 25. 4. 2021).
22. MOP, 2016. Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021. 287 str.
23. Parasiewicz, P., Zalewski, M., Łapińska, M., Prus, P., Adamczyk, M., Belka, K., Frankiewicz, P., Kaczkowski, Z., Krauze, K., Suska, K., Ligięza, J., Jones, J., Börger, J., Krull, D., Till Schneider, C. in Garcia de Leaniz, C., 2019. D2.2 Conceptual model of ecological impacts of barriers in EU considering fish habitat selection criteria for running waters. AMBER.
24. Schmutz, S. in Trautwein, C., 2009. Ecological prioritization of measures to restore river and habitat continuity in the DRBD, Annex 18 of the DRBMP.

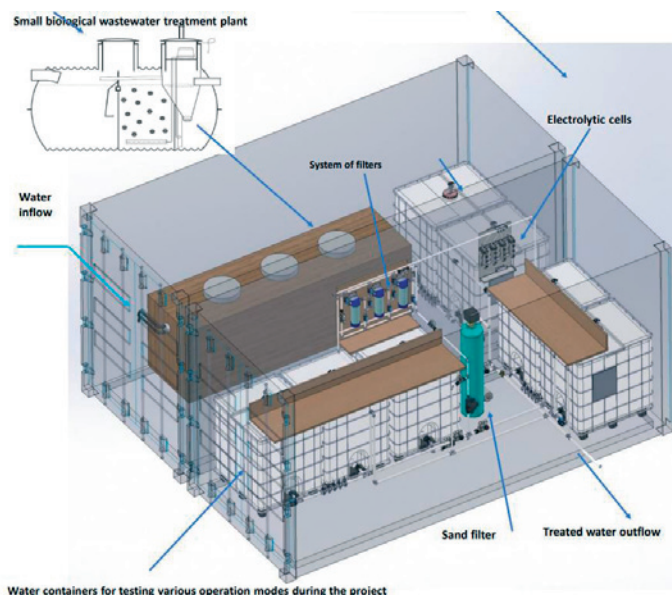


25. UN, 2021. The United Nations Decade on Ecosystem Restoration Strategy. Dostopno na: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31813/ERDStrat.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [23. 8. 2021].
26. Whitelaw, E. in Macmullan, E., 2002. A Framework for Estimating the Costs and Benefits of Dam Removal: Sound cost-benefit analysis of removing dams account for subsidies and externalities, for both the short and long run, and place the estimated costs and benefits in the appropriate economic context. *BioScience*, 52: 8, pp. 724–73.
27. WWF, 2018. Living Planet Report – 2018: Aiming Higher. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland.
28. Zhang, L., Peng, M., Chang, D. in Xu, Y., 2016. Dam Failure Mechanisms and Risk Assessment. John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., pp. 476.
29. Zupan, S., Novak, M. in Novak, S., 2016. Strategija razvoja in trženja turizma v občini Bovec do leta 2025. LTO Bovec, 2016. Dostopno na [https://obcina.bovec.si/gradivo/Gradivo_19.redne_seje%20\(25.5.2017\)/Strategija%20turizma%20BOVEC%202025.pdf](https://obcina.bovec.si/gradivo/Gradivo_19.redne_seje%20(25.5.2017)/Strategija%20turizma%20BOVEC%202025.pdf) [10. 8. 2021].
30. ZZRS, 2021. Pregrade. Podatki, pridobljeni na podlagi vloge za dostop do informacij javnega značaja.



od 1989, > 25 let R&D dejavnosti , certifikat ISO 9001

Četrta stopnja čiščenja vod komunalnih čistilnih naprav z elektrolitskimi celicami za odstranjevanje ostankov farmacevtskih učinkovin, v sodelovanju z Arhel d.o.o.



Kontakt: Rok Štravs, rok.stravs@bia.si, 040 577 624

BIA d.o.o., Teslova 30, 1000 Ljubljana, www.bia.si



NAJNOVEJŠA ZNANSTVENA DOGNANJA ZA BLAŽENJE UČINKOV PODNEBNIH SPREMEMB V VODNIH EKOSISTEMIH

**dr. NATAŠA MORI¹, dr. TATJANA SIMČIČ², TJAŠA MATJAŠIČ³,
dr. POLONA KOGOVŠEK⁴, MAŠA ZUPANČIČ⁵, doc. dr. TINA ELERŠEK⁶**

Povzetek

Podnebne spremembe imajo več obrazov, prav za vodne ekosisteme tekočih voda pa so najpomembnejše spremembe temperaturnih in hidroloških režimov. Višanje povprečnih letnih temperatur prizadene vodne organizme na vseh organizacijskih ravneh. Neposredni učinki se najprej odrazijo na ravni celičnih procesov, nato pa na ravni populacij, vrst in združb. V primeru generalistov (tj. vrst s širokim strpnostnim območjem) se lahko organizmi prilagodijo novim razmeram, medtem ko se ekološki specialisti soočijo z akutnim ali kroničnim stresom, ki lahko vodi do izginotja vrste v določenih okoljih. Povišane povprečne letne temperature voda pogosto vodijo tudi v naseljevanje tujerodnih vrst, čezmerno razrast strupenih cianobakterij in ne nazadnje v spreminjanje ekosistemskih procesov. Poleg višanja temperatur so vodni organizmi in ekosistemski procesi izpostavljeni ekstremnim hidrološkim dogodkom (t. i. hidrološki stres), ne nazadnje tudi izgubam življenjskega prostora ter obremenjevanju z različnimi onesnažili. Blaženje teh močno soodvisnih vplivov je možno z zgodnjim zaznavanjem, razumevanjem odzivov in iskanjem sonaravnih rešitev v okviru upravljanja z vodami.

Ključne besede: hidrološke razmere, interakcije, tekoče vode, temperatura, vodni organizmi, zgodnje zaznavanje.

Abstract

Climate change has several faces, and for running waters the most important factors are changes in temperature and hydrological regimes. Rising average annual temperatures affect aquatic organisms at all organizational levels. Direct effects are first reflected at the

- 1 Dr. Nataša Mori, Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za raziskave organizmov in ekosistemov.
- 2 Dr. Tatjana Simčič, Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za raziskave organizmov in ekosistemov.
- 3 Tjaša Matjašič, Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za raziskave organizmov in ekosistemov.
- 4 Dr. Polona Kogovšek, Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za genetsko toksikologijo in biologijo raka.
- 5 Maša Zupančič, Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za genetsko toksikologijo in biologijo raka.
- 6 Doc. dr. Tina Eleršek, Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za genetsko toksikologijo in biologijo raka.

level of cellular processes and then at population, species and community levels. In the case of generalists (i.e., species with a wide tolerance range), organisms can adapt to new conditions, while ecological specialists face acute or chronic stress that can lead to species extinction. Rising temperatures often also lead to the spread of alien species, occurrence of toxic cyanobacteria booms and, last but not least, to changes in ecosystem processes. In addition to rising temperatures, aquatic organisms and ecosystem processes are exposed to extreme hydrological events, habitat loss and pollution by various pollutants. Mitigation of this highly interconnected impacts can be done by early detection, understanding the responses and implication of nature based solutions in the field of water management.

Keywords: aquatic organisms, early warning, hydrology, interactions, running waters, temperature.

1. UVOD

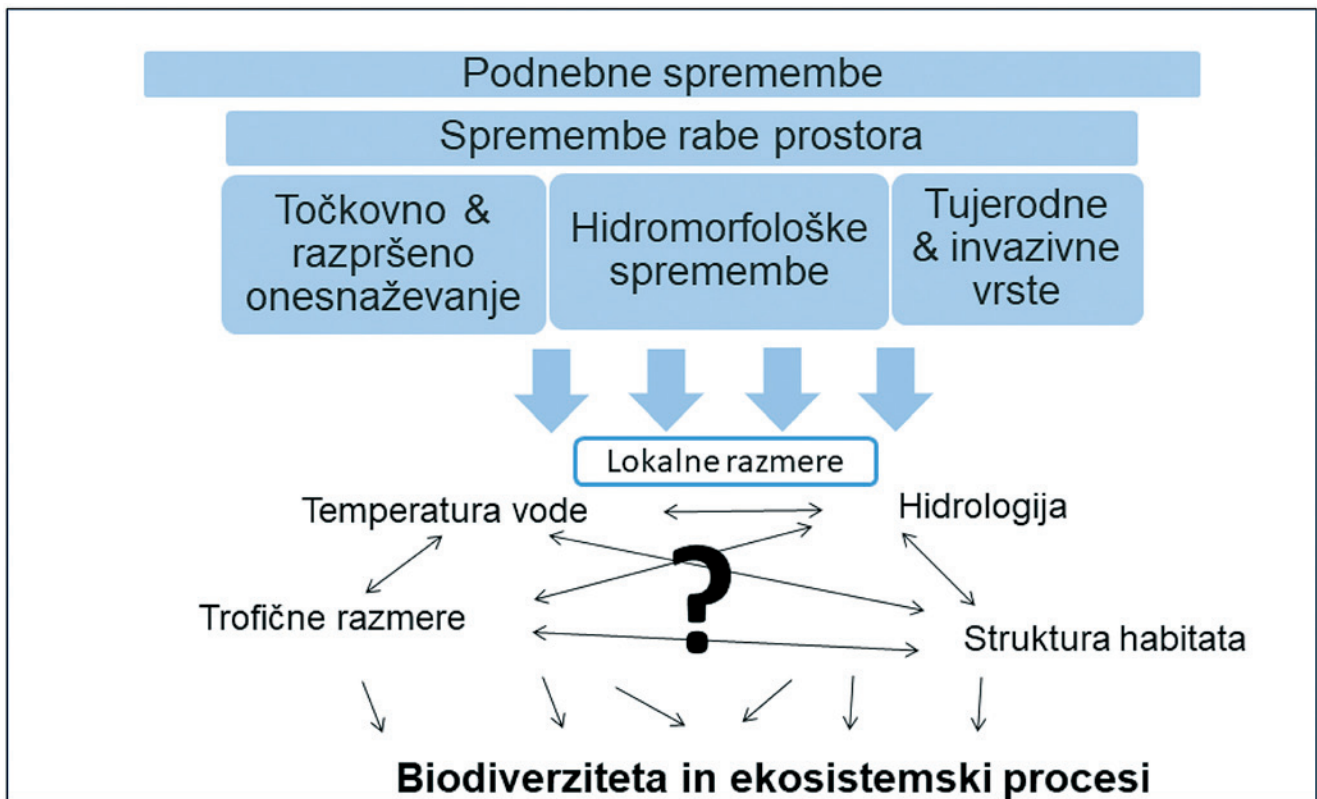
Podnebne spremembe so globalna posledica človekovih dejavnosti na lokalni ravni, ki pomenijo resno grožnjo za biodiverzitetu in neokrnjeno delovanje ekosistemov (IPCC, 2021). Kadar govorimo o podnebjju, govorimo o značilnostih vremena nad nekim območjem v daljšem časovnem obdobju. Pri tem merimo številne vremenske parametre, kot so, med drugim, povprečne temperature zraka, tal in voda, količine in porazdelitve padavin, vlažnost zraka, vsebnost plinov v ozračju ter pogostost različnih meteoroloških pojavov. V osnovi je podnebje spremenljivo v času in prostoru, organizmi in ekosistemi pa so se med evolucijo na tovrstno spremenljivost prilagodili. Vendar meritve v zadnjih 50 letih kažejo precej bolj izrazita spreminjanja izbranih vremenskih dejavnikov in povečevanje števila različnih ekstremnih dogodkov. Opazen je izrazit trend povečevanja globalnih temperatur in sprememb padavinskih režimov (Siegmond et al., 2019). Tovrstne spremembe pa seveda vplivajo tudi na temperaturo tekočih voda in hidrološke razmere (tj. hitrost toka, vodostaj), dva ključna ekološka dejavnika, ki na različnih ravneh vplivata na vodne organizme in velikokrat povezano pogojujeta ekosistemske procese.

Celinske vode so v primerjavi z drugimi ekosistemi še posebej občutljive na hitre spremembe podnebja, saj so podvržene zelo intenzivni rabi v različne namene in številnim antropogenim pritiskom, ki zmanjšujejo naravno sposobnost ekosistemov za obnavljanje in sposobnost vzdrževanja ravnovesja. Te vode predstavljajo neke vrste ožilje, kamor se sprošča večina snovi s kopnega, med njimi je velik del snovi antropogenega izvora, kot so razna toksična onesnažila in hranila. So pa tudi ključen vir vode za gospodinjstva, namakanje, industrijske procese in pridobivanje električne energije. Velik del celinskih voda pa je tudi izrazito morfološko spremenjen, predvsem zaradi varstva pred poplavami, pridobivanja električne energije, rečnega prometa in kmetijske dejavnosti (Woodward et al., 2010). V Sloveniji je v podonavskem porečju le še nekaj nad 5 % (območje Drave) do blizu 40 % (območje Zgornje in Spodnje Save) tekočih voda v nespremenjenem, naravnem stanju, ostali so zmerno, občutno do močno spremenjeni (MOP, 2016). Le dobra polovica vseh vodnih teles v Sloveniji, ki vključujejo tekoče vode in tri naravna jezera, je v zelo dobrem ali dobrem ekološkem stanju (MOP, 2016), kar



pomeni, da niso hidromorfološko spremenjene in onesnažene. Vsi ti pritiski, ki velikokrat delujejo v zapletenih medsebojnih razmerjih (Slika 1), skupaj s podnebnimi spremembami znatno spreminjajo ekosistemske procese in vplivajo na stanje biodiverzitete, kar se kaže v njihovem slabšem ekološkem stanju. Kljub temu da celinske vode obsegajo le 0,8 % zemeljske površine, v njih domuje 6 % vseh vrst na planetu (Dudgeon et al., 2006), vodni ekosistemi v dobrem ekološkem stanju pa nam nudijo številne ugodnosti oz. t. i. ekosistemske storitve – od pitne vode, hrane, energije, ohranjanja ugodnih življenjskih razmer do možnosti rekreacije in sprostitve (Grizzetti et al., 2019).

V tekočih vodah so temperatura in hidrološke razmere (tj. hitrost toka, vodostaj) med ključnimi dejavniki, ki vplivajo na biodiverzitetu in ekosistemske procese. Različni vodni organizmi in različni vodni ekosistemi se različno odzivajo na podnebne spremembe – vrste se bodisi prilagodijo, migrirajo ali izginejo, prehranjevalne mreže pa se spremenijo (Woodward et al., 2010). Z vidika segrevanja so zelo ranljivi izviri, povirne vode oz. vsi vodni ekosistemi na višjih nadmorskih višinah (Woodward et al., 2010). V primeru Slovenije so to vodni ekosistemi alpske biogeografske regije, saj jih naseljujejo številne vrste, prilagojene na hladnejše temperaturne režime (Mori in Brancelj, 2001). V osnovi povišane temperature pospešujejo presnovne procese na ravni celic in posameznih osebkov, kar se kaže v pospešenih bioloških procesih, kot so rast, prehranjevanje in razmnoževanje. Tovrstne spremembe pa seveda vodijo v spremembe na ravni združb in ekosistemskih procesov. Posledice segrevanja so npr. (i) spremenjene prehranjevalne verige mikroorganizmov s prevlado avtotrofov in bakteriovorov nad plenilci in rastlinojedci (Petchey et al., 1999), (ii) zmanjšanje številčnosti vodnih nevretenčarjev ob njihovi pospešeni rasti (Hogg et al., 1995) ali (iii) pospešena razgradnja opada, ki vodi v manjšo številčnost gliv zaradi pomanjkanja primerne substrata (Barlocher et al., 2008). Vodni organizmi tekočih voda so prilagojeni na hitre spremembe hidroloških razmer, bodisi so dobro pritrjeni, se umaknejo v zavetje, se pustijo odplaviti v primeru visokih voda ali pa se v obdobjih nizkih vodostajev za nekaj časa lahko umaknejo globlje v prod oz. rečni sediment ali v pritoke z več vode (Reice et al., 1990). Prepogosti ali preobsežni ekstremni dogodki pa lahko presežejo sposobnost prilagajanja in vodijo v lokalna izumrtja ter drastične spremembe prizadetih ekosistemov.



Slika 1: Človekovi vplivi na ekosisteme celinskih voda so hierarhično urejeni in prepleteni.
Vir: Mori et al., 2016.

V prispevku predstavljamo nekaj novejših znanstvenih dognanj o odzivih vodnih ekosistemov na dejavnike, povezane s podnebnimi spremembami, pri čemer se osredotočamo na lastne raziskave v Sloveniji ter predlagamo nove pristope za blažjenje vplivov podnebnih sprememb, ki vključujejo dobro razumevanje delovanja ekosistemov, zgodnje zaznavanje sprememb in na naravi temelječe rešitve.

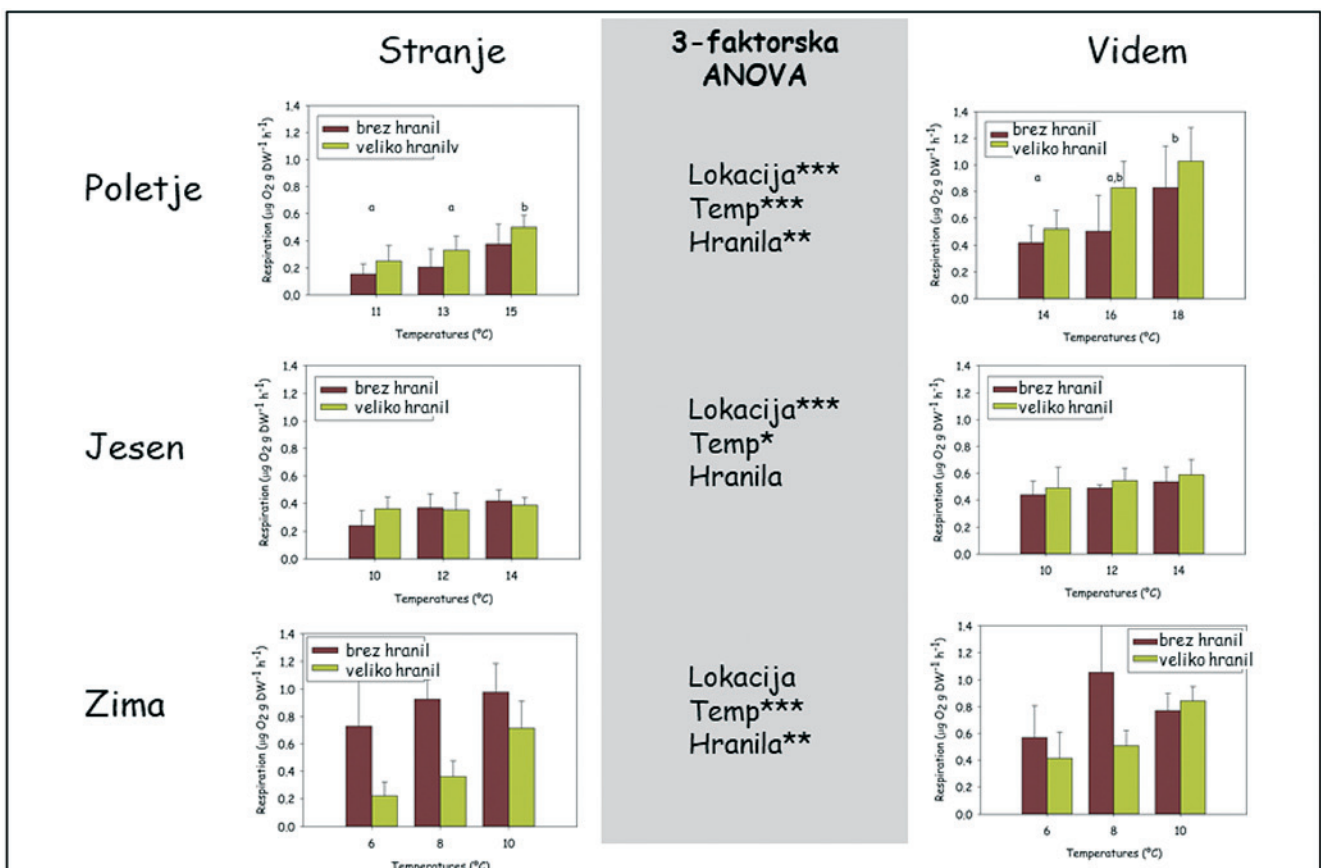
2. VODNI BIOFILMI KOT INDIKATORJI TEMPERATURNEGA IN HIDROLOŠKEGA STRESA

Biofilmi, ki vključujejo raznovrstno združbo primarnih producentov in heterotrofnih mikroorganizmov v rečnih sedimentih, so v vodnih ekosistemih ključna komponenta samočistilnih procesov oz. procesov pretvorbe in razgradnje snovi. Ko se voda z raztopljenimi hranili, onesnažili in organskimi delci pretaka po strugi, vstopa tudi v medzrnske prostore v rečnem dnu, prehaja v podzemne vodonosnike ter je tam v intenzivnem stiku z mikroorganizmi in vodnimi nevretenčarji. Sestava in presnova mikroorganizmov sta odvisni od prisotnih substratov (tudi morebitnega onesnaženja), temperature in kemijskih lastnosti vode, redoks razmer ter hidromorfoloških razmer (Mori et al., 2019; Matjašič et al., 2021). Merjenje *in situ* respiracije sedimentov, ki v tem primeru predstavljajo intenziteto delovanja mikroorganizmov v rečnih sedimentih, se je v povezavi z ostalimi ekološkimi dejavniki pokazalo kot dober pokazatelj odziva biofilma na različne temperaturne režime. V vodah z letnim razponom temperature od 3,5 do 22,3 °C je bil temperaturni prag, ki loči nizko respiratorno aktivnost od visoke, 9,3 °C



(Mori et al., 2019). Nad tem pragom je bila respiracija od 2- do 12-krat večja kot pa v hladnejših vodah. Širok razpon izmerjenih vrednosti je predvsem posledica variabilnosti drugih prej omenjenih ekoloških dejavnikov. Iz teh meritev lahko sklepamo, da povišane temperature v vodah, ki so običajno hladnejše od 9 do 10 °C, lahko vodijo v pospeševanje bioloških procesov razgradnje in pretvorbe snovi. Po navadi gre v tem primeru za vodne ekosisteme alpskih ali visokogorskih predelov, pri katerih so tudi drugi pokazali večjo občutljivost na ogrevanje (Woodward et al., 2010).

