ALTERNATOR
Misliti znanost.

Jezera in reke: kako jim škodujemo in kako jim lahko pomagamo

9. 3. 2023

Number: 10/2023

Authors:

- Maša Zupančič
- Tina Eleršek



Cianobakterijska gošča na površini gramoznice Boreci v bližini Ljutomera. Foto: Maša Zupančič

Medtem ko so vse oči uprte v podnebno krizo, se za našimi hrbti odvija druga – biodiverzitetna kriza. Priče smo pravi ruski ruleti degradacije okolja in izgube habitatov in zdi se, da so v njej prav celinske vode potegnile najkrajšo. Mokrišča izginjajo trikrat hitreje kot gozdovi (https://doi.org/10.1093/biosci/biaa002) , populacije vodnih vretenčarjev pa upadajo dvakrat hitreje kot na kopnem in v morju. Od leta 1970 so se njihove populacije zmanjšale za 83 % (https://wwflpr.awsassets.panda.org/downloads/living_planet_report__2022.pdf) , izgubili pa smo 30 % površinskih vodnih ekosistemov (https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.10.023) . Je že vse izgubljeno? Oglejmo si razsežnost človeškega vpliva, trenutno stanje in nekaj potencialnih rešitev.

Ljudje spreminjamo vodna okolja

Že veliko časa je minilo, odkar so se prvi ljudje začeli naseljevati v bližini rek. Za življenje v stalnih naseljih so potrebovali stabilen vir vode; ta pa je s seboj prinesel tudi poplave, erozijo in druge grožnje. Zato so začeli regulirati rečni tok: umirjati njegovo hitrost, izravnavati struge, utrjevati bregove. Naravna reka ima poplavne ravnice, prostor, da se razlije, da hiti in

se upočasnjuje, dela zavoje in jih spreminja. Praktično nikoli ne teče naravnost, kar je popolno nasprotje od večine rek, ki jih poznamo danes. Zdaj ko ljudje zavzemamo obrežni prostor, imajo reke manj prostora, kot ga potrebujejo, kar pa za seboj potegne celo vrsto posledic. Habitati se izgubijo (https://doi.org/10.1017/S1464793105006950) , biodiverziteta se zmanjša, rečna struga se poglablja, izsušijo se mokrišča na poplavnih ravnicah, zniža se nivo podtalnice, da je korenine okoliških rastlin ne dosežejo več in odmrejo.

V Sloveniji je več kot 1300 (https://doi.org/10.1038/s41586-020-3005-2) umetnih pragov in pregrad – v povprečju ena ovira na vsakih 8 kilometrov. Pregrade vodijo v kopičenje mulja (https://www.mvd20.com/LETO2017/R15.pdf) , ki ga je treba odstranjevati (https://www.mvd20.com/LETO2021/R4.pdf) , sicer zmanjšuje volumen zadrževalnika in lahko škodi ikram ter vodnim živalim. V njem se lahko kopičijo tudi strupene snovi (https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112478) , ob njegovi razgradnji pa se sproščajo velike količine toplogrednih plinov (https://doi.org/10.1093/biosci/biw117) . Mulj negativno vpliva na nevretenčarje in mikroorganizme, ki živijo med prodniki na dnu, zaradi česar reka izgubi svojo samočistilno sposobnost. Vodni tok pred pregrado se upočasni, voda se ogreje in hitreje izhlapeva, zmanjša se vsebnost kisika ter poslabša kakovost vode (https://www.youtube.com/watch?v=wtktJwrgsrY) . Nove razmere spodbujajo prekomerno razrast alg in cianobakterij. Ribe (https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=116739&lang=slv) , katerih preživetje je odvisno od selitve po toku navzgor za razmnoževanje in prehranjevanje, ne morejo premostiti postavljenih ovir, zato vrste izginjajo (http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/biologija/dn_martincic_martina.pdf) .

