

Varstvo podzemne vode in njenih prebivalcev

Doc. dr. Cene Fišer

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta

Laško, 16. in 17. april 2025

8. konferenca učiteljev/-ic
naravoslovnih predmetov –
NAK 2025



ZRSŠ
ZAVOD
REPUBLIKE SLOVENIJE
ZA ŠOLSTVO



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA VZGOJO IN IZOBRAŽEVANJE



Sofinancira
Evropska unija

Uvod

Biodiverzitet

Biofilmi

Procesi

Ogroženost

Kaj je podzemna voda?

Received: 19 August 2023 | Revised: 6 November 2023 | Accepted: 9 November 2023
DOI: 10.1111/gcb.17066

REVIEW

Global Change Biology WILEY

Groundwater is a hidden global keystone ecosystem

Mattia Sacco^{1,2} | Stefano Mammola^{3,4,5} | Florian Altermatt^{6,7} | Roman Alther^{6,7} |
Rossano Bolpagni² | Anton Brancelj^{8,9} | David Brankovits³ | Cene Fišer¹⁰ |
Vasilis Gerovasiliou^{11,12} | Christian Griebler¹³ | Simone Guareschi^{14,15} |
Grant C. Hose¹⁶ | Kathryn Korbel¹⁶ | Elisabeth Lécroix¹⁷ | Florian Malard¹⁸ |

GROUNDWATER–SURFACE-WATER INTERACTIONS

Groundwater ecosystem services: a review

Christian Griebler^{1,2} and Maria Avramov^{1,3}

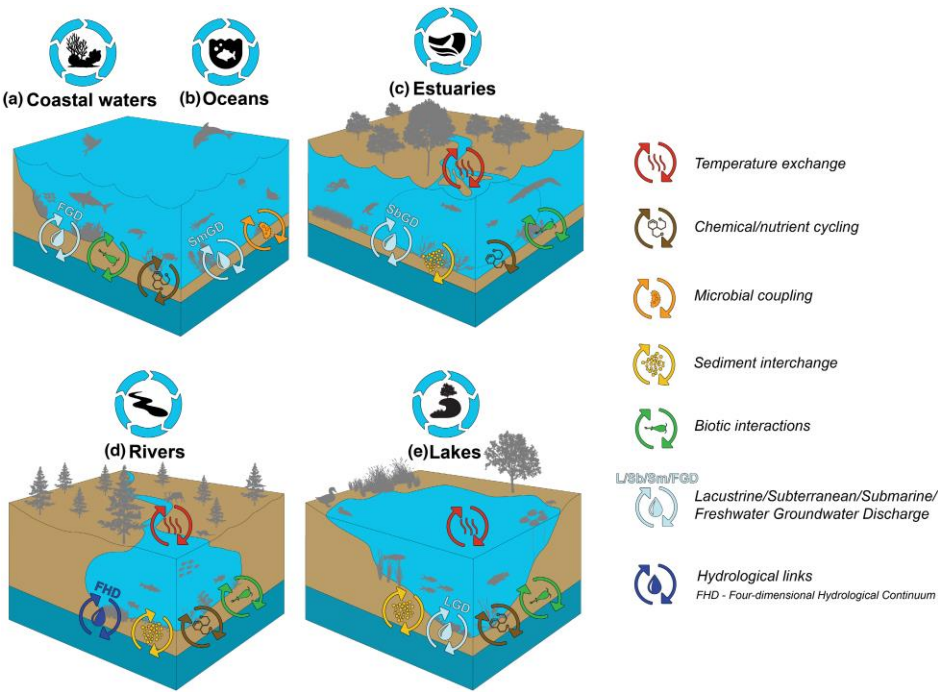
¹Helmholtz Zentrum München, German Research Center for Environmental Health, Institute of Groundwater Ecology,
Ingolstaedter Landstrasse 1, D-85764 Neuherberg, Germany

Abstract: Our daily life depends on many services delivered by the planet's ecosystems. Groundwater ecosystems deliver services that are of immense societal and economic value, such as: 1) purification of water and its storage in good quality for decades and centuries, 2) active biodegradation of anthropogenic contaminants and inactivation and elimination of pathogens, 3) nutrient recycling, and 4) mitigation of floods and droughts. Many of these services are directly connected to the presence and activity of specific organisms, microorganisms, or metazoa. Sustainable protection and management of important groundwater ecosystem services will require quantitative understanding of processes at different spatial and temporal scales and assessment of their resistance and resilience with regard to common anthropogenic impacts. Our review compiles known groundwater ecosystem services and, where appropriate, highlights important research gaps.