V drugi raziskavi smo merili odziv biofilmov v rečnem sedimentu na povečanje temperatur za 2 ali 4 °C ob različni stopnji vsebnosti hranil med različnimi sezonami in na dveh različnih lokacijah. Rezultati so pokazali, da se mikroorganizmi zelo izrazito odzovejo na povišanje temperatur v poletni in zimski sezoni, medtem ko smo spomladi in jeseni izmerili le rahla povišanja respiracije (Slika 2). Iz tega lahko sklepamo, da v tekočih vodah podnebne spremembe, ki povzročajo višanje temperatur v poletnih in zimskih mesecih, najbolj drastično vplivajo na spremembe bioloških procesov.



Slika 2: Laboratorijske meritve respiracije biofilma, inkubiranega ob različnih temperaturah v vodi z malo ali veliko hranili. Vzorci, uporabljeni v poskusu, so bili nabrani z referenčnega (Spodnje Stranje) in z onesažili obremenjenega rečnega odseka (Videm) Kamniške Bistrice v različnih sezonah v letu 2015.

Vir: Mori et al., 2016.

Aktivnost biofilmov tekočih voda pa je, tako kot druge biološke komponente, močno odvisna tudi od hidroloških razmer. Raziskava, objavljena leta 2012 (Mori et al.), je pokazala, da se v obdobjih nizkih pretokov kot tudi v obdobjih po povišanih vodostajih povečuje raznolikost okoljskih razmer v rečni strugi. To vodi v večjo pestrost biodiverzitet in raznolikost intenzitete mikrobne aktivnosti, hkrati pa tudi k zamuljevanju, ki zmanjšuje povezljivost mikrohabitatov. Ekstremni hidrološki dogodki, kot so suše ali povodnje, zmanjšujejo povezljivost površinskih in podzemnih voda ter povečujejo zadrževalni čas medzrnske vode v hiporeiku. To na različne načine vpliva na biološke procese in lahko vodi npr. v kopičenje nerazgrajenih hranil, organskih snovi in drugih onesnažil zaradi neugodnih redoks razmer.

3. TOKSIČNE CIANOBAKTERIJE IN NJHOVO ZGODNJE ZAZNAVANJE

Eden od globalnih problemov z vodo so tudi toksične razrasti cianobakterij, saj imamo na voljo vedno manj zdravih vodnih teles. Zaradi posledic podnebnih sprememb bo ta problem vse bolj pereč; strokovnjaki ocenjujejo, da se bo število dni v letu s prisotnimi razrastmi do leta 2050 več kot podvojilo, ponekod celo potrojilo (Chapra et al., 2017). Zaradi čezmernih razrast cianobakterijskih cvetenj v jezerih in akumulacijah (Slika 3), ki se uporabljajo za rekreacijo, namakanje in pripravo pitne vode, so cianotoksinom pogosto izpostavljeni tudi ljudje in živali. V zadnjih letih so v Evropi zabeležili različne smrtne primere divjih in domačih živali, npr. psov (Bauer et al., 2020), kot tudi masovne pomore rib ter rac (npr. Stepanova et al., 2018). Nekateri cianotoksini so genotoksični in potencialno karcinogeni (Žegura et al., 2011), zato pojavljanje nekaterih cianotoksinov povezujejo z več nevrodegenerativnimi boleznimi. Poleg tega cianobakterijska cvetenja spreminjajo vodne ekosisteme in povzročajo izjemno gospodarsko škodo zaradi negativnega vpliva na turistične, rekreativne in industrijske dejavnosti, kmetijstvo ter vodooskrbo. Nadzor in preprečevanje cianobakterijskih cvetov sta zato izrednega pomena. V skladu z Evropsko direktivo o vodah (WFD 2000/60/EC) so vse članice EU dolžne redno spremljati kemijsko in ekološko stanje voda ter sprejeti ustrezne ukrepe v primerih onesnaženja in degradacije vodnih ekosistemov. Ocena ekološkega stanja pa se sooča z resnimi izzivi zaradi omejitev tradicionalne identifikacije bioloških elementov, ki je za nekatere od njih dolgotrajna, draga in včasih premalo specifična ter zato nezanesljiva.

V zadnjih letih se razvijajo nova molekularna orodja na osnovi okoljske DNA (eDNA) (Valentini et al., 2017; Cristescu in Hebert, 2018), ki imajo potencial za oceno biotske raznovrstnosti celinskih voda (Kelly et al., 2018). Kljub temu do danes še niso bila implementirana učinkovita orodja za specifično zgodnjo zaznavo grožnje pojava cianobakterij s cianotoksini, ki bi omogočila preventivne ukrepe. Z ustreznimi metodami za napovedovanje pojava toksičnih cianobakterijskih razrast bi lahko prej omenjene probleme omilili ali celo preprečili. Na Nacionalnem inštitutu za biologijo (v nadaljevanju NIB) imamo več kot 30 let izkušenj z detekcijo in identifikacijo cianobakterij v slovenskih vodah, kar je privedlo do ogromnega števila klasičnih podatkov o morfo-taksonomiji. Zdaj to znanje in pristope nadgrajujemo s sodobnimi in novimi orodji. Na NIB od leta 2019 razvijamo, preizkušamo, optimiziramo in vrednotimo molekularna orodja ter iščemo rešitve za zgodnje opozarjanje na cianobakterijsko nevarnost, ki bo omogočile hitrejše in bolj specifično zaznavanje te toksične grožnje (Zupančič et al., 2021). Novi pristop vključuje metode PCR, ki jih nadgrajujemo s sekvenciranjem nove generacije za ana-



lizo eDNA v vodnih telesih. Z našimi analizami bomo omogočili bolj trajnostno upravljanje z vodnimi viri. Z usklajevanjem pristopov za spremljanje, vzdrževanje in varovanje vodnih virov ter z izboljšanjem pretoka znanja med znanstveniki in državnimi institucijami, odgovornimi za spremljanje okolja in upravljanje z vodami, Slovenija spodbuja inovativnost tudi na evropskem ozemlju (v okviru projekta ECO-ALPS WATER). Poleg pozitivnega učinka na odločevalce (ciljne skupine: Ministrstvo za okolje, Agencija za okolje), ki skrbijo za upravljanje z vodami, bo pozitiven učinek opazen tudi pri gospodarnem upravljanju z vodnimi viri, saj bo dopolnilni biomonitoring z novo tehnologijo dal hitrejša in bolj standardizirane podatke o kakovosti voda ter ekološkem stanju vodnih teles (ciljne skupine: Ministrstvo za okolje, Agencija za okolje, upravitelji vodnih podjetij, nevladne organizacije, Ministrstvo za obrambo). Rešitev zgodnjega odkrivanja strupenih cianobakterij bo omogočila ustrezno ukrepanje v primeru namakalnih sistemov, pitne vode, območij z razvito rekreacijo in turizmom (npr. Blejsko jezero, Triglavsko jezero) ter v akumulacijah z množičnimi poletnimi pomori rib (npr. Pernica). Načrtujemo tudi postavitev spletne platforme Ciano Slo, ki bo v to perečo problematiko privabila in vključila tudi prebivalce Slovenije.



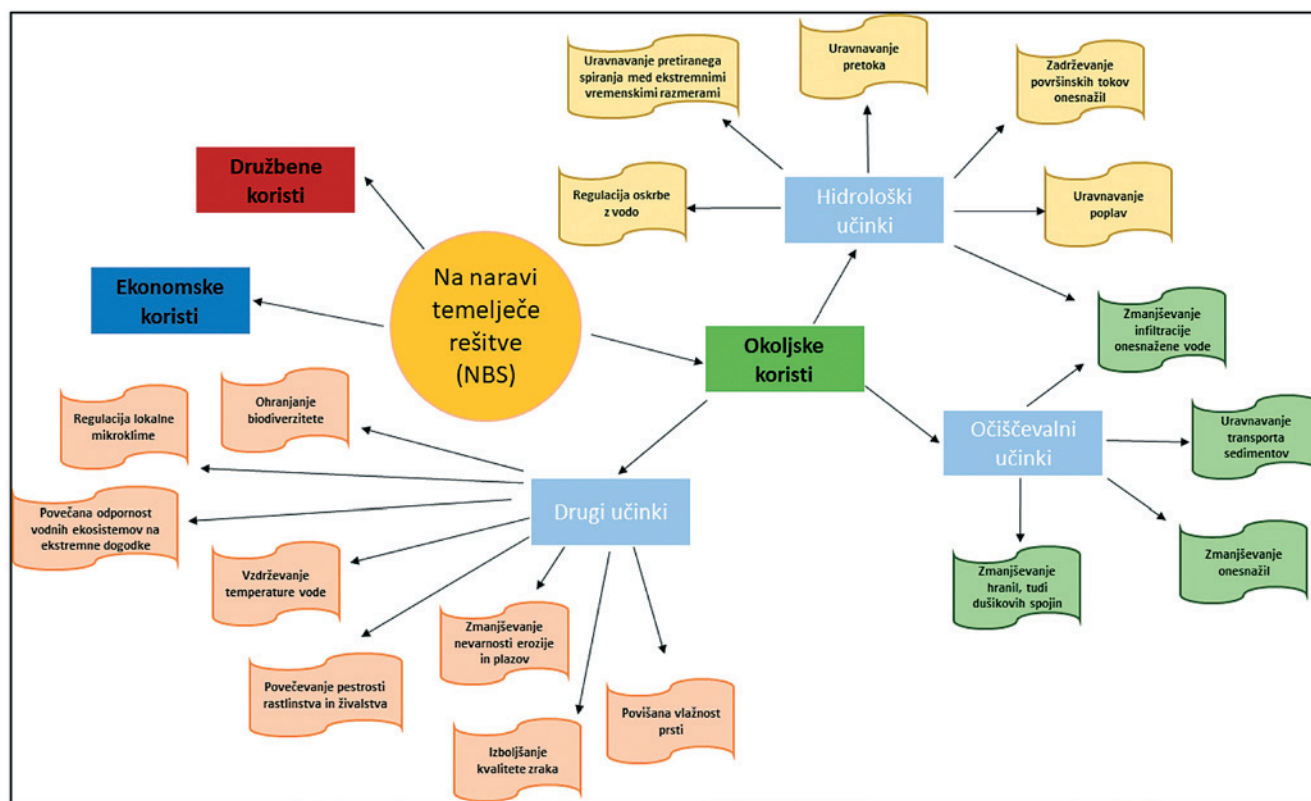
Slika 3: Primer toksičnega cianobakterijskega cvetenja, ki je (in bo) zaradi eutrofikacije in podnebnih sprememb vse pogostejši.

Vir: Foto: Tina Eleršek.

4. NA NARAVI TEMELJEČE REŠITVE ZA BOLJŠE STANJE VODNIH EKOSISTEMOV

Na naravi temelječe rešitve so vsi ukrepi za zaščito, sonaravno upravljanje in obnavljanje naravnih ali spremenjenih ekosistemov, ki učinkovito naslavljajo družbene izzive in sočasno podpirajo človekovo dobrobit in koristijo biodiverziteti (IUCN, 2020). V primeru vodnih ekosistemov na gosto poseljenih območjih lahko ohranjanje teh ali ustvarjanje dodatnih obvodnih zelenih površin prispeva k povečanim zalogam vode in pripomore k njeni boljši kakovosti (Oral et al., 2020). Sonaravne rešitve na področju voda v intenzivni kmetijski krajini, kot sta ustvarjanje novih vodnih habitatov (ribniki) in povečevanje raznolikosti življenjskih prostorov v obstoječih tekočih vodah, so se pokazale kot dober pristop za povečevanje biodiverzitet vodnega rastlinja, pri čemer niso preprečile izginjanja redkih vrst (Williams et al., 2020), niti izboljšale problematike čezmerne namnožitve cianobakterij. Trenutno je večina pristopov pri iskanju protipoplavnih rešitev strogo tehnične narave, kljub temu da so analize pokazale, da izključno tehnične rešitve ne zagotavljajo popolne zaščite pred poplavami, temveč je pomembno tudi vključevanje sonaravnih rešitev z multiplimi funkcijami (Guerrero et al., 2018).

Pri blaženju učinkov podnebnih sprememb na vodne ekosisteme je ključno, da se blaži učinke segrevanja, da bi se izognili pospeševanju bioloških procesov, omogoča zadostno zadrževanje voda v porečjih za preprečevanje pomanjkanja vode in razvija sonaravne rešitve pred poplavno nevarnostjo. Dolgoročni učinki na naravi temelječih rešitev za prilagajanje na podnebne spremembe so za zdaj še slabo raziskani (Chausson et al., 2020), vendar so nekatere raziskave že jasno pokazale veliko pozitivnih učinkov na različnih ravneh, tako z ekoloških kot tudi družbenih vidikov (Slika 4). Velikokrat so ti učinki večji kot v primerih drugih, le tehničnih rešitev. Dober primer na naravi temelječe rešitve je primer ohranjanja ali ponovne vzpostavitve funkcionalnega obrežnega pasu, ki je poraščen z različnim, na občasno poplavljanje prilagojenim rastlinjem. Tukaj se zadrži odvečna voda iz struge, zadržujejo in presnavljajo se hranila in onesnažila s kopnega ter se tako preprečuje neposredno onesnaženje vode, naseljujejo ga številne živalske vrste, senčenje obrežne vegetacije pa preprečuje pretirano segrevanje vode v strugi. Obnavljanje mokrišč in povrnitev hidromorfološko spremenjenih tekočih voda v naravno stanje se v zadnjem času pogosto izvajata z namenom ohranjanja ali izboljšanja stanja Natura 2000 vrst. Takšen primer je obnovitev dela struge Stržena na Cerkniskem polju v okviru projekta LIFE STRŽEN, pod vodstvom Notranjskega regijskega parka, ali pa vzpostavljanje novih mlak na Ljubljanskem barju v okviru projekta PoLJUBA, kjer je vodilni partner Krajinski park Ljubljansko barje. Seveda imajo tovrstne rešitve pozitiven učinek tudi v kontekstu blaženja učinkov podnebnih sprememb na vodne ekosisteme. Poveča se zadrževanje vode v krajini in ojačajo procesi kroženja snovi, spremembe krajine pa vplivajo tudi na lokalno mikroklimo (temperatura ozračja, vlažnost zraka ipd.).



Slika 4: Pregled pozitivnih učinkov na naravi temelječih rešitev v vodnih ekosistemih za naravo in okolje.

Vir: Povzeto po Mancuso et al., 2021.

5. ZAKLJUČKI

Podnebne spremembe so danes dejstvo, ki vedno bolj vpliva na stanje ekosistemov in vsakdanje življenje človeka (IPCC, 2021). Blaženje in prilagajanje sta trenutno najbolj učinkoviti strategiji tudi na področju rabe in upravljanja z vodnimi ekosistemi, pri tem pa sta zelo pomembna razumevanje delovanja ekosistemov ter zgodnje zaznavanje sprememb, ki lahko vodijo v nepovratne ali škodljive odzive bioloških procesov. Na naravi temelječe rešitve so pristop, ki učinkovito blaži učinke ekstremnih dogodkov, kot so suše in poplave, obenem pa tovrstni pristopi lahko enako učinkovito blažijo tudi učinke globalnega segrevanja ozračja.

LITERATURA IN VIRI

1. Barlocher, F., Seena, S., Wilson, K. P. in Williams, D. D., 2008. Raised water temperature lowers diversity of hyporheic aquatic hyphomycetes. *Freshw. Biol.* 53: 368–379.
2. Bauer, F., Fastner, J. et al., 2020. Mass occurrence of Anatoxin-a-and Dihydroanatoxin-a-Producing *Tychonema* sp. in mesotrophic reservoir Mandichosee (River Lech, Germany) as a cause of neurotoxicosis in dogs. *Toxins* 12: 726.
3. Chapra, S. C., Boehlert, B. et al., 2017. Climate change impacts on harmful algal blooms in US freshwaters: a screening-level assessment. *Environ. Sci. & Tech.* 51: 8933–8943.
4. Chausson, A., Turner, B., Seddon, D. et al., 2020. Mapping the effectiveness of Nature-based Solutions for climate change adaptation. *Glob. Change Biol.* 26: 6134– 6155.