Poleg reguliranja rečnih strug izsušujemo mokrišča za potrebe kmetijstva, drugod pa odvzemamo vodo za namakanje polj. Vsakodnevno uporabljamo pesticide, zdravila in druge snovi, ki končajo v vodi, se kopičijo v vodnih organizmih ter po prehranjevalni verigi vstopajo nazaj v naša telesa. Načrtno ali nenačrtno vnašamo tujerodne organizme, ki z domorodnimi vrstami tekmujejo za hrano in prostor, jih plenijo ali prenašajo zajedavce in bolezni. V vode se stekajo velike količine hranil, predvsem dušika in fosforja, kar lahko predvsem v stoječih in počasi tekočih vodah vodi do evtrofikacije (presežka hranil). To spodbuja čezmerno razrast alg in cianobakterij, ki s tvorbo gošč na površini omejujejo prehajanje svetlobe in kisika v globlje plasti. Ob bakterijski razgradnji tako velike biomase se porablja velika količina kisika, kar lahko vodi v množične pogine rib in drugih vodnih organizmov. Če gošče tvorijo cianobakterije (https://doi.org/10.3986/alternator.2022.38) , se lahko v okolje sproščajo tudi cianotoksini – strupene snovi, ki škodijo zdravju ljudi in živali.



Veliko rek in potokov je spremenjenih v kanale; struga je izravnana, bregovi pa so utrjeni z betonom. Na fotografiji je primer potoka Glinščica v Ljubljani. Foto: Maša Zupančič



Pregrade na rekah gradimo za zadrževanje vode – za namakanje njiv, tovarne, pridobivanje električne energije ali preprečevanje poplav. Foto: Maša Zupančič

Vode so obremenjene s hranili

Prekomerna prehranjenost v modernem svetu ne povzroča problema le ljudem, temveč tudi jezerom in rekam. ARSO poroča, da je prav preobremenjenost s hranili, predvsem z dušikom in fosforjem, glavni problem jezer in zadrževalnikov; v obdobju od 2016 do 2019 so le štiri od ocenjevanih 11 jezer dosegala dobro trofično stanje (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/fosfor-v-jezerih-7) . Beseda »trofično« se nanaša na vse, kar je povezano s hranili oziroma prehranjenostjo, iz česar izhaja tudi izraz »evtrofno jezero« – dobesedno prevedeno v »dobro prehranjeno«, kar pa v praksi ne pomeni le dobro, temveč kar »preveč«.

Glavni krivci za prekomerno vsebnost hranil so človeške dejavnosti: intenzivno kmetijstvo v neposredni bližini vodnih teles in neprimerno odvajanje komunalnih odpadnih voda. Najbolj obremenjeni so zadrževalniki v severovzhodni Sloveniji (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/fosfor-v-jezerih-7) , kjer je kmetijstvo najbolj intenzivno; predvsem Perniško, Ledavsko in Gajševsko jezero. Vpliv kmetijstva se kaže tudi v podzemnih vodah, ki so na tem območju obremenjene z nitrati (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/nitrati-v-podzemni-vodi-9) (vir dušika) in pesticidi (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/pesticidi-v-podzemni-vodi-4) . Nekoliko manj, vendar še vedno obremenjeni so Šmartinsko, Slivniško in Velenjsko jezero (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/fosfor-v-jezerih-7) .

Preobremenjenost s hranili se večinoma kaže tudi v fitoplanktonski združbi (alge in cianobakterije), katere rast je močno odvisna od dušika in fosforja ter so zato dober bioindikator trofičnega stanja (https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116767) . Tudi reke niso imune na vnose hranil; predvsem v Muri in njenih pritokih od leta 2005 naprej zaznavamo znaten dvig vsebnosti nitratov (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/hranila-biokemijska-potreba-po-kisiku-v-rekah-6) .



Obremenjenost s hranili se lahko pokaže kot prekomerna razrast alg ali cianobakterij na vodni površini, kot na fotografiji v gramoznici Boreci. Foto: Tina Eleršek

Preventiva ali kurativa?