Key words: ecosystem services, ground water, biodegradation, pathogens, bioindicators, biodiversity

Griebler & Avramov 2015, Freshwater Science

Zakaj prav podzemna voda?



Sacco et al. 2024, Global Change Biology

Uvod

Biodiverziteta

Biofilmi

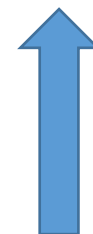
Procesi

Ogroženost

Ekosistemske storitve



Ekosistemski procesi



Biodiverziteta

Uvod

Okolje

Biodiverziteta

Biofilmi

Procesi

Ogroženost



Uvod

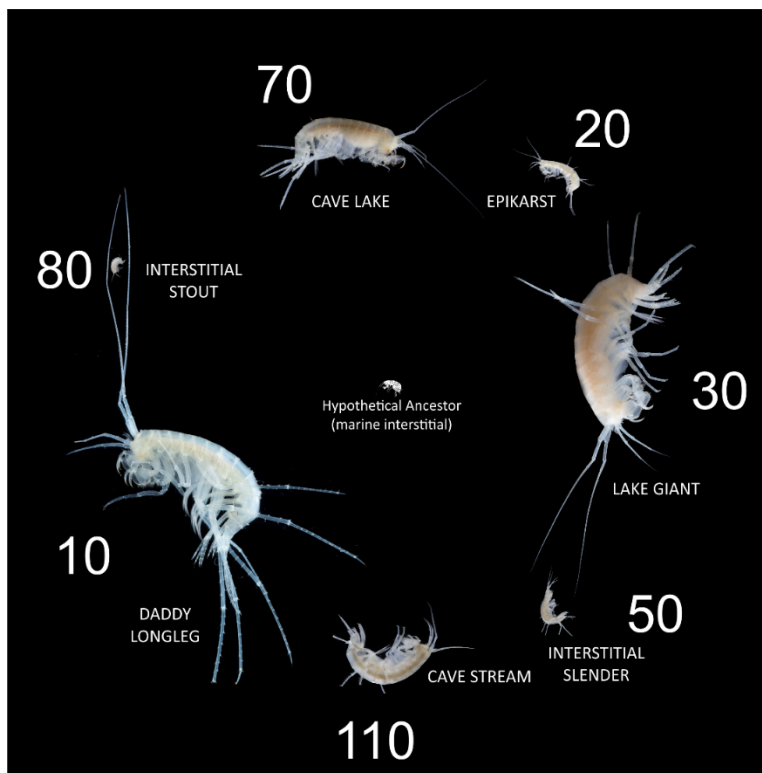
Okolje

Biodiverziteta

Biofilmi

Procesi

Ogroženost



Uvod

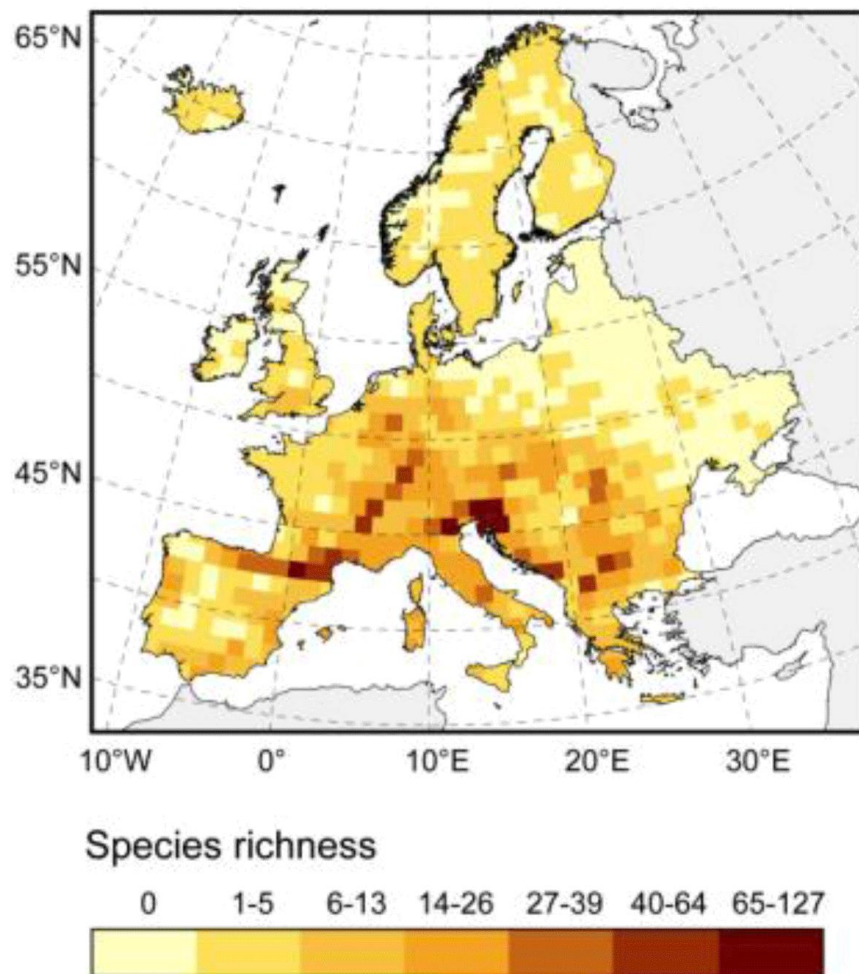
Okolje