5. Cristescu, M. E. in Hebert, P. D. N., 2018. Uses and misuses of environmental DNA in biodiversity science and conservation. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 49: 209–230.
6. Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M. L. J. in Sullivan, C. A., 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.* 81: 163–182.
7. Grizzetti, B., Liqueste, C., Pistocchi, A., Vigiak, O., Zulian, G., Bouraoui, F., De Roo, A. in Cardoso, A. C., 2019. Relationship between ecological condition and ecosystem services in European rivers, lakes and coastal waters. *Sci. Tot. Environ.* 671: 452–465.
8. Hogg, I. D., Williams, D. D., Eadie, J. M. in Butt, S. A., 1995. The consequences of global warming for stream invertebrates: a field simulation. *J. Thermal Biol.* 20: 199–206.
9. IPCC, 2021. Climate Change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ur.) Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R. in Zhou, B. Cambridge University Press.
10. IUCN, 2020. *Nature-based solutions*: International Union for Nature Conservation. Dostopno na: <https://www.iucn.org/commissions/commission-ecosystem-management/our-work/nature-based-solutions> [16. 8. 2021].
11. Kelly, M., Boonham, N., Juggins, S., Kille, P., Mann, D. G., Pass, D., Sapp, M., Sato, S. in Glover, R., 2018. A DNA based diatom metabarcoding approach for Water Framework Directive classification of rivers. V Environment Agency (Issue March).
12. Mancuso, G., Bencresciuto, G. F., Lavrič, S. in Toscano, A., 2021. Diffuse water pollution from agriculture: a review of nature-based solutions for nitrogen removal and recovery. *Water* 13:1893.
13. Matjašič, T., Simčič, T., Kanduč, T., Samardžija, Z. in Mori, N., 2021. Presence of polyethylene terephthalate (PET) fibers in hyporheic zone alters colonization patterns and seasonal dynamics of biofilm metabolic functioning. *Water Research* 203: 1–13.
14. Ministrstvo za okolje in prostor, 2016. Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave za obdobje 2016–2021. Ljubljana. 295 str.
15. Mori, N., Debeljak, B., Škerjanec, M., Simčič, T., Kanduč, T. in Brancelj A., 2019. Modelling the effects of multiple stressors on respiration and microbial biomass in the hyporheic zone using decision trees. *Water research* 149: 9–20.
16. Mori, N. in Brancelj, A., 2006. Macroinvertebrate communities of karst springs of two river catchments in the Southern Limestone Alps (the Julian Alps, NW Slovenia). *Aquat. Ecol.* 40: 69–83.
17. Mori, N., Kanduč, T., Kocman, D., Simčič, T., 2016. Measuring the combined effects of temperature and nutrient enrichment on hyporheic respiration using flow-through chamber. V: Book of abstracts. 33rd SIL Congress July 31 - August 5, 2016 Torino, Italy. Torino: SIL, International Society of Limnology: 276.
18. Mori, N., Simčič, T., Žibrat, U. in Brancelj, A., 2012. The role of river flow dynamics and food availability in structuring hyporheic microcrustacean assemblages: a reach scale study. *Fundam. Appl. Limnol.* 180: 335–349.
19. Oral, H. V., Carvalho, P., Gajewska, M., Ursino, N., Masi, F. in Hullebusch, E. D. v Kazak, J. K., Exposito, A., Cipolletta, G., Andersen, T. R., Finger, D. C., Simperler, L., Regelsberger, M. in Rous, V., Radinja, M., Buttiglieri, G., Krzeminski, P., Rizzo, A., Dehghanian, K., Nikolova, M. in Zimmermann, M., 2020. A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: a critical assessment based on case studies and literature. *Blue-Green Systems* 2: 112–136.
20. Petchey, O., McPhearson, P., Casey, T. M. in Morin, T., 1999. Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* 402: 69–72.
21. Reice, S. R., Wissmar, R. C. in Naiman R. J., 1990. Disturbance regimes, resilience, and recovery of animal communities and habitats in lotic ecosystems. *Environ. Manag.* 14: 647–659.
22. Siegmund, P., Abermann, J., Baddour, O., Canadell, P., Cazenave, A., Derksen, C., Garreau, A., Howell, S., Huss, M., Isensee, K., Kennedy, J., Mottram, R., Nitu, R., Ramasamy, S., Schoo, K., Sparrow, M., Tarasova, O., Trewin, B. in Ziese, M., 2019. Global climate in 2015–2019. World Meteorological Organization, Geneva, 24 str.
23. Stepanova N., Nikitin, O. et al. 2018. Cyanotoxins as a possible cause of fish and waterfowl death in the Kazanka river (Russia). 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, 229–236.



24. Valentini, A., Taberlet, P. et al., 2016. Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*. 25(4), 929–942.
25. WFD 2000/60/EC Article 175(1), Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, Establishing a framework for Community action in the field of water policy, OJL 327, 1–73.
26. Williams, P., Biggs, J., Stoate, C., Szczur, J., Brown, C. in Bonney, S., 2020. Nature based measures increase freshwater biodiversity in agricultural catchments. *Biol Conserv* 244: 108515.
27. Woodward, G., Perkins, D. M. in Brown, L. E., 2010. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 365: 2093–2106.
28. Zupančič, M., Kogovšek, P. et al., 2021. Potentially toxic planktic and benthic cyanobacteria in Slovenian freshwater bodies: detection by quantitative PCR. *Toxins-special issue Cyanotoxins in Bloom: Ever-Increasing Occurrence and Global Distribution of Freshwater Cyanotoxins from Planktic and Benthic Cyanobacteria*, officially accepted for publication 9. 2. 2021.
29. Žegura, B., Štraser, A. et al., 2011. Genotoxicity and potential carcinogenicity of cyanobacterial toxins – a review. *Mutat Res – Rev Mutat Res* 727: 16–41.



Voda iz pipe. Najboljša izbira.

Certifikat Voda iz pipe je doslej pridobilo že 67 organizacij, ki v svojih prostorih strežejo le pitno vodo iz pipe.



Gospodarska
zbornica
Slovenije



Zbornica komunalnega
gospodarstva

www.gzs.si/zkg





OCENA SPREMEMB VODNIH KOLIČIN V SLOVENIJI DO KONCA 21. STOLETJA

dr. MIRA KOBOLD¹, dr. PETER FRANTAR²

Povzetek

Agencija Republike Slovenije za okolje je v okviru projekta Ocena podnebnih sprememb za Slovenijo do konca 21. stoletja izvedla ocene sprememb podnebnih spremenljivk ter vpliv teh sprememb na količinsko stanje površinskih in podzemnih voda. Spremembe so prikazane za letno raven za tri 30-letna obdobja v prihodnosti (2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100) v primerjavi z referenčnim obdobjem 1981–2010. Projekcije sprememb kažejo smer sprememb in velikostno stopnjo sprememb za tri scenarije izpustov toplogrednih plinov: optimistični, zmerno optimistični in pesimistični scenarij. Večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji v primerjavi z obdobjem 1981–2010 ni pričakovati, z izjemo severovzhoda, kjer bi se pretoki pri zmerno optimističnem scenariju izpustov do konca stoletja lahko povečali do 30 odstotkov. Pri visokih vodah se kaže povečanje srednjih letnih konic povsod po državi. Povprečno letno napajanje podzemne vode se bo v primerjavi z referenčnim obdobjem do konca stoletja povečalo v povprečju do 20 odstotkov. Izstopa severovzhodna Slovenija, kjer lahko povečanje preseže 30 odstotkov.

Ključne besede: hidrološki model, napajanje podzemne vode, negotovost, podnebne spremembe, spremembe pretokov rek, vodnobilančni model mGROWA-SI.

Abstract

The Slovenian Environment Agency has carried out the assessment of climate change variables and the impact of these changes on the quantitative status of surface water and groundwater in the frame of project Assessment of climate change for Slovenia by the end of the 21st century. The changes are shown for the annual level for three 30-year periods in the future (2011–2040, 2041–2070 and 2071–2100) compared to the reference period 1981–2010. The projections of change show the direction of change and the magnitude rate of change for the three representative concentration pathways scenarios: the optimistic scenario, the moderately optimistic scenario, and the pessimistic scenario. No major changes in average annual flows in Slovenia compared to the period 1981–2010 are expected, with the exception of the northeast, where flows in the moderately optimistic emission scenario

¹ Dr. Mira Kobold, univ. dipl. fiz., Agencija Republike Slovenije za okolje.

² Dr. Peter Frantar, univ. dipl. geog., Agencija Republike Slovenije za okolje.

could increase by up to 30 percent by the end of the century. High waters show an increase in mean annual peaks throughout the country. The average annual groundwater recharge will increase by an average of 20 percent by the end of the century compared to the reference period. The exception is northeastern Slovenia, where the increase may exceed 30 percent.

Keywords: changes in river flows, climate change, groundwater recharge, hydrological model, uncertainty, water balance model mGROWA-SI.

1. UVOD

Agencija Republike Slovenije za okolje od leta 2016 izvaja projekt priprave podnebnih projekcij za Slovenijo, poimenovan Ocena podnebnih sprememb za Slovenijo do konca 21. stoletja – OPS21. Projekt finančno podpira Ministrstvo za okolje in prostor iz Sklada za podnebne spremembe. Leta 2018 so bili v sinteznem poročilu (Bertalanič et al., 2018) zbrani prvi rezultati projekta. Ti se nanašajo na oceno povprečne spremembe najpomembnejših podnebnih spremenljivk in vpliv teh sprememb na rastne razmere ter hidrološke spremenljivke, saj imajo podnebne spremembe vpliv na celoten vodni krog, ne nazadnje tudi na odtok površinskih voda.

Ocene predvidenih sprememb za posamezne spremenljivke so bile narejene za tri različne značilne poteke izpustov toplogrednih plinov (angl. *Representative Concentration Pathways* – RCP; Van Vuuren et al., 2011): optimistični (RCP2.6), zmerno optimistični (RCP4.5) in pesimistični scenarij (RCP8.5). Pri optimističnem scenariju izpustov se predvideva, da bo politika omejevanja izpustov zelo hitra in uspešna, pri zmerno optimističnem pa, da se bodo izpusti toplogrednih plinov sprva še počasi povečevali, nato pa sredi in proti koncu 21. stoletja zmanjševali. Pesimističen scenarij izpustov večjih uspehov pri omejevanju izpustov ne predvideva, zato se po tem scenariju izpusti skozi celotno 21. stoletje povečujejo (Bertalanič et al., 2018).

Rezultati projekta OPS21 so podani v obliki sprememb za tri 30-letna obdobja v prihodnosti (2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100) glede npr. jarno obdobje 1981–2010. To je obdobje, ki ga je za referenčno obdobje priporočila Svetovna meteorološka organizacija (WMO, 2017).

2. METODE IN PODATKI ZA OCENO PODNEBNIH SPREMOMB

Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja je bila izvedena na podlagi dostopnih izračunov podnebnih modelov projekta EURO-CORDEX (Bertalanič et al., 2018). Od 14 kombinacij globalnih in regionalnih podnebnih modelov je bilo izbranih šest (Tabela 1), ki smo jih uporabili kot ansambel in na ta način tudi analizirali razpršenost rezultatov. Za scenarij RCP2.6 je bilo na voljo manj simulacij, glede na omenjeni izbor modelov samo dve (Tabela 1), zato so rezultati manj zanesljivi. Podnebni modeli vsebujejo sistematične napake, zato so bili modelski rezultati za vsako podnebno spremenljivko za obdobje 1981–2100 glede na meritve primerjalnega obdobja 1981–2010 ustrezno popravljeni (Bertalanič et al., 2018).

Tabela 1: Podnebni modeli, katerih izračuni so bili uporabljeni v analizah.



Globalni podnebni model	Regionalni podnebni model	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
CNRM-CM5-LR	CCLM4-8-17		x	x
MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17		x	x
EC-EARTH	HIRHAM5	x	x	x
IPSL-CM5A-MR	WRF331F		x	x
HadGEM2-ES	RACMO22E	x	x	x
MPI-ESM-LR	RCA4		x	x

Vir: Bertalanič et al., 2018.

Scenariji podnebnih sprememb za temperaturo zraka z visoko gotovostjo kažejo, da se bo naraščanje temperature zraka v Sloveniji do konca 21. stoletja nadaljevalo (Bertalanič et al., 2018). V primeru optimističnega scenarija izpustov RCP2.6 bo temperatura zraka do konca stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 zrasla za približno 1,3 °C, v primeru zmerno optimističnega scenarija izpustov RCP4.5 za približno 2 °C, v primeru pesimističnega scenarija izpustov RCP8.5 pa za približno 4,1 °C.

Za padavine podnebni scenariji kažejo večjo negotovost, se pa signali z odmikom v prihodnost stopnjujejo. Optimistični scenarij izpustov RCP2.6 na letni ravni v nobenem obdobju ne predvideva statistično značilnih sprememb. V primeru zmerno optimističnega in pesimističnega scenarija izpustov se bo višina padavin na letni ravni in pozimi znatno povečala (Bertalanič et al., 2018). V primeru obeh scenarijev izpustov bo povprečno povečanje letnih padavin konec stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 do 20 odstotkov. Še bolj se bodo padavine povečale pozimi, nekoliko bolj na vzhodu države. Pri izjemnih padavinah se bosta povečali tako jakost kot pogostost izjemnih padavin.

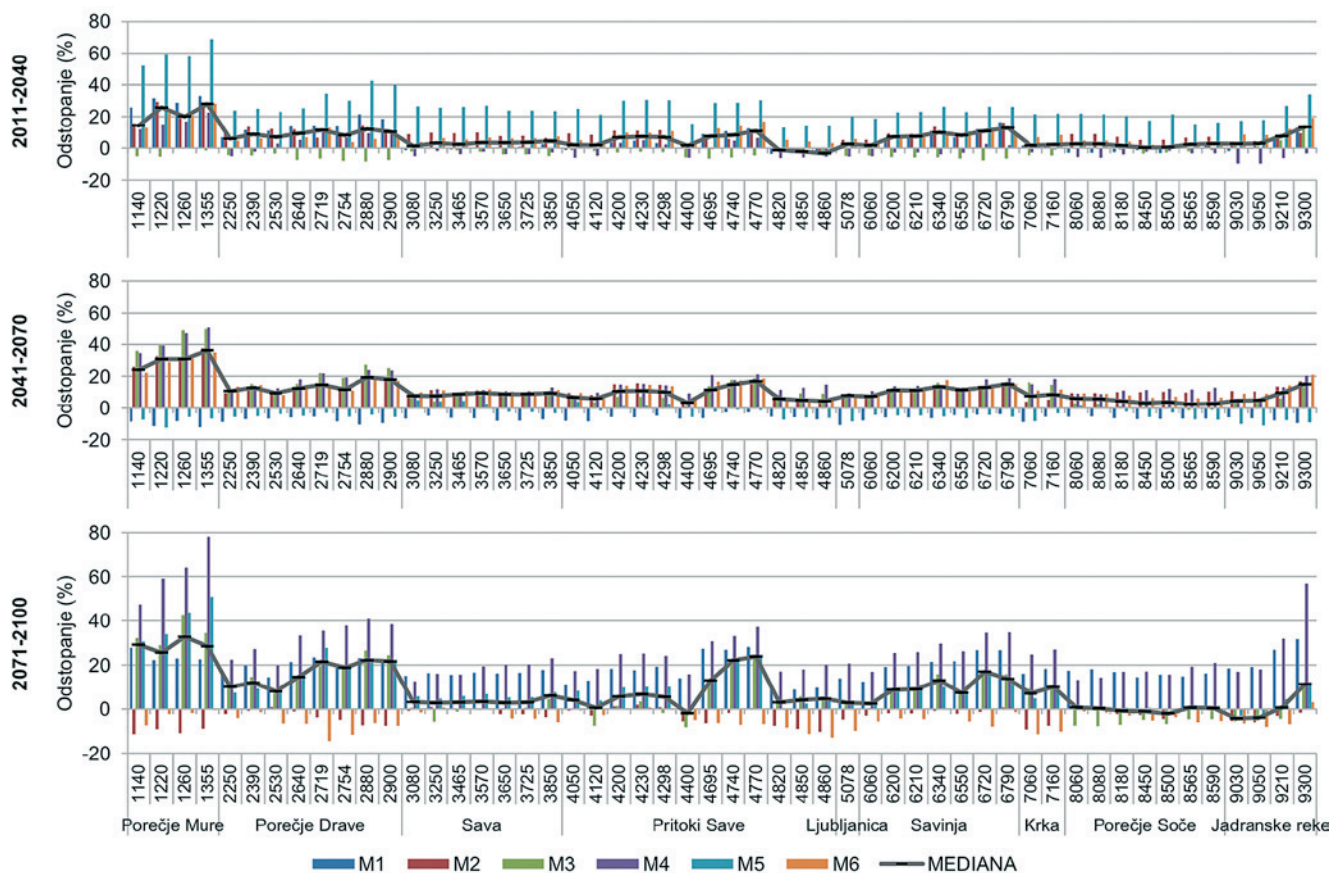
3. SPREMEMBE HIDROLOŠKIH SPREMENLJIVK

Za projekcije sprememb hidroloških spremenljivk na površinskih vodah smo izbrali letne statistike srednjih, malih in velikih pretokov, ki se najpogosteje uporabljajo v hidroloških analizah. Srednji letni pretok predstavlja povprečno letno količino vode, ki teče skozi določen profil vodotoka. Srednji pretok v določenem obdobju je povprečje srednjih letnih vrednosti pretoka v obdobju na določenem profilu vodotoka. Ob večji količini padavin začne pretok vode v vodotokih naraščati, precej hitro doseže maksimum in nato postopoma upada. Za kazalnik največjih letnih vrednosti, ki služi za analize poplavnih pretokov in poplav, se običajno vzame največji pretok v letu (visokovodna konica). Male pretoke zaznavamo v strugi vodotoka, ko dalj časa ni padavin ali taljenja snežne odeje in so odtoki posledica izcejanja podzemnih voda. S kazalniki malih pretokov opisujemo sušno obnašanje posameznih vodotokov. Srednji mali pretok v obdobju je večletno povprečje najnižjih vrednosti srednjega dnevnega pretoka v letu na določenem profilu vodotoka.

Za oceno sprememb hidroloških razmer do konca 21. stoletja smo uporabili hidrološke modele, ki jih ARSO uporablja v sklopu hidrološkega prognostičnega sistema (Petan et al., 2016) in so bili osnova za izgradnjo hidrološkega modela za oceno hidroloških razmer v prihodnosti.

V model je bilo vključenih 52 vodomernih postaj, za katere so bile narejene ocene sprememb pretokov do konca 21. stoletja. Vodomerne postaje so bile izbrane na podlagi reprezentativnosti, pokritosti porečij in vodotokov, čim manjšega človekovega vpliva na hidrološki režim ter popolnosti niza podatkov za primerjalno obdobje 1981–2010 (Gačnik in Plečko, 2018). Obdobje 1981–2010 je služilo tudi za umerjanje modela. Za to obdobje se je simulirane pretoke primerjalo z merjenimi. V postopku umerjanja modela je bilo treba za vsako podporečje določiti parametre fizikalnih in semiempiričnih enačb, ki so v modelu uporabljene za računanje hidrograma odtoka, spremljanje uskladiščene vode v snežni odeji, na površini tal, v koreninski coni in vodonosniku, da so se simulirani pretoki kar najbolje ujemali z merjenimi (Gačnik in Plečko, 2018). Vhodni podatki v hidrološki model so bili modelski podatki podnebnih modelov (Tabela 1) do leta 2100: časovni nizi padavin, temperature zraka in referenčne evapotranspiracije.

Spremembe hidroloških spremenljivk do konca 21. stoletja podajamo z odstopanjem od primerjalnega obdobja 1981–2010. Za vsak scenarij izpustov toplogrednih plinov smo za vsako točko vrednotenja (vodomerno postajo) izračunali modelsko odstopanje od primerjalnega obdobja 1981–2010 za vsak model iz Tabele 1. Primer za odstopanje srednjih pretokov za vseh šest modelov je prikazan na Sliki 1. Razlike med modeli so lahko velike in po predznaku spremembe celo nasprotujoče. Zato smo spremembe značilnih pretokov podali kot odstopanje srednjih vrednosti (mediane) modelskih simulacij za prihodnja 30-letna obdobja (2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100) od primerjalnega obdobja 1981–2010. Razpon modelskih rezultatov podaja negotovost, ki izhaja iz podnebnih modelov in razlik med njimi kot tudi iz hidrološkega modela. Hidrološki modeli so občutljivi na vhodne podatke padavin in je sprememba pri simuliranem odtoku zaradi nelinearnosti naravnih procesov večja kot pri padavinah (Kobold in Brilly, 2006).



Slika 1: Odstopanja modelskih srednjih pretokov od vrednosti obdobja 1981–2010 za obravnavane vodomerne postaje po scenariju izpustov RCP4.5.

Vpliv podnebnih sprememb na napajanje podzemne vode smo ocenili na podlagi spremembe vodne bilance. Za izračun vodne bilance v Sloveniji do konca 21. stoletja smo uporabili vodno-bilančni model mGROWA-SI (Frantar et al., 2018). Za oceno sprememb smo z istim modelom na podlagi meteoroloških in hidroloških podatkov izračunali vrednost povprečnega letnega napajanja podzemne vode v Sloveniji v referenčnem obdobju. Referenčno obdobje napajanja podzemne vode zajema hidrološka leta 1982–2010 (Draksler, 2019; Frantar et al., 2019).