Pri človeških boleznih imamo navadno dve možnosti: preventivo (omejevanje dejavnikov, ki povzročajo bolezen) in kurativo (zdravljenje simptomov). Povsem enako je s skrbjo za zdravje okolja. Preventiva je učinkovitejša, vendar zahteva dolgoročno razmišljanje, celosten pristop in spremembe v načinu življenja, česar pa ljudje velikokrat ne znamo ali ne zmoremo. Zato se večkrat zatečemo h kurativi – in to takrat, ko je že skoraj prepozno. V primeru obremenjenosti vodnih teles s hranili bi lahko preventivno zmanjšali vnos hranil – bolj preudarno odmerjali gnojila v kmetijstvu in izboljšali delovanje komunalnih omrežij. Na teh področjih je v zadnjih letih viden precejšen napredek. Vedno večji delež odpadnih vod (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/ciscenje-odpadnih-voda-na-komunalnih-skupnih-cistilnih-napravah-2) je ustrezno čiščen, v kmetijstvu se je poraba fitofarmacevtskih sredstev (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/poraba-sredstev-za-varstvo-rastlin-3) v zadnjih dvajsetih letih skoraj prepolovila, bilančni presežek fosforja pa se je občutno zmanjšal (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/bilancni-presezek-fosforja-v-kmetijstvu) . Vrednosti nitratov (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/nitrati-v-podzemni-vodi-9) (vir dušika) v podzemnih vodah v najbolj obremenjenih vodonosnikih zadnjih dvajset let upadajo, državno povprečje pa je že dolgo nižje od evropskega povprečja. Prav tako se niža koncentracija pesticidov (http://kazalci.arso.gov.si/sl/content/pesticidi-v-podzemni-vodi-4) v podtalnici.

Odstranjevanje hranil s pomočjo rastlin

Dokler dovolj ne zmanjšamo vnosa hranil, bi lahko na pomoč poklicali rastline, ki lahko odstranjujejo hranila. V evtrofnih zadrževalnikih lahko uporabimo plavajoča čistilna mokrišča (https://api.semanticscholar.org/CorpusID:43996928) , ki ponujajo velik potencial za čiščenje voda. Postopek temelji na tem, da rastline razvijejo svoj koreninski sistem pod vodno gladino, rastejo hidroponično in pri tem privzemajo hranila neposredno iz vode. Tak sistem je zelo učinkovit pri odstranjevanju suspendiranih trdnih delcev, dušika, fosforja, ogljikovih hidratov in tudi kovin. Razgradijo lahko veliko več biomase (https://www.iisd.org/system/files/publications/floating-treatment-wetlands.pdf) , kot je proizvedejo med rastjo. Po nekaj letih, ko so takšni otoki dovolj debeli, jih vzamemo iz vode in kompostiramo. Poleg čiščenja vode lahko takšni otoki pozitivno vplivajo tudi na biotsko raznovrstnost, saj okolju dodajajo strukturo nad in pod vodno gladino. V novem projektu (http://projects.nib.si/greenforwaters/) bomo raziskovalci Nacionalnega inštituta za biologijo v sodelovanju s podjetjem Limnos in Agencijo za okolje preizkušali delovanje takšnih zelenih rešitev v zadrževalnikih po Sloveniji.