3.1 Spremembe srednjih pretokov

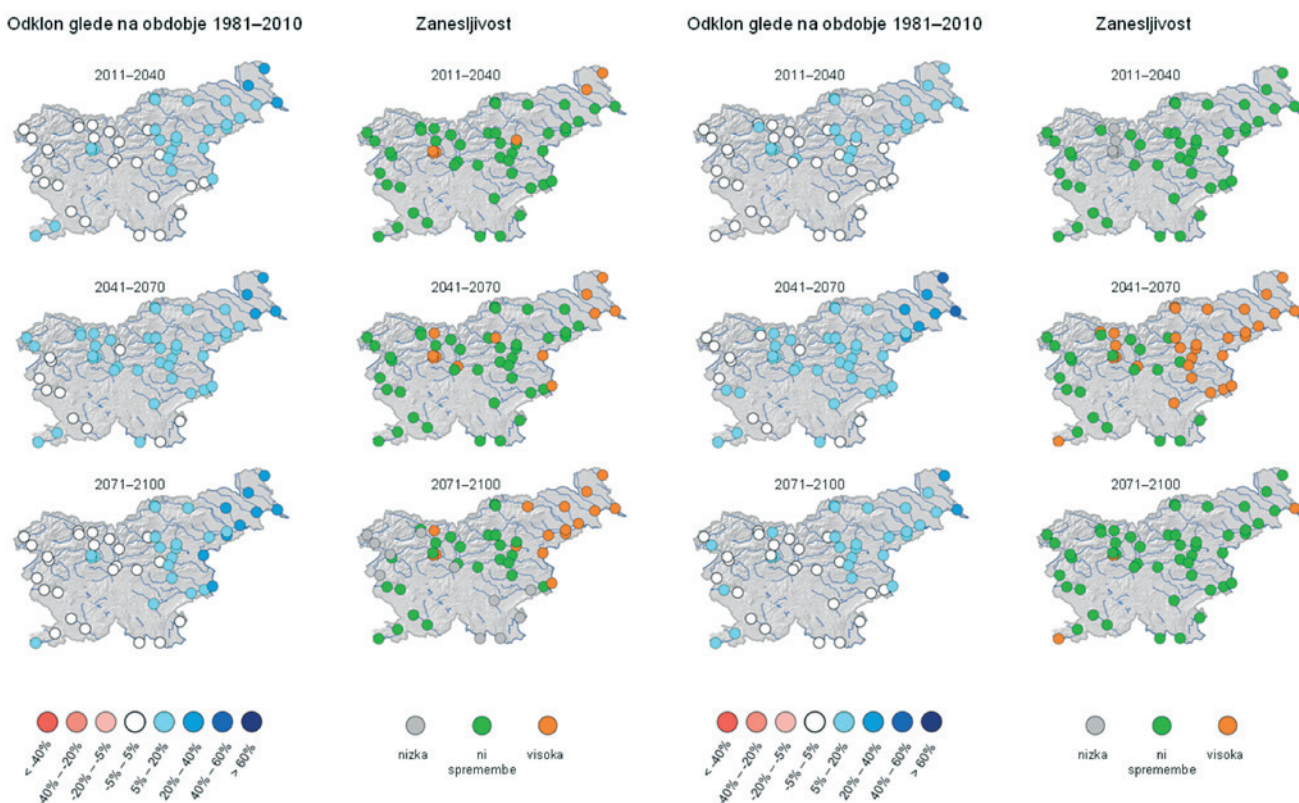
Večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji za različne scenarije izpustov do konca 21. stoletja glede npr. jarno obdobje 1981–2010 ni pričakovati, le za severovzhod države se kaže deloma znatno povečanje pretokov (Slika 2). Zanesljivost predvidenih sprememb pretokov je v največji meri odvisna od zanesljivosti spremembe padavin, ki imajo največji vpliv na odtok površinskih voda.

Po zmerno optimističnem scenariju izpustov RCP4.5 kažejo srednji pretoki v primerjavi s primerjalnim obdobjem 1981–2010 za bližnjo prihodnost na manjše povečanje predvsem za severovzhodni del države in na obalnem območju, drugje sprememb ni pričakovati (Slika 2). Za sredino 21. stoletja so povečanja predvidena za večji del države, z izjemo rek Notranjske,

Vipave, spodnjega dela Soče in Kolpe. Za konec stoletja pa ocenjujemo, da bo bilančno stanje srednjih pretokov rek podobno kot v bližnji prihodnosti. Pri vseh obdobjih z večjo vodnatostjo izstopa predvsem Pomurje, kjer je predvideno povečanje pretokov do 30 odstotkov. V vseh treh obdobjih so spremembe deloma zanesljive za severovzhod države in na posameznih postajah v severni Sloveniji (Slika 2).

Pesimistični scenarij izpustov RCP8.5 kaže podobno kot RCP4.5 (Slika 2). Za sredino stoletja so povečanja predvidena za večji del države, kjer se izrazito in zanesljivo povečanje kaže za večino vzhodnega dela Slovenije, celo do okoli 40 odstotkov, medtem ko za Posočje in v delih južne Slovenije sprememb ni pričakovati. Konec stoletja bo bilančno stanje srednjih pretokov podobno kot pri scenariju RCP4.5, le da je zanesljivost spremembe manjša.

Tudi optimistični scenarij RCP2.6 kaže v bližnji prihodnosti na manjše povečanje na skrajnem severovzhodu države, za sredino in konec stoletja pa kaže na bilančno bolj bogate srednje pretoke skoraj povsod po državi, z izrazitejšim povečanjem srednjih pretokov v Pomurju (Bertalanč et al., 2018).



Slika 2: Relativna sprememba srednjega pretoka v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno).

3.2 Spremembe velikih pretokov

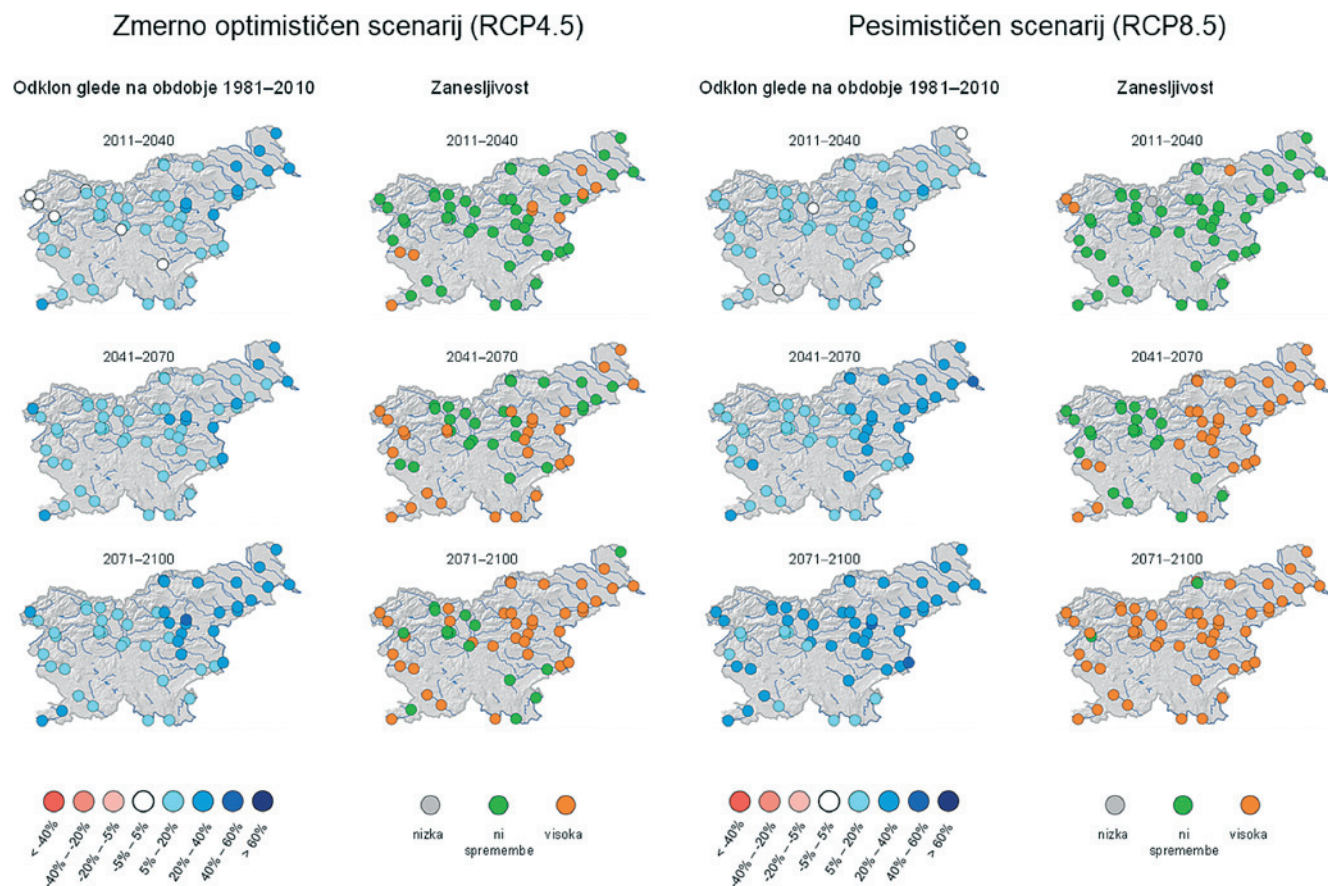
Pri spremembi velikih pretokov (srednjih obdobjnih konic) kažejo vsi trije uporabljeni scenariji izpustov za vsa tri obravnavana obdobja v prihodnosti na povečanje srednjih konic po večini



države, pri čemer so, podobno kot pri srednjih pretokih, največja povečanja predvidena za severovzhod in deloma vzhod države (Slika 3).

V primeru scenarijev izpustov RCP4.5 in RCP8.5 se sprememba od bližnje prihodnosti proti koncu stoletja stopnjuje. Za bližnjo prihodnost je v scenariju izpustov RCP4.5 za severovzhodni del predvideno večje povečanje kot v primeru scenarija izpustov RCP8.5, do okoli 30 odstotkov. V sredini stoletja je največji porast pričakovati v severovzhodni Sloveniji in na Obali. Proti koncu stoletja se pri scenariju izpustov RCP4.5 kaže podobna slika kot v sredini stoletja, pri scenariju izpustov RCP8.5 pa se kaže povečanje med 20 in 40 odstotki glede npr.jalno obdobje na skoraj vseh postajah. Zanesljivost sprememb oz. število postaj z visoko zanesljivostjo spremembe se z vsakim naslednjim obdobjem stopnjuje (Slika 3). Za oba scenarija izpustov so spremembe najbolj zanesljive v zadnjem obdobju, v primeru scenarija izpustov RCP8.5 so takrat zanesljive na skoraj vseh postajah.

Čeprav se tudi v primeru scenarija izpustov RCP2.6 kažejo povečanja velikih pretokov v vseh treh obravnavanih obdobjih, na vzhodu tudi do 30 odstotkov, pa so te spremembe nezanesljive oz. manjše od naravne spremenljivosti (Bertalanič et al., 2018).



Slika 3: Relativna sprememba velikih pretokov (srednjih obdobjnih konic) v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno).

3.3 Spremembe malih pretokov

Pri srednjih malih pretokih lahko pričakujemo tako povečanje kot zmanjšanje v primeru vseh treh uporabljenih scenarijev izpustov. Scenarij izpustov RCP4.5 kaže v bližnji prihodnosti in v sredini 21. stoletja na povečanje za severno polovico države (Slika 4). Večja in zanesljiva povečanja se kažejo za Pomurje. V Pokolpju in jugozahodni Sloveniji je predvideno zmanjšanje srednjih malih pretokov, vendar je to zmanjšanje nezanesljivo, ker si modeli nasprotujejo v predznaku sprememb. Za zadnje obdobje se kažejo podobne spremembe kot v sredini stoletja, z razliko, da je za Krko in spodnjo Savo predviden porast srednjih malih pretokov. Je pa za vse postaje v južnem in jugozahodnem delu zanesljivost sprememb nizka (Slika 4).

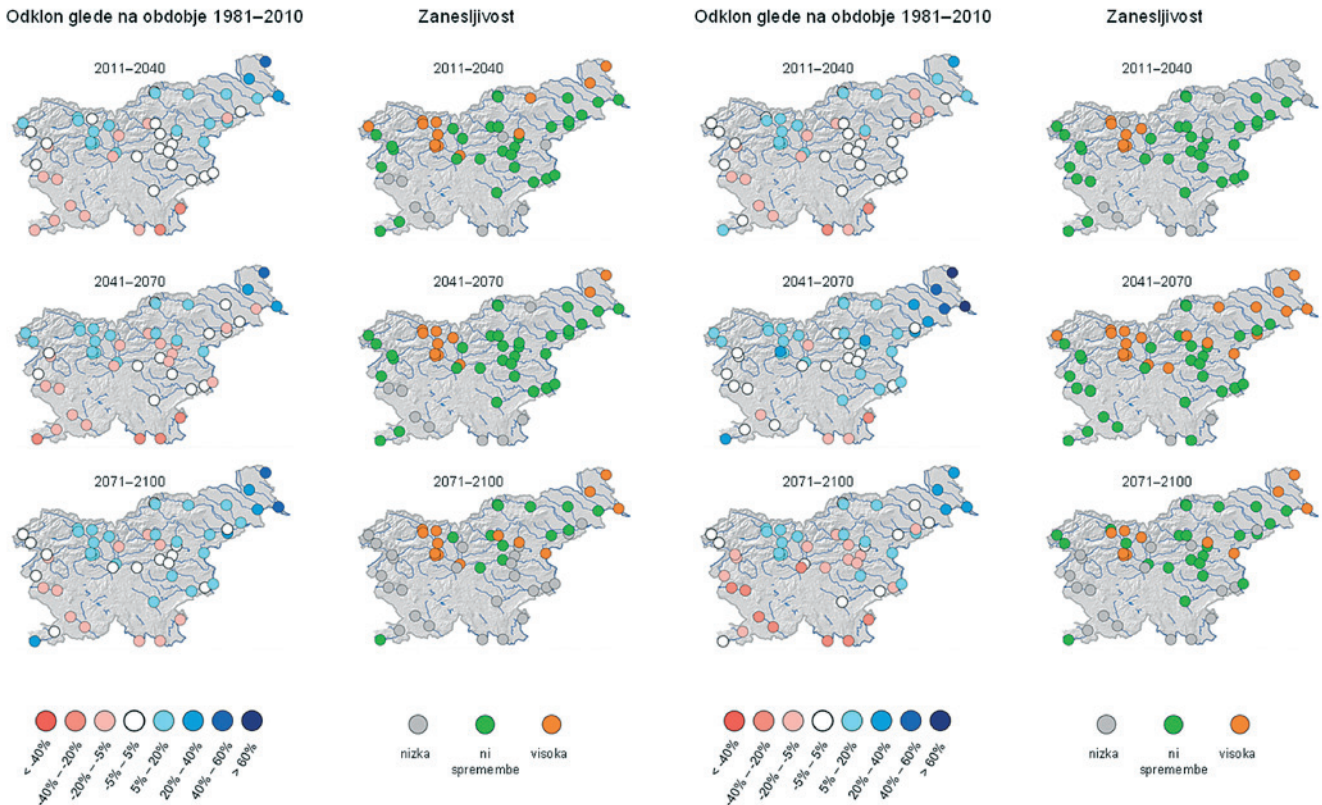
V primeru scenarija izpustov RCP8.5 v bližnji prihodnosti pričakujemo podobno spremembo malih pretokov kot v scenariju izpustov RCP4.5, vendar je v tem primeru sprememba zanesljiva le v delu Gorenjske. Za sredino stoletja se kaže zanesljivo povečanje malih pretokov v severni in vzhodni Sloveniji. Za južni del države je signal spremembe podoben kot za bližnjo prihodnost in prav tako nezanesljiv. Za konec 21. stoletja se kaže podobna sprememba kot v bližnji prihodnosti, le da je signal zmanjšanja malih pretokov v južni Sloveniji nezanesljiv.

V primeru scenarija izpustov RCP2.6 so predvidene spremembe podobne kot v scenariju izpustov RCP4.5. Te spremembe so manjše od naravne spremenljivosti. Izjema je le občutno povečanje malih pretokov v Prekmurju ob koncu stoletja (Bertalaníč et al., 2018).



Zmerno optimističen scenarij (RCP4.5)

Pesimističen scenarij (RCP8.5)



Slika 4: Relativna sprememba srednjih malih pretokov v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 ter pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija izpustov RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno).

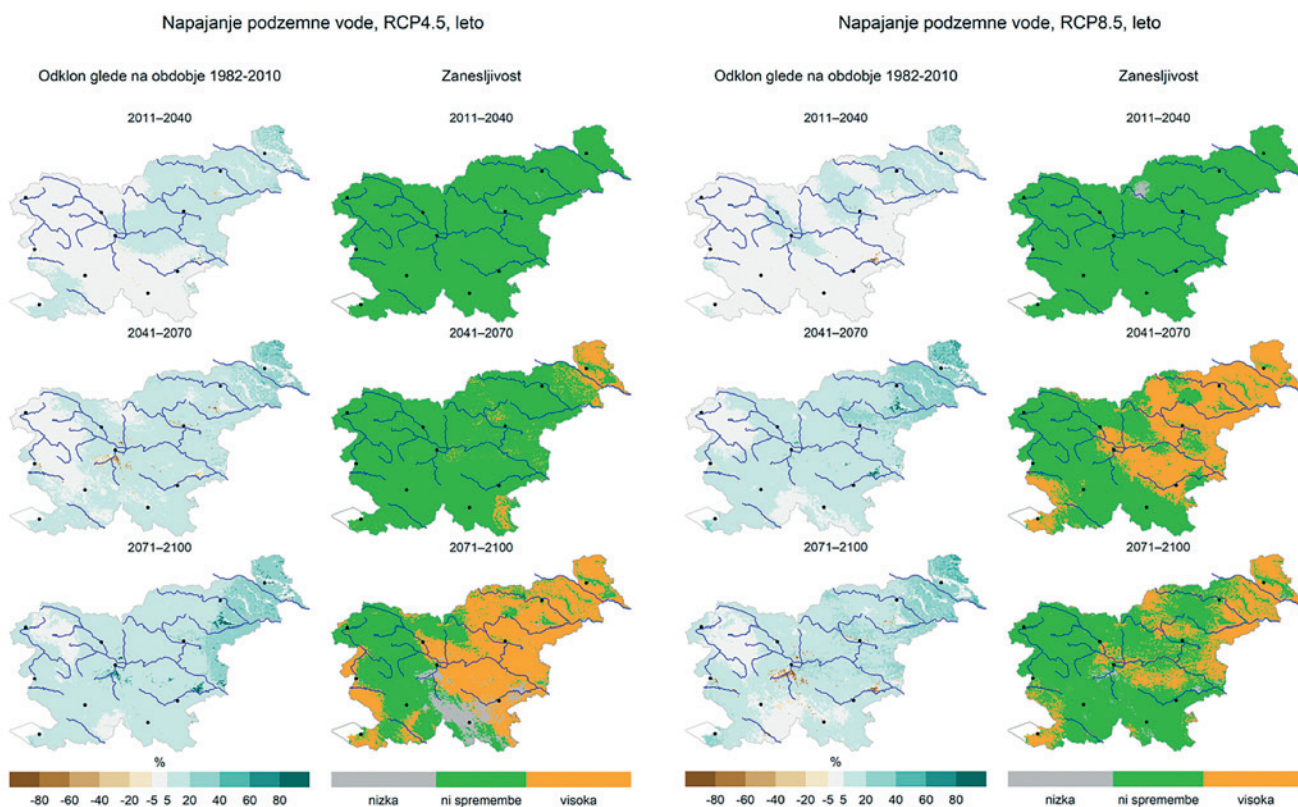
3.4 Sprememba napajanja podzemne vode

V prihodnjih obdobjih povprečno letno napajanje podzemne vode v Sloveniji ne kaže na večje spremembe v prostorski razporeditvi količine napajanja glede na hidrološka leta referenčnega obdobja 1982–2010 (Draksler, 2019; Frantar et al., 2019). V večini Slovenije scenarija izpustov toplogrednih plinov RCP4.5 in RCP8.5 kažeta na povečevanje napajanja podzemne vode v vseh projekcijskih obdobjih. V scenariju izpustov RCP4.5 se spremembe stopnjujejo v vseh treh obdobjih, v scenariju izpustov RCP8.5 pa so največje spremembe v drugem obdobju, v zadnjem nekoliko manj izrazite (Slika 5). Spremembe bodo glede npr.jalno obdobje največje na severovzhodu Slovenije. V prvem projekcijskem obdobju je v scenariju izpustov RCP4.5 predvideno povečano napajanje do 20 odstotkov na severovzhodu Slovenije in se proti zahodu države zmanjšuje (na 5 do 10 odstotkov). Na alpsko-dinarski pregradi bo sprememba manjša od 5 odstotkov, v Istri pa okoli 10 odstotkov. Prostorska porazdelitev sprememb je za vsa projekcijska obdobja podobna, stopnjuje se le velikost porasta napajanja, ki v zadnjem projekcijskem obdobju na posameznih območjih severovzhodne Slovenije preseže tudi 40 odstotkov.

Tudi v primeru scenarija izpustov RCP8.5 je prostorska porazdelitev sprememb podobna kot v scenariju izpustov RCP4.5 (Slika 5). Razlike so v velikosti spremembe. V prvem projekcijskem

obdobju so v scenariju RCP8.5 predvidene spremembe napajanja zelo majhne. V drugem projekcijskem obdobju so v primerjavi s scenarijem RCP4.5 precej večje, v zadnjem projekcijskem obdobju pa bo predvideno povečanje napajanja manjše kot v obdobju sredi stoletja.

V primeru scenarija izpustov RCP2.6 je geografska razporeditev sprememb podobna kot v drugih dveh scenarijih (Bertalanič et al., 2018). Povsod po državi se napajanje poveča, najbolj na severovzhodu države, intenziteta teh sprememb pa je manjša kot po drugih dveh scenarijih.



Slika 5: Spremembe povprečnega letnega napajanja podzemne vode za tri projekcijska obdobja, dva scenarija izpustov RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno) glede na referenčno obdobje ter pripadajoča zanesljivost.

4. ZAKLJUČEK

Za pripravo strokovnih podlag za prilagajanje na podnebne spremembe v Sloveniji sta ključna poznavanje pretekle podnebne spremenljivosti in ocenjevanje prihodnjih podnebnih razmer. Ocene sprememb pretokov do konca 21. stoletja kažejo, da večjih sprememb srednjih letnih pretokov kot tudi napajanja podzemne vode v Sloveniji glede npr.jalno obdobje po treh scenarijih izpustov toplogrednih plinov ni pričakovati, z izjemo severovzhoda, kjer bi se pretoki v zmerno optimističnem scenariju izpustov do konca 21. stoletja lahko povečali do 30 odstotkov, napajanje podzemne vode pa do 40 odstotkov.



Pri visokih vodah se bodo srednje letne konice po vseh obravnavanih scenarijih izpustov v primerjavi z obdobjem 1981–2010 povečale povsod po državi, v povprečju od 20 do 30 odstotkov. Povečanje se od bližnje prihodnosti proti koncu stoletja stopnjuje. Največje povečanje konic bo na severovzhodu države, kjer bo v primeru zmerno optimističnega scenarija izpustov povečanje znašalo do približno 30 odstotkov, v primeru pesimističnega scenarija pa med 20 in 40 odstotkov na skoraj vseh vodomernih postajah v Sloveniji.

Spremembe srednjih malih pretokov so po vseh scenarijih prostorsko neenotne in le ponekod v severni polovici Slovenije kažejo na značilno povečanje za približno 20 odstotkov.

Scenariji napajanja podzemne vode po vseh različicah kažejo na splošno povečanje neposrednega letnega napajanja podzemne vode. V večini države gre za povečanje med 5 in 20 odstotkov, povečanje napajanja pa bo največje na severovzhodu države. Zanesljivost sprememb je največja prav na severovzhodu Slovenije.

Negotovost modelskega ansambla je velika, zlasti pri rekah, kjer so razmerja med malimi, srednjimi in velikimi pretoki velika. Pri velikih pretokih je negotovost večja od negotovosti srednjih in malih pretokov. Pri vseh pa se negotovosti proti koncu stoletja povečujejo (Bertalanič et al., 2018). Negotovost pri oceni podnebnih sprememb se pojavlja na vseh stopnjah procesa priprave projekcij podnebnih sprememb. Izvira iz negotovosti scenarijev izpustov, negotovosti simulacij podnebnih modelov in naravne podnebne spremenljivosti.

LITERATURA IN VIRI

1. Bertalanič, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Kozjek, K., Lokpošek, N., Medevd, A., Vertačnik, G., Vlahovič, Ž. in Žust, A., 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja. Sintezno poročilo – prvi del. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. Dostopno na: http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS21_Porocilo.pdf [3. 5. 2021].
2. Draksler, A., 2019. Ocena količinskega stanja podzemne vode v spremenjenem podnebjju, Končno poročilo. Interno poročilo. Ljubljana.
3. Frantar, P., Draksler, A., Herrmann, F. in Wendland, F., 2019. Climate change impact on groundwater recharge in Slovenia in the period 2011-2100. Groundwater management and governance. Coping with uncertainty: Proceedings of IAH2109, the 46th Annual Congress of the International Association of Hydrogeologists, Málaga (Spain), str. 250.
4. Frantar, P., Herrmann, F., Andjelov, M., Draksler, A. in Wendland, F., 2018. Vodnobilančni model mGROWA-SI. Zbornik. 29. Mišičev vodarski dan, Maribor, Vodnogospodarski biro, 199–205.
5. Gačnik, N. in Plečko, J., 2018. Nadgradnja ocene izrednih meteoroloških in hidroloških razmer v Sloveniji do konca 21. stoletja – poročilo projekta za sklopa 4 in 5. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje.
6. Kobold, M. in Brilly, M., 2006. The use of HBV model for flash flood forecasting. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 6, 407–417.
7. Petan, S., Golob, A. in Moderc, M., 2016. Hidrološki prognostični sistem Agencije Republike Slovenije za okolje. Ljubljana. Acta hydrotechnica 28/49 (2015): 119–131.
8. van Vuuren, D., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K. in Rose, S., 2011. The representative concentration pathways: an overview. Climatic Change, 109, 5–31.
9. WMO, 2017. WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals. WMO-No. 1203, Geneva.



SISTEMI ZA ČIŠČENJE ODPADNIH VODA



INDUSTRIJSKE
ČISTILNE
NAPRAVE

- ▶▶▶ Za male obrti (1 m³/dan) do velikih industrijskih obratov (več 100 m³/dan).

Izdelane po meri naročnika

Različne kombinacije fizikalno - kemijskega in biološkega čiščenja odpadne vode (nevtralizacija, egalizacija z zračenjem, flotacija, flotacija z ozonom, elektrokoagulacija, ultrafiltracija, ozonacija, dezinfekcija bolnišničnih odpadnih voda, strojno zgoščanje, biološko čiščenje).

Možne aplikacije: PREHRAMBNA INDUSTRIJA | MLEKO IN MLEČNI IZDELKI | OBDELAVA ODPADKOV | KOVINSKA INDUSTRIJA | AVTOPRALNICE | KEMIČNA INDUSTRIJA IN DETERGENTI | TEKSTILNA INDUSTRIJA | LES IN LESNI IZDELKI | BARVE IN LAKI | BOLNIŠNICE IN ZDRAVSTVENE USTANOVE.



- ▶▶▶ F3m Levstek d. o. o.
Podgorica 86
1230 Ljubljana - Črnuče



KOMUNALNE
ČISTILNE NAPRAVE
HiPAF

od 10 do 3000 PE

Standardna izvedba ali izdelana po meri naročnika

- ▶▶▶ Biološko čiščenje z MBBR SAF tehnologijo po SIST EN 12255-7, skladnost (do 50 PE) po SIST EN 12566-3. Različne kombinacije čiščenja (odstranjevanje organske obremenitve, nitrifikacija, denitrifikacija, kemijsko obarjanje fosforja, mikro sita, dezinfekcija).

Možne aplikacije: INDIVIDUALNE HIŠE | SKUPEK HIŠ | VEČJA NASELJA | HOTELI | DOMOVI STAREJŠIH OBČANOV | KAMPI.



| www.f3m.si | e-mail: info@f3m.si



ETIČNI PREMISLEKI O VIRIH PITNE VODE

dr. MIHAEL BRENČIČ¹

Povzetek

Uvedene so različne definicije vodnih virov, na podlagi katerih sledi premislek o njihovem stanju in uporabi ter izkoriščanju vode. Sodobna znanost je opredelila fizikalno-kemijske značilnosti vode, vendar lahko ugotovimo, da njene lastnosti segajo širše. Opredelimo jih kot esencialnost in antropičnost vode. Te lastnosti izhajajo iz celote njene kompleksnosti, zato moramo pri izkoriščanju vodnih virov imeti v mislih to, da morda nekaterih njenih fizikalno-kemijskih lastnosti še ne poznamo. Ker lahko s tehnološkimi postopki vzpostavljamo le tiste lastnosti, ki jih poznamo, predpostavimo, da je neokrnjena pitna voda ustreznejša in kakovostnejša kot obdelana ali tehnološka pitna voda. Postavljena je hipoteza, da je nadomeščanje pitne vode iz naravnih vodnih virov z obdelano pitno vodo ali celo tehnološko pitno vodo tam, kjer za to ni potreb, netično.

Ključne besede: antropične lastnosti vode, esencialnost vode, pitna voda, vodni viri, znanje o vodi.

Abstract

Various definitions of water resources have been introduced, based on which the status and use and exploitation of water is considered. Modern science has defined the physico-chemical properties of water, but we can state that the properties of water are broader. We define them as water essentiality and anthropic properties of water. These properties are derived from the totality of its complexity, so that in the use of water resources we must take into account that we may not yet know some of its essential physico-chemical properties. Since we can technically determine only those properties that we know, we assume that natural drinking water is more suitable and of better quality than treated or technical drinking water. It is assumed that replacing drinking water from natural water sources with treated drinking water or even technological drinking water where there is no need for it is not ethical.

Keywords: anthropic properties of water, drinking water, knowledge about water water essentiality, water sources.

¹ Dr. Mihael Brenčič, Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Geološki zavod Slovenije.

1. UVOD

Pitna voda je esencialna snov, brez katere človek ne more preživeti. Zaradi te svoje lastnosti je ena najpomembnejših temeljnih dobrin. Njena esencialnost se odraža tako na individualni ravni, to je za posameznika, kot na kolektivni, to je družbeni ravni. Dostop do pitne vode in vse, kar izhaja iz njene rabe, sproža številna vprašanja kot tudi pomisleke. Ker je pitna voda tako ali drugače del globalnega ali celotnega vodnega kroga na Zemlji, se vprašanja, povezana s pitno vodo, vedno navezujejo tudi na vprašanje vode kot celote in navidez enostavno, a temeljno vprašanje: Kaj je voda?

Veliko je vprašanj z vidika celostnega vodnega kroga ali hidrosfere, v katero štejemo tako vodo v biosferi kot tudi vodo v litosferi, ne nazadnje tudi vodo v družbenem vodnem krogu. Prav tega razumemo kot tok vode skozi družbo in s tem tudi kot relativno samostojno (vodno) entiteto, ki pa je povezana in soodvisna od drugih (vodnih) entitet, obstoječih v okolju, naravi, času ter prostoru. Čeprav so vodne entitete v naravi nastale že pred vzpostavitvijo človeške družbe in so imele – in še imajo – zaradi tega sebi lastne, od človeka neodvisne lastnosti, jih je človek od tistega zgodovinskega trenutka dalje, ko je vodo razumel, obravnaval in izrabljal kot naravni vir, a hkrati tudi spreminjal. To velja tako za površinske (kopenske in morske) kot podzemne in atmosferske vode, le reprezentacija vplivov človeka nanje je drugačna. Danes bomo na Zemlji težko našli vodne pojave, na katerih ni antropogenih vplivov. Korpus vprašanj o vplivu človeka na vodni krog s sodobnim zavedanjem o spremembah klime postaja vse bolj artikuliran, ne pa tudi odgovorjen.

V tem korpusu zavzemajo pomembno mesto etična vprašanja, povezana z vodo. Če je etika univerzalna filozofska disciplina, potem sodijo etična vprašanja, vezana na posamezna konkretna vprašanja, na področja praktičnih etik. Med takšne sodi etika vode, ki bi jo lahko obravnavali kot samostojno poddisciplino etike. Vendar je nikakor ne moremo obravnavati kot samostojno, saj se prekriva z drugimi poddisciplinami etike, kot sta okoljska etika ali geoetika. Verjetno najbolj znano etično vprašanje, povezano z vodo, je pravica do pitne vode, ki postaja tudi pravno opredeljena kategorija (npr. v Republiki Sloveniji, kjer je pravica do pitne vode vpisana v ustavo), kar pa kljub temu ne razrešuje etičnih dilem. Iz univerzalne pravice do pitne vode izhajajo prav tako dobro poznana etična vprašanja o dostopu do pitne vode za marginalizirane skupine (npr. begunce, brezdomce, etnične manjšine) ali pa dostop do pitne vode v času aktivnih oboroženih ali zamrznjenih konfliktov (npr. palestinsko-izraelski konflikt). Vendar bomo ta, sicer zelo aktualna etična vprašanja o vodi v našem prispevku pustili neobdelana. Dotaknili se bomo nekaterih bolj univerzalnih etičnih vprašanj o vodi, čeprav prej naštetim problemom ne moremo odrekati pomembnosti in aktualnosti. Zanimajo nas etična vprašanja, povezana s presečiščem med podzemno in pitno vodo, to je predvsem takrat, ko podzemna voda predstavlja vir pitne vode. V Republiki Sloveniji 97 % pitne vode prihaja iz podzemne vode (Računsko sodišče, 2019), zato so ta vprašanja vedno zelo pomembna in aktualna. Vendar se pri naših premišljevanjih ne omejujemo le na lokalne, slovenske značilnosti podzemne vode. Naši premisleki so univerzalni, saj je podzemna voda, globalno gledano, pomemben vir pitne vode. Ne nazadnje je slednja bistvena povsod, ne glede na to, kaj in kje je njen primarni vir.



Na začetku prispevka obravnavamo terminološka izhodišča, na katerih bomo zgradili našo razpravo. Sledi prikaz hipotetičnega primera velikega vodooskrbnega sistema, ki ga bomo uporabili kot študijski primer za postavitev vprašanj in hipotez, s pomočjo katerih bomo razvili naša razmišljanja o etiki pitne vode in njene zaščite.

2. TERMINOLOŠKA IZHODIŠČA

Če obravnavamo etična vprašanja odnosa do pitne in podzemne vode, moramo za začetek ponoviti ali vzpostaviti izhodiščne definicije temeljnih pojmov. Nekatere od teh definicij so vsakdanje. Uporabljamo jih in razumemo *ex uso*. Samoumevnost teh definicij je le navidezna. Ugotovimo lahko, da so v različnih strokovnih in tudi laičnih rabah med seboj različne, po drugi strani pa večinoma niso kodificirane (npr. v pravnih predpisih ali terminoloških slovarjih). Na težave, denimo, naletimo že pri uporabi tako samoumevnega termina, kot je vodni vir. Prav zaradi tega bomo v nadaljevanju uvedli samostojen terminološki aparat, ki pa je seveda uporaben tudi zunaj naše razprave. Definicije, ki jih postavljamo, so lahko v rabi že povsem uveljavljene, vendar jim z našim zapisom skušamo podati bolj izostren pomen.

Za potrebe sistema definicij, ki ga bomo uporabili v nadaljevanju, uporabimo tranzitivno hiponimijo, to je hierarhijo odnosa med nadpomenkami (hiperonim) in podpomenkami (hiponim). Najvišji termin opredelimo kot nadpomenko, ostale termine kot podpomenke prvega, drugega in tretjega reda. Pri vzpostavljanju definicij v nadaljevanju se je treba zavedati, da gre za definicije, ki predstavljajo teoretične koncepte, ki nam pomagajo razumeti človekov odnos do vode in virov vode v najširšem pomenu besede. Pri tem ne gre za natančne definicije, ki bi izhajale iz naravoslovnega razumevanja vode. Poleg tega se je treba zavedati, da termine, kot so podzemna voda, površinska voda in vodonosnik, ter ostale termine, ki jih v naši razpravi ne definiramo, razumemo kot opredeljene, a obenem samoumevne.

Za začetek si oglejmo pomen besede *vir*, ki jo razumemo kot nadpomenko. Po Slovarju slovenskega knjižnega jezika ima beseda več pomenov, za našo rabo je pomemben naslednji. Vir je: »... stvar, od katere, iz katere kaj prihaja, se dobiva ...« (Fran, 2021). Tako lahko oblikujemo definicijo *vira* kot fizične entitete, iz katere nekaj prihaja ali pa se v njej nekaj nahaja, kjer je to prisotno v sebi lastnem stanju (razpravo in definicijo o tem, kaj je stanje vode, glej v nadaljevanju). Takšna definicija je vsesplošna, lahko jo uporabimo za vodo, katere koli druge surovine ali dobrine. Globlji pomen te definicije postane jasen šele pri vodi. Če se voda premika proti mejam vira, torej prihaja iz vira, je takšna fizična entiteta na prehodu iz vira v okolico poimenovana *iz-vir*, torej nekaj, kar prihaja iz vira.

Ker je beseda *vir* v rabi »navadno s prilastkom« (Fran, 2021), definirajmo v nadaljevanju še vire in s tem tudi podpomenke, ki jih opredeljujejo njihovi prilastki. Oglejmo si najprej podpomenko prvega reda. *Vodni vir* je kateri koli vir vode, ne glede na njeno stanje in njeno rabo. Kot podpomenke drugega reda definiramo naslednje termine: *Naravni vodni vir* je tisti vir vode, kjer vodo najdemo v naravnem okolju, ne glede na njeno stanje. Ti naravni vodni viri lahko imajo vodo z neokrnjenim ali spremenjenim stanjem vode (diskusijo o stanju vode glej v nadaljevanju). Tako lahko definiramo podpomenke tretjega reda. V *neokrnjen naravni*

vodni vir, kjer je voda, človek ni posegal, medtem ko je *spremenjen naravni vodni vir*, kjer je voda v vodnem viru, spremenjena zaradi vpliva človeka. V nekaterih primerih spremenjenega naravnega vodnega vira lahko uvedemo gradacijo sprememb; od le malo spremenjenega do zelo spremenjenega naravnega vodnega vira. *Tehnološki vodni vir* je tisti vodni vir, v katerem voda, v najširšem pomenu, izvira iz antropogenega okolja ali tehnoloških procesov, povezanih z njim. Skrajni primer takšnega vira je bazen odpadne vode ali pa kanalizacijski sistem. Če bi obravnavali celoten vodni krog na Zemlji, tudi morje, bi morali tudi tega uvrstiti med naravne vodne vire. Ker pa je naš prispevek usmerjen v problematiko pitne vode, lahko s tega vidika morje uvrščamo le v vodni vir, ki je enakovreden tehnološkimi vodnim virom. Podobno velja tudi za visoko mineralizirane slanice, na katere naletimo v nekaterih formacijah kamnin.