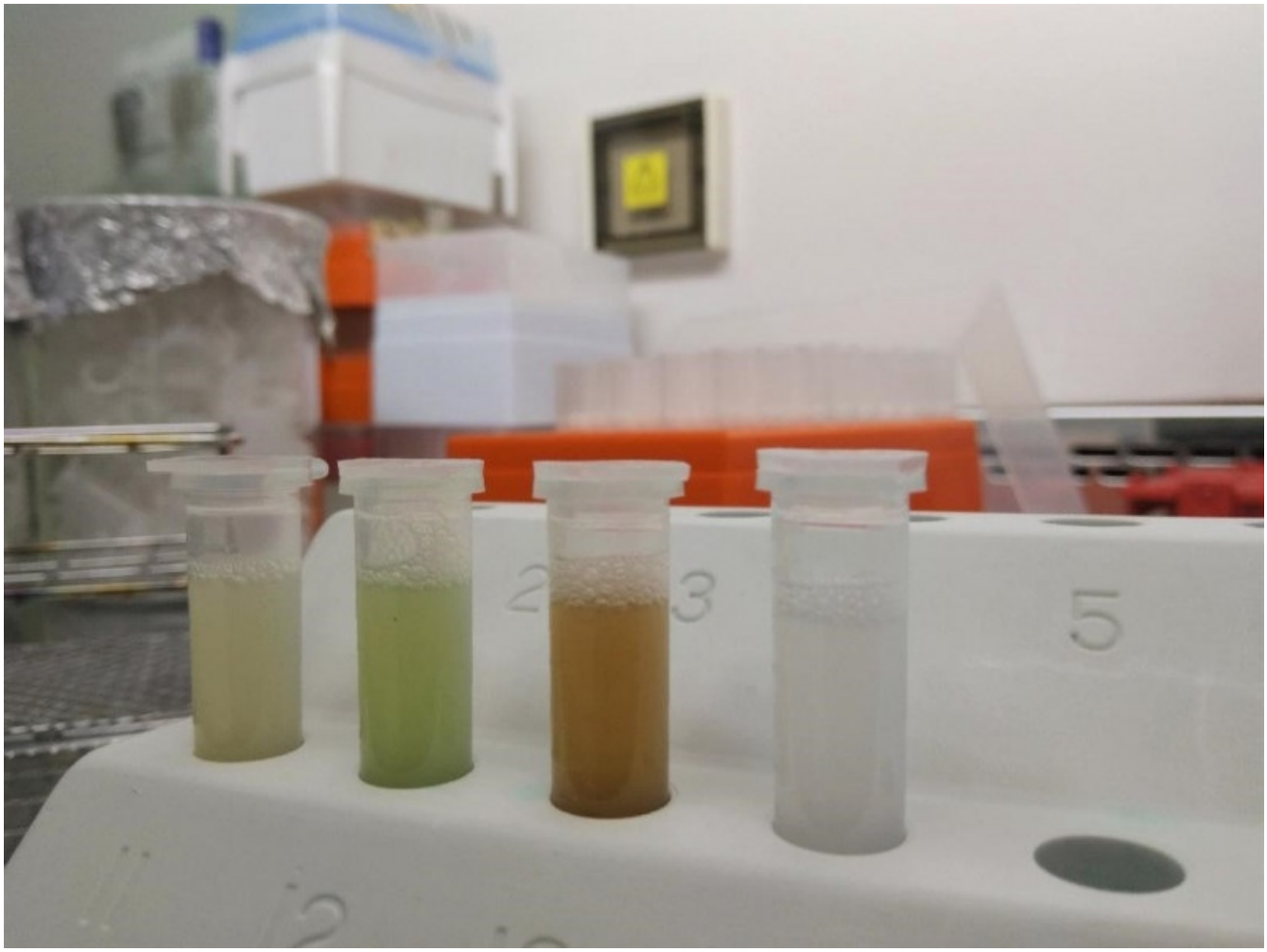
Brez diagnoze ni zdravljenja

Poleg uspešne preventive in učinkovitega zdravljenja lahko k izboljšanju stanja vodnih teles pripomorejo tudi nove metode za ocenjevanje njihovega stanja. Tradicionalno se biomonitoring (https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/ARSO/Vode/Stanje-voda/Ekolosko-stanje-celinskih-voda.pdf) po Vodni direktivi EU izvaja z merjenjem koncentracije kisika, fotosinteznih pigmentov in z morfološkim opazovanjem, merjenjem ter štetjem bioindikatorskih vrst: fitoplanktona, fitobentosa, bentoških nevretenčarjev, makrofitov (rastlin) in rib. Ta metodologija je izredno pomembno orodje, s katerim lahko zaznamo spremembe v vodnem okolju; vendar pa je zaradi dolgotrajnih postopkov lahko v spremljanje vključeno le majhno število jezer in zadrževalnikov vsako leto. Nove metode, kot so molekularni monitoring in satelitsko opazovanje, bi lahko omogočile boljšo časovno in prostorsko ločljivost.