Kot podpomenke drugega reda definiramo še naslednje termine. *Obnovljivi vodni vir* je tisti, v katerem se količine vode v celoti obnavljajo. Toliko vode, kot jo po naravni ali umetni poti izteče iz takšnega vodnega vira, prav toliko se je lahko obnovi. Pri prvi poti gre za napajanje s padavinami in drugimi hidrološkimi pojavi (reke, jezera), pri drugi poti je obnavljanje vodnega vira rezultat tehničnih posegov (npr. bogatenja podzemne vode). *Omejen vodni vir* je tisti, v katerem se voda ne obnavlja. Če iz takšnega vodnega vira odstranimo določeno količino vode, se ta ne bo obnovila. Kot omejen vodni vir lahko obravnavamo tudi tiste vodne vire, pri katerih količina izkoriščene vode presega količino vode, ki se obnavlja. Ob vzdrževanju takšnega stanja, ko količina izkoriščanja presega količino obnavljanja, bo s časom takšen vodni vir presahnil ali se celo osušil. Omejene vodne vire bi lahko imenovali tudi neobnovljivi vodni viri, vendar z izrazom omejeni vodni viri želimo poudariti pojem meje, to pa zaradi tega, ker pojem meje implicira omejitve v prostoru in času. Vodni viri so lahko obnovljivi ali omejeni vodni viri. *Neskončni vodni vir* ni realni vodni vir, na katerega bi lahko naleteli v okolju ali ga vzpostavili s tehničnimi sredstvi. Gre za metaforo in paradigmo, ki odraža človekov odnos do naravnih vodnih virov in njihovega izkoriščanja. To izkoriščanje izhaja iz neustrezne prakse, kjer se naravne vodne vire obravnava kot neskončne in neizčrpne, ker se z njimi ravna tako, kot da se nenehno in v celoti obnavljajo, ali pa je njihov obseg takšen, da jih ni mogoče izčrpati. Prav takšno je to prepričanje, po katerem je stanje vodnega vira trajno stabilno in nespremenljivo, ne glede na stopnjo posegov vanj. Čeprav je takšne poglede na vodne vire znanost že davno presegla, je paradigma neskončnega vodnega vira v praksi še vedno prisotna. Primer takšnega ravnanja je prestavljanje vodnjakov za pitno vodo. Ko se gradi na nekem območju, se sprejme odločitev, da se vodnjaki za oskrbo s pitno vodo zaradi vpliva nanje premaknejo drugam. Večkratno ponavljanje tega pripelje do tega, da vodnih virov, kamor bi lahko postavili ali izvedli nove vodnjake, ni več na voljo. Zavedati se moramo, da neskončni vodni viri ne obstajajo.

Definirajmo novo nadpomenko *stanje*. Znova pogledjmo, kako besedo stanje opredeljuje Slovar slovenskega knjižnega jezika. V slovarju bomo naleteli na vrsto razlag besede stanje. V našem primeru so pomembne naslednje slovarske razlage: »... kar je v kakem času določeno z dejstvi, nanašajočimi se ...«, »... na kvaliteto, uporabnost, sposobnost obstajanja česa ...«, »... kar je v kakem času pri čem določeno z razmerami, okoliščinami, kakimi dejstvi sploh ...« in »... kar nastopi pri čem, kje kot posledica določenega dogajanja, procesa, dejstev sploh ...« (Fran, 2021). Izvor besede stanje se povezuje z glagolom stati (Fran, 2021), kar pomeni, da beseda izraža trpnost. Slovar podobno kot pri viru podaja razlago, da je beseda stanje običaj-



no povezana s prilastkom (Fran, 2021). Na podlagi tega lahko opredelimo naslednjo definicijo: *stanje* predstavlja presek dejstev, značilnosti in procesov o fizični entiteti v točno določenem času in prostoru. Na podlagi tega lahko definiramo podpomenko prvega reda stanje vode. Tako sledi: *stanje vode* je presek dejstev, značilnosti in procesov vode v vodnem viru v točno določenem času in prostoru.

Tako kot predhodno uvedimo še preostale podpomenke drugega reda. V literaturi in praksi bomo naleteli na različne opredelitve stanja vode. Vse od uveljavitve Okvirne direktive o vodah (EU, 2000) in iz nje izhajajočega Zakona o vodah (RS, 2002) so se v Sloveniji v strokovni rabi uveljavili naslednji izrazi: količinsko stanje vode, kemijsko stanje vode in ekološko stanje vode, ki jih lahko z vidika naše razprave opredelimo kot podpomenke drugega reda. Na tem mestu se z opredelitvami teh stanj ne bomo ukvarjali, ker so za našo razpravo drugotnega pomena. Uvedli bomo dve drugačni podpomenki drugega reda. *Neokrnjeno stanje vode* je tisto, ki je prisotno v naravnem vodnem viru, na katerem ni vplivov človeka in njegovih dejavnosti. Neokrnjeno stanje vode je lahko prisotno le v naravnem vodnem viru. Pri tem se nam ponuja razmislek o tem, ali ne bi bilo smiselno opredeliti definicije neokrnjenega stanja vode kot tisto, v katerem antropogeni vplivi niso zaznani. Kot bomo pokazali v nadaljevanju, pri nezaznanih antropogenih vplivih še ne pomeni, da teh vplivov na vodni vir ni. Pogosto imamo opraviti z razmerami, ko človekovih vplivov še ne znamo opredeliti. *Spremenjeno stanje vode* je tisto, ki je posledica vpliva človeka in njegovih dejavnosti na vodni vir. V nekaterih primerih lahko uvedemo gradacijo sprememb; od le malo do zelo spremenjenega stanja. Naravni vodni vir lahko ima neokrnjeno ali spremenjeno stanje vode. V tehnološkem vodnem viru se voda nahaja v *tehnološkem stanju*.

Zaradi razprave o pitni vodi opredelimo še pojem pitne vode. Glede na našo klasifikacijsko shemo terminov na podlagi hiponomije pitno vodo opredelimo kot podpomenko prvega reda, ker kot nadpomenko obravnavamo termin *voda*. *Pitna voda* je tista voda, ki jo lahko ljudje uživamo, ne da bi to vplivalo na trenutno zdravstveno stanje ali da bi imelo njeno pitje kratkoročne (akutne) ali daljnoročne (kronične) posledice na zdravje posameznika ali skupnosti. To je definicija, ki je nekoliko drugačna od definicij, ki jih zasledimo v zakonodaji in vsakdanji praksi ravnanja s pitno vodo. Opredelimo še dve podpomenki drugega reda. *Neokrnjena pitna voda* se nahaja v naravnem vodnem viru in jo lahko prek neposrednega zajema uživamo brez kakršne koli obdelave. Tak primer je uživanje vode, ki izteka iz čistega izvira v naravi. Pri obravnavi neokrnjenega stanja vode v navezavi na neokrnjeno pitno vodo velja opozoriti še na navidez paradoksalno stanje, ki je lahko povezano z naravnimi viri vode. V teh primerih pogosto zasledimo vodo v neokrnjenem stanju, ki pa ni primerna za pitje. Tak primer so prisotnosti nekaterih toksičnih elementov, ki so posledica geoloških razmer, v katerih se nahaja voda. To pomeni, da voda, ki je v neokrnjenem stanju, ni nujno tudi pitna voda. V takšnih primerih se pogosto govori o onesnaženi naravni vodi ali pa o naravnem onesnaženju, kar pa je neustrezno in nekorektno, saj je onesnaženje treba obravnavati kot posledico antropogenih dejavnosti in ne naravnih procesov. To je tudi vzrok, zakaj o podzemni vodi, ki je sicer v Sloveniji prevladujoči vir pitne vode, ne moremo *a priori* govoriti kot o pitni vodi, zaradi česar je s stališča splošnih meril o vplivu človekovih dejavnosti na vodo ne smemo primerjati z merili za ustreznost pitne vode. *Obdelana pitna voda* je tista voda, ki ima svoj izvor v naravnem vodnem viru in ki se jo je s tehnološkimi procesi obdelalo do te mere, da jo je možno uživati

kot pitno vodo. Pri tem so lahko tehnološki postopki zelo enostavni (npr. pretakanje vode prek usedalnih bazenov) ali pa kompleksni, kjer se vodo v celoti pripravi (npr. čiščenje z ultrafiltracijo in dodajanjem različnih stabilizatorjev). Skrajni primer tega je *tehnološka pitna voda*, ki v celoti izhaja iz tehnološkega vodnega vira in je predelana (npr. tako imenovane tovarne vode, kjer se vodo pripravi s kemijsko tehnološkimi postopki in reverzno osmozo) ali celo sintetizirana. Kot tehnološko pitno vodo obravnavamo tudi pitno vodo, ki je pridobljena iz morske vode ali slanic. *Neobdelana pitna voda* je voda, ki je v naravnem vodnem viru opredeljena kot neokrnjena pitna voda, vendar jo moramo transportirati do potrošnika, kar lahko izvajamo na različne načine (npr. steklenice, cevovodi), vendar jo lahko še uživamo neobdelano. To pomeni, da iz naravnega vodnega vira odvzamemo neobdelano pitno vodo in jo samo transportiramo. Razlikovanje med neokrnjeno pitno vodo in neobdelano pitno vodo je potrebno zaradi tega, ker se vodi med transportom, ne glede na njegovo vrsto in način, vedno spremenijo njene kemijske in fizikalne lastnosti.

Na podlagi definicij vodnih virov in njihovega stanja lahko med njimi postavimo konceptualno hierarhijo in opredelimo njihovo medsebojno povezanost. Podobno hierarhijo postavljamo tudi glede na pitno vodo. V tej hierarhiji na skrajni rob postavimo dva med seboj najbolj različna vodna vira; na eni strani imamo opraviti z naravnim vodnim virom z neokrnjenim stanjem vode, na drugi pa s tehnološkim vodnim virom, v katerem je voda v tehnološkem stanju. Med tema viroma obstajajo prehodi. V naravnem vodnem viru je lahko stanje vode spremenjeno, te spremembe tečejo od neokrnjenega stanja vode do različnih stopenj sprememb stanja; od le majhnih do velikih sprememb. Posebno kategorijo predstavlja voda v tehnološkem stanju, ki jo glede na stanje vode v naravnem vodnem viru primerjalno obravnavamo kot skrajno, največjo možno spremembo stanja vode. V slednjem primeru ni nujno, da gre za takšno spremembo stanja, da je voda v tehnološkem vodnem viru posledica tehnološko pogojenih sprememb stanja v naravnem vodnem viru. Voda v tehnološkem vodnem viru je lahko povsem neodvisna od naravnega vodnega vira, to pomeni, da je pridobljena povsem tehnološko.

Opredelimo še podobna razmerja za pitno vodo. Če opredelimo niz od neokrnjene prek neobdelane do obdelane pitne vode, lahko govorimo o prehodu stanj vode od neokrnjenega, spremenjenega do povsem tehnološkega stanja pitne vode. Stopnja sprememb teh stanj je odvisna od vplivov na vodne vire in od stopnje tehnoloških procesov, s katerimi obdelamo vodo do te mere, da predstavlja pitno vodo. Čeprav je to težko kvantificirati, lahko govorimo o prehodih od le malo do zelo obdelane pitne vode in v skrajnem primeru tehnološko proizvedene pitne vode. Tako opredeljena obdelava vode je povezana s tem, kako in v kakšni meri moramo spremeniti stanje vode, da bo primerna za pitje.

3. HIPOTEZE IN ODPRTA VPRAŠANJA

3.1 Izhodiščni primer

Za začetek naše razprave predpostavimo, da imamo opraviti z velikim sistemom v javni lasti, ki oskrbuje veliko število prebivalstva in ostale družbeno pomembne dejavnosti s pitno vodo. Ta sistem ima na voljo naravni vodni vir podzemne vode, v katerem se voda nahaja v neo-



krnjenem stanju, zaradi česar lahko potrošnikom dobavljajo neobdelano pitno vodo. Takšne pogoje za oskrbo s pitno vodo vodovodni sistem zagotavlja s pomočjo varovanja napajalnega zaledja vodnega vira, ki temelji na vodovarstvenih območjih in na podlagi natančnega sistema zagotavljanja kakovosti. Vodovarstvena območja, ki zagotavljajo varovanje napajalnega zaledja vodnega vira, zavzemajo obsežen prostor. Na teh območjih so prisotni strogi ukrepi, omejitve in prepovedi, ki vzdržujejo naravno stanje, obenem pa preprečujejo vplive človeka in njegovih dejavnosti na vodni vir. Vse to zelo omejuje druge dejavnosti, zlasti tiste, ki za svoj razvoj potrebujejo prostor. Ta je prav zaradi omejitev, ki jih narekujejo vodovarstvena območja, zelo dragocen in ima na sosednjih območjih, ki niso na vodovarstvenih območjih, posledično visoko tržno vrednost. Zaradi tega so na nepozidana ali malo pozidana območja na vodovarstvenih območjih prisotni veliki pritiski, ki so posledica zelo raznolikih interesov številnih deležnikov. Prav ti na različnih ravneh odločanja delujejo v smeri sprostitev ali omilitvenih ukrepov za varovanje vira pitne vode, kar bi posledično pripeljalo do zmanjšanja obsega vodovarstvenih območij. Zaradi morebitnih dodatnih posegov na vodovarstvenih območjih bi se zmanjšala kakovost stanja vodnega vira, zaradi česar pitna voda iz vodnega vira čez čas ne bi bila več neokrnjena pitna voda.

Glede na trenutni razvoj tehnologije se pojavljajo pobude, da bi se prostorski obseg zaščite z vodovarstvenimi območji v prostoru omejil, zaščitni ukrepi pa bi se izvajali z drugimi alternativnimi tehničnimi in tehnološkimi pristopi. Namesto vzpostavljenega naravnega stanja, ki ga varujejo in vzdržujejo vodovarstvena območja, bi se lahko izvedla zaščita z aktivnimi hidravličnimi zavesami. Najbolj radikalni predlogi pa usmerjajo rešitve v tovarne vode. Te namreč omogočajo pripravo pitne vode v skladu z veljavno nacionalno zakonodajo in mednarodnimi standardi. Vse tehnološke zaščite bi imele za posledico, da bi se sprostil za razvoj potreben prostor, ki ga omejujejo vodovarstvena območja. Na ta način bi se razširila območja s stanovanjskimi stavbami ter prostor za storitvene in industrijske dejavnosti. Hkrati s tem pa bi bilo treba vzdrževati tehnologije za zaščito vodnega vira in obdelavo vode, kar bi generiralo nove dejavnosti ter storitve. Po interpretacijah predlagateljev takšnih rešitev bi te imele multiplikativne učinke.

Primer, ki ga navajamo, je hipotetičen in ga ni mogoče neposredno preslikati v vsakdanjost. Pri njegovem opisu smo sestavili aktualno problematiko iz več lokalnih okolij, v njem lahko prepoznamo velik del problematike, ki se pojavlja zlasti na območjih velikih urbanih vodooskrbnih sistemov v Republiki Sloveniji. Številne vzporednice bi našli z vodooskrbnimi sistemi na območju Ljubljane, Maribora, Celja in Obale. Opisani primer predstavlja izhodiščni model za naša razmišljanja in izvajanja, ki pa jih ne nameravamo aplicirati na nobenem od obstoječih vodooskrbnih sistemov v Sloveniji.

Prav ta opisani primer bi lahko obravnavali kot črni scenarij prihodnjega razvoja vodnih virov. Poglobljena analiza obstoječega razvoja oskrbe s pitno vodo in ne nazadnje politično ekonomskih razmer pa bi pokazala, da uresničitev takšnih scenarijev ni nemogoča, vendar takšna analiza presega namen našega prispevka. Vprašanja, ki si jih postavljamo v nadaljevanju, so namenjena širšemu premisleku in so povezana z okoljsko filozofijo ter etiko.

3.1.1 Vprašanja

Oglejmo si, katera filozofsko etična vprašanja se pojavljajo pri predhodno zastavljenem hipotetičnem primeru dolgoročnega razvoja sistema za oskrbo s pitno vodo.

Ali je etično uporabljati prostor na območju naravnega vodnega vira tako, da vplivamo na njegovo stanje do te mere, da voda v njem ne bo več v neokrnjenem stanju in iz njega ne bo mogoče več pridobivati neokrnjene pitne vode, hkrati pa načrtujemo takšen razvoj, da se bo uporabljala voda iz naravnega vodnega vira s spremenjenim stanjem za namen priprave obdelane vode, ki bo ustrezala vsem merilom nacionalne zakonodaje in mednarodnih standardov?

Ali sta neokrnjena pitna voda in obdelana pitna voda, ki ustrezata vsem merilom nacionalne zakonodaje in mednarodnih standardov za pitno vodo med seboj enakovredni?

Ali poznamo pomen, vlogo in strukturo neokrnjene pitne vode ter njenih naravnih virov do te mere, da se danes do njih opredeljujemo enoznačno in ob predpostavki, da današnje odločitve ne bodo trajno in nepopravljivo prizadele njenega prihodnjega stanja in rabe?

Ali je naše znanje o pitni vodi zadostno, da lahko značilnosti neokrnjene pitne vode in njeno vlogo pri zagotavljanju zdravstveno ustrezne oskrbe z vodo enačimo z obdelano pitno vodo, ki je tehnološko pripravljena do te mere, da ustreza vsem merilom nacionalne zakonodaje in mednarodnih standardov za pitno vodo, hkrati pa je raven njene zdravstvene ustreznosti enaka kot v primeru neokrnjene pitne vode?

Za konec niza vprašanj lahko zastavimo še vprašanje, ki se navezuje na osnovna načela trajnostnega razvoja: ali so današnji posegi in vplivi na podzemne vode, ki so viri (neokrnjene) pitne vode, etično sprejemljivi s stališča zagotavljanja pravic prihodnjih generacij?

3.1.2 Hipoteza

Na podlagi predhodno zastavljenih vprašanj se nam kar sama ponuja naslednja hipoteza: neokrnjene pitne vode ni mogoče v celoti nadomestiti z obdelano pitno vodo, saj je ta lahko le nadomestilo.

4. RAZPRAVA

4.1 Izhodišča

Voda je za človeka in življenje na Zemlji esencialna snov. Brez vode se na Zemlji ne bi razvilo življenje, kakršnega poznamo danes. Seveda pri tem ne smemo zanikati tudi drugih dejavnikov, predvsem dejstva, da se na Zemlji lahko tvorijo molekule, katerih sestavni element je ogljik, a tudi sinteze organskih molekul brez vode ali vodnega okolja ni, zato je voda esencialna. Za vodo s stališča razvoja in obstoja, tudi človeka, ni nadomestila.



V odnosu do življenja prepoznamo še eno lastnost vode, to je njeno antropičnost.² Antropičnost je koncept, ki so ga astrofiziki razvili v sodobnih kozmoloških teorijah in v osnovi govori o tem, da je vesolje, kot ga poznamo, takšno samo zaradi svojih fizikalnih lastnosti v najširšem pomenu. V primeru drugačnih fizikalnih lastnosti bi se razvilo drugačno vesolje, z drugačno reprezentacijo (Barrow in Tipler, 1986)³. Enako lahko opredelimo odnos in odvisnost življenja do vode. Življenje se je razvilo v obliki, kot ga poznamo, to pa zaradi tega, ker je voda na Zemlji takšna, kakršna je. Če bi imeli opraviti z »drugačno vodo«, kot je voda, kakršno poznamo in kakršna nastopa na Zemlji, bi se razvilo drugačno življenje ali pa življenja sploh ne bi bilo. Življenje na Zemlji, s tem pa tudi človek, je takšno samo zaradi vode in njenega stanja, v katerem se je ta nahajala v času razvoja življenja in vrst, ki tvorijo celoto življenja na Zemlji. Če spreminjamo vodo, spreminjamo tudi življenje, ki se mora tem spremembam zaradi njene esencialnosti prilagoditi, v nasprotnem primeru odmre. Enako velja za človeka, če pride do sprememb vode, se mora zaradi njene esencialnosti tem spremembam prilagoditi. Do kakšne mere pa sta zaradi njene antropičnosti življenje in človek odporna proti tem spremembam, je temeljno vprašanje fizične eksistence. Ali so vse lastnosti vode tudi antropične, je težko odgovoriti, a bolj kot to je smiselno ugotavljati, da so vse njene fizikalno-kemijske lastnosti, ki jih znamo meriti in jih bomo morda šele znali izmeriti v prihodnosti, del nečesa, kar je celota kompleksnosti vode, prav to pa tvori esencialnost in antropičnost vode. Prav zaradi vsega prej naštetega moramo pri premisleku o pitni vodi in njenih etično moralnih posledicah upoštevati tako njeno esencialnost kot antropičnost.

4.2 Kaj je voda?

Zaradi ilustracije tega, kako kompleksna je voda, si zastavimo še vprašanje: Kaj je voda? To je vprašanje, ki si ga zastavljajo številni avtorji (npr. Linton, 2010), čeprav je z vidika sodobnih naravoslovnih in tehničnih znanosti o tem nesmiselno govoriti. Še iz osnovnošolskih let nam je znano, da je voda snov brez barve, vonja in okusa. Pa vendar, ali takšen opis drži? Takšne lastnosti ima le voda v laboratoriju, in to le pod zelo določenimi in ozko opredeljenimi fizikalno-kemijskimi pogoji. Takšno vodo bomo zaradi razlikovanja poimenovali *laboratorijska voda*. Kadar govorimo o vodi, skoraj nikoli ne mislimo na laboratorijsko vodo, temveč imamo v mislih vedno nekaj širšega. Nikomur ne bo padlo na misel, da bi izjavil, da je v morju nekaj drugega kot voda – morska voda, obenem pa je ta voda zelo raznolike barve; če jo okusimo in ovonjamo, tudi zelo različnih okusov ter vonjev. Prav tako ne bo nikomur padlo na misel, da je v reki nekaj drugega kot voda – površinska voda. Pojavne oblike rek so zelo različne, tako kot je različno stanje vode, ki teče v njihovih strugah. Spet povsem drugačna je voda v tleh – podzemna voda. Brez nadaljnje poglobljene razprave lahko tudi ugotovimo, da različne reprezentacije vode, glede na njeno rabo in pojavnost, imenujemo tudi kot modra, zelena, siva ali celo črna voda.

Kaj je torej voda? Če gledamo nanjo zgolj s fizikalno-kemijskega vidika, v laboratoriju, ko imamo opraviti le s spojino H₂O, je odgovor jasen, ko pa gremo v realen prostor, so njene fizikalno-kemijske in tudi vizualno senzorične reprezentacije zelo raznolike. Sodobna naravoslov-

² Avtor je analizo antropičnosti vode že nakazal v enem od svojih prispevkov na Vodnih dnevih (Brenčič, 2017).

³ Pojem antropičnosti je v sodobni fiziki in filozofiji razumljen zelo različno, to razumevanje je različno od avtorja do avtorja, vendar pa analiza razlik med temi koncepti presega okvirje prispevka.

na znanost bo s svojim znanjem in metodami pri teh pojavnih oblikah vode izmerila nešteto podobnosti in skupnih točk, a hkrati bo izmerila in ugotovila tudi nešteto razlik; povsod imamo torej opraviti z vodo. Ko v vsakdanjem življenju govorimo o vodi, nikoli ne govorimo o spojini H_2O , temveč vedno o vodi kot fizični entiteti s kompleksnimi značilnostmi in relacijami. In vedno, ko govorimo o vodi, je govor o njej vedno odvisen od konteksta. To pomeni, da je voda po svoji naravi multikontekstualna ali večkontekstualna. In ko jo obravnavamo, se moramo zavedati, da jo le redko obravnavamo kot celoto, kot vodo nad vsem, kot eno. Čeprav o njej tako govorimo. Realno jo vedno obravnavamo le v posameznem kontekstu. Ko npr. govorimo o poplavih, nikoli ne govorimo o rekreacijski vodi, ki jo uporabljamo za rekreacijo ter higieno, in tudi takrat, ko govorimo o pitni vodi, nikoli ne govorimo o vodi za namakanje.

4.3 Sivo polje

Znanje sodobne znanosti o vodi je obsežno. Ne glede na to pa vedno nove in nove raziskave ter njihovi rezultati dokazujejo, da je še vedno veliko neodkritega in neznanega. Kako daleč smo od tega, da bomo osvojili celoten možni nabor informacij o vodi, če ta obstaja, ne vemo. Morda nam do končnega spoznanja o vodi manjka malo ali morda veliko. Prav tako ne moremo vedeti, ali poznamo vse bistvene informacije o vodi ali pa smo na poti, da se bomo do teh informacij šele dokopali in s tem razširili svoje znanje ter védenje o vodi. Ne vemo ničesar o »neznanih neznankah«, obstoj določenih neznank pa lahko predvidevamo. Območje med trenutnim stanjem znanja in védenja o vodi ter končno celoto vseh informacij, ki jih lahko o vodi kadar koli v prihodnosti spoznamo (odkrijemo, raziščemo, razumemo ipd.), imenujmo *sivo polje védenja o vodi*. Tako poimenovanje uvedemo na podlagi analogije s konceptom črne skrinjice (angl. *black box*), ki je uveljavljen v sistemski teoriji. S črno skrinjico imamo opravka, kadar o procesih, ki se dogajajo znotraj sistema, nimamo nobenih informacij, poznamo le vhodne in izhodne vrednosti. Na drugi strani imamo v sistemski teoriji teoretični koncept bele skrinjice, to je takrat, ko procese znotraj sistema poznamo v celoti. S sivo skrinjico pa imamo opraviti takrat, ko imamo na voljo nekaj informacij o procesih, ki se dogajajo znotraj sistema, dela procesa pa ne poznamo, katerega dela ne poznamo, pa ne moremo ugotoviti. Skrinjica je temnejša, če je naše védenje slabo, in svetlejša, če je naše védenje boljše. S sivim poljem védenja o vodi imamo opraviti zaradi tega, ker lahko glede na trenutno stanje znanosti in znanja predvidimo nekatere smeri razvoja raziskav, na podlagi tega lahko pričakujemo določene rezultate, vendar ne vseh, katerega dela ne poznamo, pa ne moremo ugotoviti. Če sprejmemo paradigmo sodobnih naravoslovnotehničnih znanosti, ki temeljijo na analitično logični metodi, se sivo polje védenja o vodi z napredovanjem raziskav sčasoma zmanjšuje in krči. Pri tem velja opozoriti na naslednje; sivo polje védenja o vodi se krči le v primeru, da je znanje o vodi absolutno in torej končno. To velja tudi za katero koli drugo znanje. V primeru obstoja absolutnega znanja se bo sivo polje védenja o vodi nekoč v prihodnosti, če bo ta trajala dovolj dolgo, v celoti zaprlo, izginilo bo. Če pa sprejmemo hipoteze nekaterih sodobnih epistemoloških teorij, da je znanje relativno (t. i. znanstveni relativizem) in da je znanost ter s tem znanju pogojeno družbeno, potem bo sivo polje védenja o vodi vedno obstajalo, hkrati s tem pa se bo ves čas spreminjalo. Na tem mestu se ne bomo opredeljevali do veljavnosti vidika absolutnega in ne do veljavnosti vidika relativnega znanja. Ugotovimo lahko le, da glede na trenutno stanje znanja in znanosti sivo polje védenja o vodi obstaja.



Pojem znanosti je univerzalen, vendar pri podrobnem vpogledu v to, kaj je znanost in kaj jo tvori, hitro naletimo na razlike in protislovja. Ko govorimo o vodi, je skorajda samoumevno, da o vodi govori le tisti del znanosti, ki se opredeljuje kot naravoslovnotehnična znanost. Hkrati pa ta znanost sebe opredeljuje kot edino znanost, ki je znanstvena, ker je logično pozitivistična in uporablja analitične metode. In če uporabimo analogijo s predhodno vpeljanim sivim poljem védenja o vodi, potem obstaja tudi znanstveno védenje o vodi, ki ni le naravoslovnotehnično in eksperimentalno, ker obstaja tudi druga in drugačna znanost. Tako imamo znotraj obstoječe trenutne znanosti opraviti z dvema poljema védenja o vodi. Čeprav obstaja veliko odprtih vprašanj o naravi védenja o vodi v sodobni znanosti, bomo za potrebe naše razprave vpeljali poenostavljeno razdelitev tega védenja; razdelili ga bomo na dve skupini. Prvo skupino tvori naravoslovnotehnično védenje, drugo bomo poenostavljeno imenovali socialno védenje, kamor sodijo znanja, ki se tvorijo na področju humanistično družboslovnih ved.

Zdi se, da je v sodobni (zahodni) družbi bistveno le védenje o vodi, ki izhaja iz prve skupine, to je iz naravoslovnotehničnih znanosti, medtem ko je socialno védenje o vodi komajda prepoznano in za razvojem caplja daleč zadaj. Čeprav je v razumevanju teh védenj malo navzkrižnega razumevanja in dopolnjevanja, ne tvegamo ničesar, če postavimo trditev, da je lahko védenje o vodi le eno. Če obstaja ena voda, potem je tudi védenje o vodi le eno. Ne obstajajo »različne vode«, ki jih lahko vsaka disciplinarna veda razume sama zase. Vsa disciplinarna védenja, ki ne težijo k celoti, so le parcialna in partikularna. Če npr. obstaja kemijsko védenje o vodi, je to le delno védenje o vodi, zunaj tega obstaja tudi drugo védenje o vodi. Če govorimo o podzemni vodi, je to le delno védenje o vodi. To je sestavljeno iz *celote osvojenega znanja sodobne znanosti o vodi* in iz sivega polja védenja o vodi. Obstoječe védenje ene disciplinarne znanosti je lahko s stališča celote védenja o vodi le pomanjkljivo in ne more biti edino ustrezno ter edino relevantno za presojo našega odnosa do vode.

Naravoslovnotehnična znanost utemeljuje svojo pomembnost z uporabo analitično logičnih metod. Hkrati pa je družbeno najpomembnejši zaradi materialno-tehničnih koristi, ki jih nudi družbi, le tisti del naravoslovnotehničnih znanosti, ki temelji na eksperimentu. Sodobna naravoslovnotehnična znanost operira le z dejstvi, do katerih se dokoplje z analitično logično metodo, zaradi narave svojega obstoja relacije vzpostavlja le do dejstev, kakor jih opredeljuje sama. Vse, kar je zunaj polja teh dejstev, naravoslovnotehnične znanosti opredeljujejo kot neznanstveno, teorije, ki nastajajo zunaj tega polja, pa kot psevdoznanstvene. S tem se naravoslovnotehnična znanost postavlja v paradoksalen položaj, zaveda se, da obstajajo dejstva zunaj njenega trenutnega znanja in spoznanja, če bi bilo drugače, ne bi znova in znova iskala in raziskovala, a hkrati se do tega, česar ne vé in ne zna, ne opredeljuje, ker zanjo ne obstaja. Sodobni naravoslovno ali tehnično usmerjen znanstvenik se do tistega, kar ne obstaja v znanstveni zavesti, torej do tistega, kar ni objavljeno in kar ne predstavlja kanona, metod in standardiziranega znanja njegove discipline, ne opredeljuje. Takšno obnašanje mu narekuje veljavna in družbeno sprejeta znanstvena etika. Do vsega, ki je zunaj tega polja, pravi naravoslovec ali tehnik občuti nelagodje. Do tega se ne more in tudi ne sme opredeljevati. Če to naredi, se lahko izpostavi ekskomunikaciji znotraj svoje znanstvene in tehnične skupnosti. Pa vendar se v sodobni naravoslovnotehnični znanosti kaže potreba prav po premiku zunaj tradicionalnih analitično logičnih metod. Dela pionirjev kvantne mehanike (npr. Bohr, Heisenberg, Dirac) in njihovih sodobnih naslednikov (npr. Feynman, Deutsch) ilustrirajo prav to potrebo.

Njihova filozofska dela niso zgolj pojasnitve fizikalno matematičnih del, ampak so tudi spoznavnoteoretska, tistega, o čemur govorijo, pa ni mogoče zajeti »zgolj« z logično analitičnim aparatom ter podati v abstraktnem jeziku enačb. To nas napeljuje na to, da tudi o vodi zaradi njene esencialnosti ne moremo govoriti »zgolj« z logično analitičnim aparatom, temveč tudi spoznavnoteoretsko, česar sodobna naravoslovnotehnična znanost ne omogoča. Pomeni pa tudi to, da poleg samega spoznavnoteoretskega procesa o vodi dognanja tega procesa upoštevamo v ravnanju in v relacijah do vode. Spoznavnoteoretski proces o vodi ne more biti le akademski proces, imeti mora tudi praktične posledice.

Povsem razumljivo je, da se lahko znanost opredeljuje le do tistega, kar vé, ker se po svoji naravi do tistega, česar ne vé, ne more opredeljevati, vendar pa tega, kar obstaja, a hkrati ne pozna, ne more zanikati. Zlasti za naravoslovnotehnične znanosti je polje zunaj tega, kar vé, zelo spolzko. Strogo pozitivistično usmerjeni naravoslovnotehnični znanstveniki obstoj tega in ukvarjanje s tem opredeljujejo kot psevdoznanost ali celo kot religiozno dogmatično razmišljanje. Vendar na področju spoznavnoteoretskega procesa o vodi in praktičnega ravnanja z vodo obstoja sivega polja védenja o vodi ne smemo zanikati. Z zavedanjem o njegovem obstoju ne vstopamo na področje psevdoznanosti, prav tako ne sprejemamo religiozno dogmatičnega razmišljanja. S prepoznanjem obstoja sivega polja védenja o vodi legitimiziramo le *previdnostno načelo pri ravnanju z vodo*.

4.4 Esencialnost in antropičnost

Vrnimo se k esencialnosti in antropičnosti vode. Voda je esencialna zaradi svoje antropičnosti. Ali antropičnost vode opredeljujejo le nekatere fizikalno-kemijske lastnosti, ne vemo. Prav gotovo to niso le nekatere njene fizikalno-kemijske lastnosti, saj v nasprotnem našega ravnanja in odnosa do vode ne bi spreminjali hkrati z napredovanjem znanosti in znanja. Vendar, če sprejmemo antropičnost vode na podlagi splošne definicije antropičnosti, potem je voda lahko antropična le kot celota, torej kot skupek vseh njenih parcialnih lastnosti v celoti njene kompleksnosti. Tako k antropičnosti vode prispevajo vse tiste parcialne lastnosti, ki jih poznamo in izvirajo iz polja znanstvenega védenja o vodi, kot tudi lastnosti, ki izhajajo iz sivega polja védenja o vodi. Torej tudi tiste fizikalno-kemijske ali druge lastnosti vode, ki jih še ne poznamo ali pa jih morda nikoli ne bomo spoznali. Ker je voda esencialna zaradi svoje antropičnosti, prav te ne smemo spreminjati. S spreminjanjem antropičnosti vode spreminjamo tudi njeno esencialnost. Vprašamo se lahko tudi, ali je to sploh mogoče?

Zaradi velike populacije ljudi na Zemlji (v času priprave prispevka že nekaj manj kot 7,9 milijarde), katere poselitev je ponekod zelo gosta in koncentrirana na urbana območja, drugje pa zelo razpršena, se za potrebe oskrbe prebivalstva s pitno vodo uporabljajo zelo različni vodni viri; od neokrnjenih naravnih vodnih virov do tehnoloških vodnih virov. Pri prvih se uporablja tako neobdelana kot obdelana pitna voda. Slednja zaradi tega, ker voda v naravnem stanju včasih ni povsem zdravstveno neoporečna, vendar je to prej izjema kot pravilo, ali pa zaradi tega, ker ni mogoče zagotoviti transportnih sistemov, ki bi zagotavljali, da med transportom ne bi prišlo do sprememb stanja vode do te mere, da ta ne bi bila več zdravstveno ustrezna. Pogosto imamo opraviti s primeri, ko je lokalno prebivalstvo, ki uporablja neobdelano pitno vodo iz naravnih vodnih virov, ki pa ne zadošča splošnim zdravstvenim merilom, na to vodo



prilagojeno in zaradi tega zanje ne predstavlja zdravstvenega tveganja. V preteklosti, še pred uvedbo sodobnih vodovodnih sistemov, ki imajo vpeljeno natančno kontrolo kakovosti, v nerazvitem svetu pa še vedno, kjer teh sistemov ni, ali pa ne delujejo ustrezno, so bile zelo pogoste hidrične epidemije, ki so terjale zelo veliko žrtev (npr. v Evropi epidemije kolere v 19. stoletju). Vendar zgodovinske epidemiološke analize kažejo, da se je to dogajalo takrat, kadar vodni viri niso bili zaščiteni in so jih ljudje onesnažili sami, bodisi zaradi neustreznih sanitarnih pogojev bodisi zaradi neustreznega ravnanja z odpadnimi vodami. Tam, kjer so bili kot vir pitne vode na voljo neokrnjeni naravni vodni viri, tudi če te vode po nekaterih sodobnih zdravstvenih merilih ne bi več veljale za zdravstveno ustrezne, do hidričnih epidemij ni prihajalo.

Kadar neokrnjenih naravnih vodnih virov ni na voljo, se za oskrbo prebivalstva s pitno vodo uporabljajo spremenjeni naravni vodni viri. V tem primeru je treba pitno vodo pripraviti, in prebivalstvo se oskrbuje z obdelano pitno vodo. V skrajnem primeru, kadar gre za pomanjkanje večjih količin vode, se za zagotavljanje pitne vode obdela voda iz tehnološkega vodnega vira. Podoben postopek je tudi razslanjevanje morske vode za potrebe pridobivanja pitne vode.

Življenje in s tem tudi človek sta se skozi geološko zgodovino evolucijsko razvila prav zaradi vode. Kljub zelo dolgi evoluciji in večtisočletnemu razvoju kulture ter civilizacije je danes voda še vedno esencialna. Ker je esencialna zaradi svoje antropičnosti, je življenje takšno, kakršno je. S spreminjanjem lastnosti vode spreminjamo tudi življenje samo, človeka in ne nazadnje tudi človeštvo. Zgodovinsko in evolucijsko gledano je primarna raba vode kot pitne vode za človeka tista, ki izvira iz narave, torej kot neokrnjena pitna voda iz naravnih vodnih virov. Ker je takšna voda vplivala na razvoj življenja in evolucijo človeka, pred vzpostavitvijo in razvojem naselbin ni bilo drugačne vode. Takrat je bila voda v neokrnjenem stanju, ker vplivi človeka še niso bili prisotni. Zato je lahko v celoti antropična le tista voda, ki izvira iz naravnih vodnih virov. Iz tega sledi sklep, da je kot vir pitne vode treba uporabljati vodo iz naravnih vodnih virov, ta pa naj bo neokrnjena pitna voda, ki pride do potrošnika kot neobdelana pitna voda.

Iz predhodne razprave sledi, da je antropična le voda v neokrnjenem stanju, ki izvira iz naravnega vodnega vira. Z oddaljevanjem od antropičnih lastnosti neokrnjene pitne vode iz naravnega vodnega vira proti tehnološki pitni vodi se celostna kakovost pitne vode zmanjšuje. Najkakovostnejša je neokrnjena pitna voda iz naravnega vodnega vira. Spreminjanja kakovosti od neokrnjene do tehnološke pitne vode na podlagi sodobnega stanja znanosti o vodi in njenega znanja ni mogoče kvantificirati. Prav takšno gradacijo kakovosti pitne vode je na podlagi današnjega védenja o vodi možno le predpostavljati in jo opredeliti na kvalitativni ravni, hkrati pa postaviti trditev, da je takšna interpretacija o gradaciji pitne vode zelo verjetna.