Molekularni monitoring

V slovenskem in alpskem prostoru smo raziskovalci Nacionalnega inštituta za biologijo v zadnjih letih uspešno uporabili dva različna molekularna pristopa za spremljanje združb fitoplanktona in fitobentosa. Pri prvem pristopu smo se naslanjali na dejstvo, da lahko cianotoksine proizvajajo le tiste cianobakterije, ki imajo v dednem zapisu gene za njihovo proizvodnjo. Cianotoksini so strupene snovi, ki se lahko sproščajo v okolje ob razpadu cianobakterijskih celic. Pri ljudeh lahko izpostavljenost cianotoksinom (na primer med rekreacijo) vodi v dolgoročne negativne učinke, predvsem pri živalih pa lahko predstavlja tudi tveganje za akutno zastrupitev (https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.026) . V naši raziskavi smo z metodo kvantitativne PCR (https://doi.org/10.3390/toxins13020133) (qPCR) v 15 vodnih telesih po Sloveniji iskali gene za cianotoksine in določali njihovo koncentracijo. Potencialno strupene cianobakterije smo zaznali v petih jezerih in v eni reki ter pokazali, da so koncentracije kopij genov pozitivno povezane s koncentracijo cianotoksinov – kar pomeni, da je qPCR ustrezna metoda za oceno tveganja. Enako smo pokazali na razširjenem naboru vzorcev iz celotne alpske regije (rezultati še niso objavljeni). Spremljanje cianobakterijskih združb je pomembno za varovanje zdravja ljudi, poleg tega pa so povišane koncentracije cianobakterij dober indikator za povišano vsebnost hranil (https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116767) .

Pri drugem pristopu pa smo izkoristili lastnost vsake vrste organizmov, da ima edinstven genski podpis, ki ga pušča za seboj. Poleg prej omenjenega iskanja specifičnih genov smo tako uporabili tudi pristop metabarkodiranja (https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155175) – branja kratkih genskih zaporedij, ki delujejo kot črtne kode in na podlagi katerih lahko določimo vrste, prisotne v vzorcu. Rezultati iz 59 alpskih jezer in rek so pokazali, da lahko s tem pristopom zaznamo veliko število vrst, ki jih z mikroskopijo spregledamo. Več vrst kot lahko zaznamo v vzorcih, boljšo informacijo dobimo o okolju, v katerem bivajo – zato lahko molekularni monitoring v prihodnosti dopolni naše trenutno ocenjevanje stanja okolja. Na tak način lahko zaznavamo tudi invazivne vrste (https://doi.org/10.1111/mec.14350) , ko je njihova številčnost še nizka, in ukrepamo, preden povzročijo nepopravljivo škodo lokalnemu ekosistemu.



Molekularne analize se začnejo z izolacijo DNK iz okolja. V okolju je prisotnih veliko različnih snovi, na primer huminske kisline, ki izvirajo iz prsti, ali fenolne spojine, ki jih proizvajajo rastline. Te snovi se med izolacijo izrazijo v različnih barvah, končni produkt (izolirana in očiščena DNK) pa je vedno brezbarven. Foto: Maša Zupančič

Satelitsko opazovanje

V prihodnosti bomo v nabor metod vključili tudi satelitsko zaznavanje (https://doi.org/10.1038/s41586-019-1648-7) , kjer z uporabo fotografij, posnetih s sateliti opazujemo pojave na Zemlji. V primeru alg in cianobakterij lahko opazujemo različna barvila –klorofil, fikoeritrin in fikocianin – ter tako ocenimo, kje se pojavljajo gošče. Ocenimo lahko tudi koncentracijo cianobakterij, kar nato prevedemo v oceno tveganja za cianotoksine. Glavna prednost te metode je, da omogoči pregled velikega geografskega območja v kratkem času, kar z ostalimi metodami ni mogoče. Ta pristop se v morjih in drugih velikih vodnih telesih že pogosto uporablja, v manjših površinskih zadrževalnikih pa je nekoliko bolj težaven. Tam so namreč gošče manjše, tvorijo se hitreje in se premikajo bolj dinamično kot v oceanih. V novem projektu (http://projects.nib.si/greenforwaters/) bomo zato raziskali, na katerih slovenskih jezerih in zadrževalnikih je ta metoda učinkovita in jo primerjali z ostalimi podatki, ki jih zbiramo.

Pa za konec odgovorimo na prvotno vprašanje: je že vse izgubljeno? So trenutne metode neprimerne? Seveda ne, vendar je rešitev kompleksna in zahteva več različnih pristopov ter povezovanje različnih metod. Če želimo izboljšati naše okolje, moramo uporabiti prav vse strategije: hitro diagnostiko, učinkovito preventivo in ustrezno zdravljenje. Veselimo se vseh prihajajočih projektov in sodelovanj z različnimi deležniki v Sloveniji, s katerimi bomo staknili glave ter poskusili pomagati jezerom in rekam.