Vendar pa zahteve po neokrnjeni pitni vodi na globalni ravni v celoti ni mogoče zagotavljati. Uporaba neokrnjene pitne vode je bolj izjema kot pravilo. Ponekod so vodni viri spremenjeni že do te mere, da je v njih prisotno zelo spremenjeno stanje vode. Za potrebe zagotavljanja pitne vode je vodo treba obdelati z bolj ali manj zahtevnimi tehnološkimi postopki. Pogosto, zlasti tam, kjer gre za poselitve z visoko gostoto ljudi in na aridnih območjih, pitne vode ni več mogoče zagotavljati drugače kot iz tehnoloških vodnih virov. Kako ravnati tam, kjer neokrnjena pitna voda iz naravnega vodnega vira ni na voljo? Ali to pomeni, da drugih vodnih virov za

pripravo pitne vode ne bi smeli uporabljati? Pitne vode ni mogoče nikomur odrekati, saj gre za esencialno snov, zaradi katere mora biti dostop do pitne vode tudi kategorija človekove pravice. Če neokrnjena pitna voda iz naravnih vodnih virov ni na voljo, je treba uporabiti druge vodne vire, pri tem pa nujno upoštevati hierarhijo kakovosti. Zagotavljanje pitne vode mora temeljiti na načelu čim manjšega oddaljevanja od naravnega vodnega vira z nespremenjenim stanjem. Uporabljati je treba vodne vire, ki so po svoji kakovosti čim bližje naravnim vodnim virom in s čim manjšo stopnjo obdelave. Če je na voljo alternativa med naravnim virom s spremenjenim stanjem vode in tehnološkim vodnim virom s tehnološkim stanjem, je treba za pripravo pitne vode uporabiti prvega. Podobno je pri uporabi alternative med razpoložljivim naravnim vodnim virom z manj spremenjenim stanjem ali naravnim vodnim virom z bolj spremenjenim stanjem. Za pripravo pitne vode je treba uporabiti vodni vir z manj spremenjenim stanjem. Pri pripravi in obdelavi pitne vode je treba težiti k čim nižji stopnji obdelave vode. Enostavni sistemi za obdelavo imajo prednost pred kompleksnimi. Pri tem velja opozoriti tudi na dejstvo, da razmišljanje, ki smo ga predstavili predhodno, ni le rezultat teoretičnega premišljevanja o naravi pitne vode, temveč je vgrajeno tudi v sodobno zakonodajo Evropske unije, ki je z novo Direktivo o vodi državam članicam naložila, da morajo raven obdelave pitne vode znižati na najmanjšo možno mero in da morajo težiti k uporabi pitne vode iz naravnih virov (EU, 2020). Takšne zahteve implicitno upoštevajo antropičnost in esencialnost vode, na kar smo nakazali v predhodni razpravi.

Sodobno znanje in stanje tehnologije omogočata, da pitno vodo v celoti sintetiziramo, tudi od njenih osnovnih elementov, torej vodika in kisika. V laboratorijsko čisto vodo lahko dodamo različne sestavine in pripravimo lahko tehnološko pitno vodo, ki ustreza vsem sodobnim mednarodnim standardom ter nacionalni zakonodaji za pitno vodo. Prav tako sodobna tehnologija omogoča, da iz poljubnega tehnološkega vodnega vira, ki je v tehnološkem stanju, lahko proizvedemo tehnološko pitno vodo, ki prav tako ustreza vsem sodobnim mednarodnim standardom in nacionalni zakonodaji za pitno vodo. Vendar, ali je takšen pristop ustrezen? Naredimo miselni eksperiment. Če pred posameznika postavimo vzorce vode, ki izvirajo iz celotne lestvice predhodno definirane kakovosti, to je od neokrnjene pitne vode do tehnološke pitne vode, in mu o posameznih vzorcih vode posredujemo tudi informacije o tem, od kod posamezen vzorec pitne vode izvira, ter ga postavimo pred izbiro, katero vodo naj popije, se med vsemi razpoložljivimi vzorci nikoli ne bo odločil za tehnološko pitno vodo. Za to se bo odločil le v primeru, ko ne bo imel na voljo nobenih drugih pitnih vod. Takšna odločitev ni povezana le z nezaupanjem do sodobne tehnologije ali celo s predsodki, temveč tudi z nezavednim odnosom do antropičnosti vode. Odnos do pitne vode ni nikoli le racionalen, izhajajoč iz sodobnega znanstvenega védenja o vodi (tega sodobna naravoslovnotehnična pozitivistično usmerjena znanost ne more razumeti), temveč je tudi nezaveden; nezaveden odnos do vode pa je vezan na njeno antropičnost.

Oglejmo si še odnos do tehnološke pitne vode s stališča antropičnosti vode in sivega polja védenja o vodi. Antropičnost vode je celostna, zbir vseh njenih lastnosti. Tako je nabor vsega možnega védenja o vodi in s tem védenja o njeni antropičnosti sestavljen iz obstoječega znanja, s katerim razpolaga sodobna znanost, ter iz sivega polja védenja o vodi, kjer informacij še ne poznamo. Obstoj slednjega napeljuje na to, da antropičnosti vode, ker je ta vezana na vse njene lastnosti, ki opredeljujejo njeno antropičnost, s sodobno tehnologijo ne moremo



tehnološko reproducirati. Tehnološko lahko reproduciramo le tiste lastnosti vode, ki jih poznamo. Morda pri proizvodnji tehnološke pitne vode mimogrede, ne da bi se tega zavedali, reproduciramo še kakšno njeno drugo neznano lastnost, v celoti pa vseh njenih lastnosti verjetno ne znamo reproducirati. Zaradi tega tehnološka pitna voda, ne glede na visoko stopnjo tehnologije obdelave in priprave, ne more biti enakovredna neokrnjeni pitni vodi, ki izvira iz naravnih vodnih virov.

Presek obstoječih vodnih virov pokaže, da imamo v praksi opraviti s celotnim spektrom, od naravnih vodnih virov do tehnoloških vodnih virov. Takšna porazdelitev vodnih virov je dejstvo, ki ga moramo pri oskrbi prebivalstva s pitno vodo upoštevati. Tam, kjer so na voljo naravni vodni viri, jih je treba uporabljati, tam pa, kjer jih ni na voljo, je treba iskati alternativne rešitve, tudi z uporabo tehnoloških vodnih virov. Vendar pa je treba težiti k uporabi tistih vodnih virov, kjer je stopnja sprememb stanja vode čim manjša. Hkrati pa to pomeni, kar zagovarja in zahteva tudi sodobna evropska zakonodaja s področja pitne vode (EU, 2020), da se stremi k izboljšanju stanja zajemnih mest za pitno vodo in vodnih virov v celoti.

Trenutno stanje vodnih virov je treba obravnavati kot črto preloma, prek katere slabšanje njihovega stanja ni dopustno in sprejemljivo. Njihovo trenutno stanje je treba zamrzniti in nato začeti proaktivno delati v smeri izboljšanja njihovega stanja. Ukrepi na vodnih virih so lahko le preventivni in usmerjeni v smeri izboljšanja. Vsi posegi na območjih vodnih virov pa morajo biti temelječi na previdnostnem načelu. Apriorno uvajanje obdelane pitne vode ali celo vode iz tehnoloških vodnih virov ne more predstavljati alternative za uporabo pitne vode iz naravnih vodnih virov. Tehnološka pitna voda je sprejemljiva le tam, kjer zaradi trenutnega stanja vodnih virov ni drugih možnosti za oskrbo s pitno vodo. Možnost tehnološke obdelave in predelave pitne vode pa ne more biti razlog za opustitev pitne vode iz naravnih virov pitne vode. Takšno ravnanje in ukrepanje nista konzervacionistična, to je vezano na različna naravovarstvena gibanja ali prepričanja in bi ga lahko zaradi tega kritizirali s stališča različnih ideoloških predpostavk, temveč izhaja iz zavedanja in razumevanja esencialnosti ter antropičnosti vode.

4.5 Trajnostni razvoj

Komisija Združenih narodov za okolje in razvoj⁴ je leta 1987 vpeljala pojem trajnostnega razvoja, ki je v marsičem spremenil politično razumevanje ekonomskega razvoja in vplivov na okolje ter je imel za posledico spremembo mnogih strateških mednarodnih dokumentov o varovanju okolja in vode. Definicija pravi: »Trajnostni razvoj zadovoljuje potrebe sedanjega človeškega rodu, ne da bi ogrozili možnosti prihodnjih rodov, da zadovoljijo svoje potrebe.«⁵ Če to prenesemo na vodne vire in predhodno definicijo parafraziramo, morajo obstoječi vodni viri zadovoljiti potrebe sedanjega človeškega rodu, hkrati pa ne smemo ogroziti možnosti prihodnjih rodov, da bi še naprej uporabljali obstoječe vodne vire. Tako zastavljeni cilji porajajo številna vprašanja in dileme, kot so, kdo so ljudje prihodnjih generacij in ali imamo pravico, da danes vnaprej določamo njihove potrebe in cilje, pri tem, ko nimamo osnovne predstave o tem, kakšna bosta v prihodnosti družba in politični sistem čez več desetletij (Sarkar, 2012).

4 United Nations World Commission on Environment and Development (WCED); znano tudi kot Brundtland Commission.

5 Prevod definicije, ki se je uveljavil v Sloveniji.

Za potrebe naše analize in odgovore na predhodno zastavljena vprašanja ter postavljeno hipotezo bomo sintagmo »*možnosti prihodnjih rodov*« uporabljali kot utemeljeno in smiselno.

Vprašanja o tem, ali in na podlagi česa bi bilo vodo možno nadomestiti v znanosti, obstajajo. Ta temeljijo predvsem na podlagi razmisleka, ali lahko kakšna druga kombinacija kemijskih elementov tvori spojine z enakimi ali zelo podobnimi funkcijami, kot jih imajo molekule, katerih temeljni gradnik je ogljik ter so hkrati tudi gradnik življenja. Vendar sprememba molekul, ki so gradnik življenja, spremeni tudi naravo življenja. Tako vzpostavlja tudi drugačno antropičnost. Na podlagi tega lahko ugotovimo, da je (obstoječa) voda esencialna in antropična ter je ni mogoče nadomestiti z nobeno drugo snovjo. Iz tega izhaja, da tudi prihodnje generacije ne bodo živele brez vode. Ob potrebi po vodi so nujni tudi vodni viri, kajti le iz teh je mogoče zagotavljati vodo. Eden od pomislekov o trajnostnem razvoju temelji tudi na premisleku o prihodnjem pomenu in vlogi tehnologije (Sarkar, 2012). Morda bo prihodnja tehnologija takšna, da bo omogočala vzpostavljanje življenjskega okolja in pogojev za bivanje v njem v takšni meri, kot si tega danes ne moremo niti predstavljati, zaradi česar so dileme v povezavi z zaščito okolja, ki si jih zastavljamo danes, nepomembne. Zagovorniki takšnega pogleda to razmišljanje podkrepijo s primeri v zgodovini, ko je človek okolje nenehno spreminjal in prilagajal sebi ter pri tem vedno kot vrsta tudi preživel. Vendar je to utopičen in antropocentričen vidik razvoja, ki ne upošteva vidikov biocentrizma in ekocentrizma. Enako legitimen kot utopičen je tudi distopičen pogled na razvoj, pri katerem lahko pride do takšnih sprememb okolja, ki jih ne bo sposobna premagati nobena prihodnja tehnologija.

5. SKLEP

Vrnimo se k našemu hipotetičnemu vodnemu viru, iz katerega se za potrebe oskrbe prebivalstva s pitno vodo zajema neokrnjeno pitno vodo in ki se jo potrošniku dobavlja neobdelano. Obstoj takšne oskrbe s pitno vodo je izredno dragocen in pomemben, tako kratkoročno kot dolgoročno. Poleg splošne družbene zavesti o pomenu takšnega vodnega vira, pa čeprav se nanj nanašajo različni interesi, so posledice uporabe vode iz takšnega vodnega vira daljnosežne in zelo široke. Zamenjava naravnega vodnega vira z neokrnjenim stanjem vode z vodnim virom, v katerem bi spremenili vodno stanje ali ga celo nadomestili s tehnološkim vodnim virom, je nesprejemljiva, obenem tudi etično nedopustna. S tem namerno poslabšamo kakovost pitne vode, spremenimo tako tiste lastnosti vode, ki jih poznamo in jih znamo znanstveno natančno opredeliti, kot tudi tiste lastnosti, ki jih še ne poznamo. S spreminjanjem vode v naravnem vodnem viru rušimo kompleksnost celote vode in s tem vplivamo na njeno esencialnost ter antropičnost. Neokrnjena pitna voda in obdelana pitna voda nimata enakih lastnosti, prav tako nimata enakega vpliva na prehrano ter fizično eksistenco človeka. Skrben premislek o strukturi znanstvenega mišljenja, ki je osnova našega poznavanja vode, nam pokaže, da lastnosti vode same in s tem tudi lastnosti pitne vode še ne poznamo dovolj. Ali je naše trenutno poznavanje lastnosti pitne vode takšno, da jo lahko v celoti nadomeščamo z obdelano pitno vodo, ne vemo. Nesporno pa je, da se védenje o pitni vodi nenehno spreminja in dopolnjuje. Z nepriznavanjem neznanih dejstev o vodi pa tvegamo, da bomo povzročili učinke, ki jih ne moremo predvideti.



Zahteva po oskrbi z neokrnjeno pitno vodo je seveda legitimna, v današnjem svetu pa je v celoti praktično neizvedljiva. Velikost svetovne populacije v nekaterih predelih sveta in pogoji, v katerih živijo ljudje, ne nazadnje tudi prostorska porazdelitev vodnih virov ne omogočajo, da bi se vsi oskrbovali iz naravnih vodnih virov v neokrnjenem stanju. Tam, kjer so takšni vodni viri dostopni, morajo biti, ob upoštevanju etnocentričnih in biocentričnih načel, prvenstveno namenjeni za oskrbo s pitno vodo, etično nedopustno jih je nadomeščati z vodnimi viri, v katerih je stanje vode spremenjeno, ali celo s tehnološko pitno vodo. Pri teh premislekih pa se je treba zavedati, da je dostop do pitne vode človekova pravica. Zato je takrat, ko pitne vode ni mogoče dobavljati iz neokrnjenih naravnih vodnih virov, treba uporabljati vodo iz drugih vodnih virov, vendar moramo težiti k temu, da se voda uporablja v čim manj spremenjenem vodnem stanju. Rešitev z uporabo tehnološke pitne vode je sprejemljiva le izjemoma, in to le takrat, ko ni na voljo nobene druge rešitve. Nadomeščanje neokrnjene pitne vode z obdelano vodo je lahko le nadomestilo, česar se je treba zavedati tako pri izkoriščanju vode iz vodnega vira kot pri njeni rabi in upravljanju. Težiti moramo k temu, da se vzpostavijo prvotna naravna stanja.

V prihodnje je treba ohraniti vodne vire vsaj v takšnem stanju, v katerem so zdaj, tam pa, kjer smo vodne vire spremenili do takšne mere, da ne zagotavljajo in opravljajo svojih prvotnih funkcij, bi jih morali sanirati ter izboljšati njihovo stanje. To velja tudi za vse tiste vire, ki danes služijo kot vir vode za zagotavljanje zdravstveno ustrezne pitne vode. Ohranjanje sedanjega stanja vodnih virov pomeni tudi ohranjanje stanja naravnih vodnih virov, v katerih se voda še nahaja v neokrnjenem stanju. Tega je možno ohraniti le brez posegov v vodno telo.

Ob zavedanju o obstoju sivega polja védenja o vodi se vzpostavi tudi vprašanje o osnovnem načelu trajnostnega razvoja, to je o možnostih prihodnjih rodov. Ker se znanje o vodi nenehno dopolnjuje in spreminja, naše védenje o njej ni celovito. Ne glede na razvoj sodobne znanosti njene celovite kompleksnosti, ki opredeljuje njeno esencialnost in antropičnost, še ne poznamo. Izrazimo lahko dvom, da bomo to, navkljub vsem naporom, kadar koli sploh spoznali v celoti. Čeprav je ta argument logično in filozofsko šibak ter potrebuje nadaljnje in globlje premisleke, nas zavedanje o tem, da spoznanje o vodi ni dokončno, zavezuje k temu, da uporabljamo previdnostno načelo in ohranjamo vodne vire v čim manj spremenjenem stanju. Če ohranimo vodne vire takšne, kakršni so, spremenjene vodne vire pa skušamo povrniti v smeri proti neokrnjenemu stanju, bomo upoštevali tudi načela trajnostnega razvoja.

Zahvala

Prispevek je nadgradnja krajšega prispevka v angleščini, naslovljenega kot »*Ethics of drinking water originating from groundwater*«, ki je bil namenjen predstavitvi na konferenci Geoethics, Groundwater, Management v Portu na Portugalskem maja 2020. Prispevek je avtor umaknil in ni bil objavljen, ker ga zaradi pandemije ni bilo mogoče predstaviti v živo. Kljub temu pa je bil recenziran s strani dveh anonimnih recenzentov, ki sta s svojimi pripombami pomagala izostriti argumente, ki so v razširjeni obliki predstavljeni v tej različici prispevka. Za natančno branje prve, krajše različice, jima gre vsa zahvala.

LITERATURA IN VIRI

1. Barrow, J. D. in Tipler, F. J., 1986. *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford University Press, 706 p., Oxford.
2. Brenčič, M., 2017. Odnos med vodo in družbo v Sloveniji. V: Cerkvenc, S. in Rojnik, E. (ur.). *Zbornik referatov: simpozij z mednarodno udeležbo. Vodni dnevi 2017*, 5.–6. oktober 2017, Portorož. Slovensko društvo za zaščito voda, 23–35, Ljubljana.
3. EU, 2000. Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000 o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike.
4. EU, 2020. Direktiva (EU) 2020/2184 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 16. decembra 2020 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi.
5. Fran, 2021. Fran, slovarji Inštituta za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU, različica 8.0. Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU. Dostopno na: www.fran.si [11. 11. 2021].
6. Linton, J., 2010. *What is Water? The History of Modern Abstraction*. UBC Press, 333 p., Vancouver.
7. Računsko sodišče RS, 2019. Revizijsko poročilo – Učinkovitost dolgoročnega ohranjanja virov pitne vode. Računsko sodišče Republike Slovenije, 88 str., Ljubljana. Dostopno na: https://www.rs-rs.si/file-admin/user_upload/Datoteke/Revizije/2019/PitnaVoda/PitnaVoda_RSP.pdf [11. 11. 2021].
8. Sarkar, S., 2012. *Environmental Philosophy. From Theory to Practice*. Wiley-Blackwell, 226 p., Chichester.
9. Zakon o vodah. Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15 in 65/20.



SIST STANDARDI

Voda je pomembna že od nekdaj. Prve naselbine in pozneje civilizacije so nastale ob vodi. Tudi danes ni drugače. Ste vedeli, da je več kot 1.200 mednarodnih standardov ISO povezanih z vodo? Standardi obravnavajo površinsko vodo (potoke, reke, jezera, morja), podzemno vodo in padavine. Zlasti je pomembna kakovost pitne in kopalne vode, z vidika zdravja in varovanja okolja pa se nadzira tudi voda iz industrijskih obratov in druga odpadna voda ter onesnaževanje zaradi plovil in gnojenja. To vključuje fizikalne, kemijske, biokemijske, biološke in mikrobiološke meritve.

VODNI ODTIS

SIST EN ISO
14046:2016

KAKOVOST VODE

SIST ISO 5667-
10:2021

PITNA VODA

SIST EN 806-
1:2001

MALE ČISTILNE
NAPRAVE

SIST EN 12566-
3:2017

SIST

Slovenski inštitut za
standardizacijo
Šmartinska cesta 152
1000 Ljubljana
01 478 30 13
sist@sist.si

www.sist.si





VODNI DNEVI 2021

7.–8. oktober 2021



**SLOVENSKO DRUŠTVO
ZA ZAŠČITO VODA**



INŠTITUT ZA JAVNE SLUŽBE