Biodiverziteta

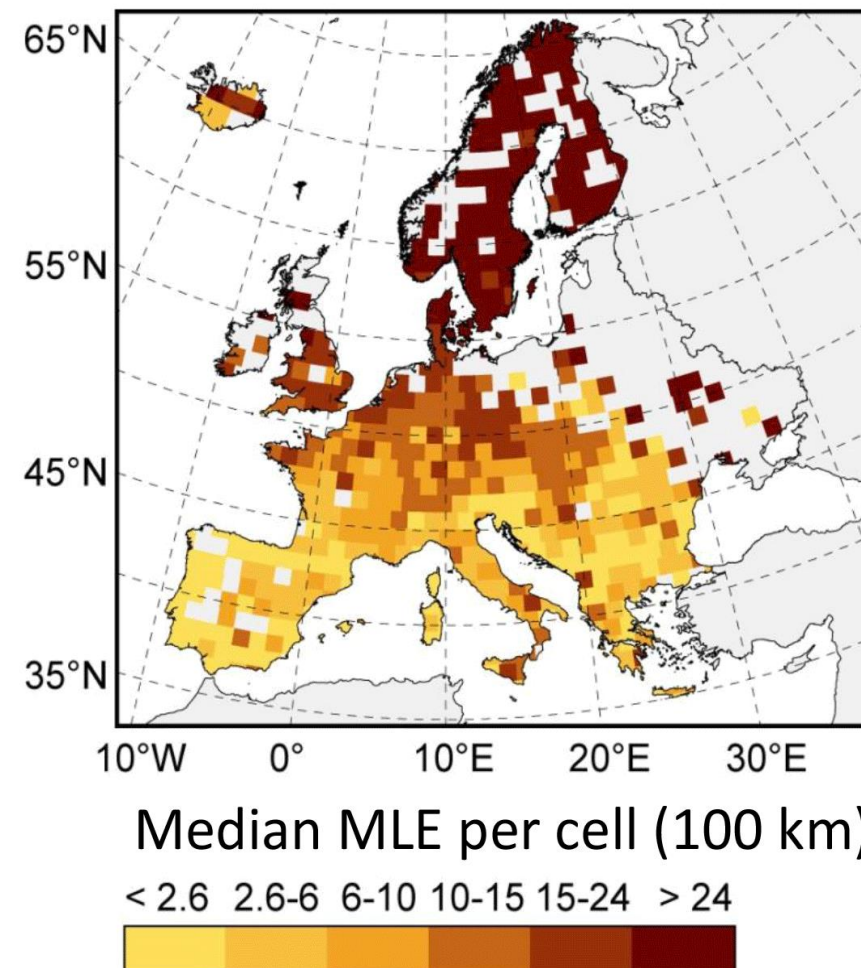
Biofilmi

Procesi

Ogroženost



Observed richness



Zagmajster et al. 2014, Global Ecology and Biogeography

Uvod

Nekaj dejstev o mikrobioti

Okolje

Biodiverziteta

Biofilmi

Procesi

Ogroženost

1. Razcvet s splošno uporabo molekularnih metod.
2. Bakterije in arheje se ne taksonomsko ne razlikujejo od tistih, ki jih najdemo v površinskih vodah in vključujejo vse funkcionalne skupine mikrobov.
3. Vendar (!) z metagenomskimi pristopi najdevamo nove in nove filogenetske linije.
4. Fiziološko prilagojeni na oligotrofne razmere:
 - majhne celice
 - nizka potreba po energiji
 - učinkovita izraba substrata
 - metabolne interakcije
5. Prevladujejo pritrjene celice, gostote celic majhne.
6. Povsod, do temperature 118 °C; po nekateri avtorjih celo do 40% vseh prokariontov.

Uvod

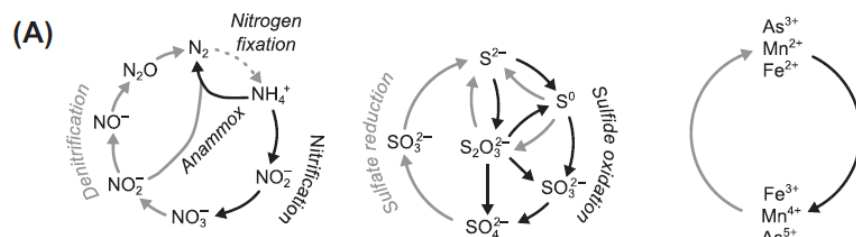
Okolje

Biodiverziteta

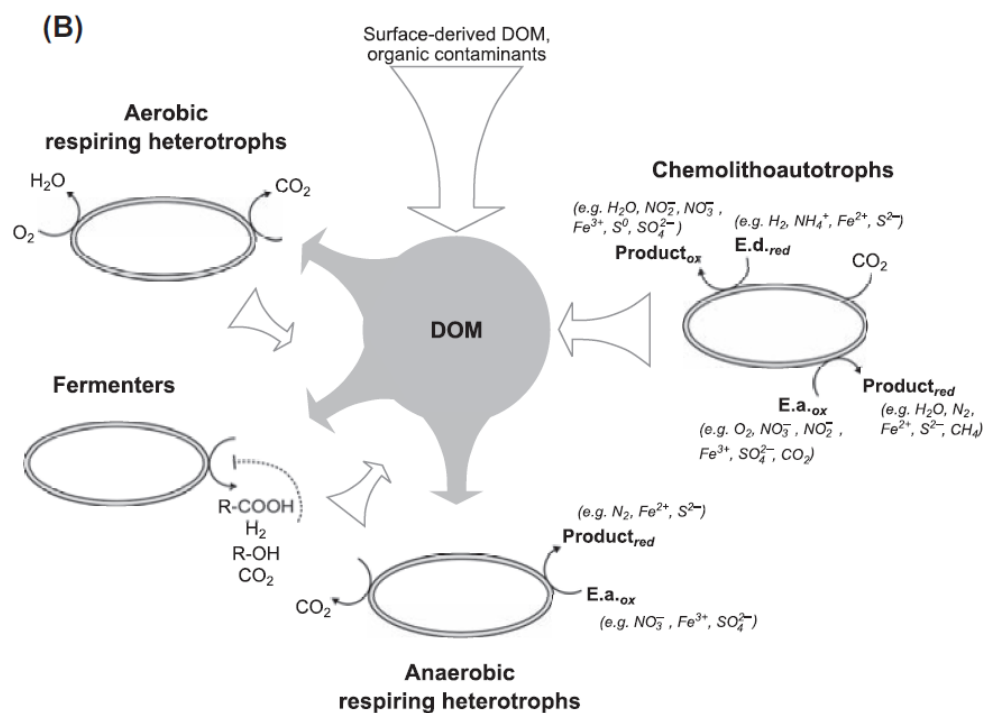
Biofilmi

Procesi

Ogroženost



primeri redoks procesov



glavne funkcionalne skupine mikrobov

Fillinger et al. 2024 Groundwater Ecology & Evolution

Ključni procesi

Uvod

Biodiverziteta

Biofilmi

Procesi

Ogroženost

interakcije med mikrobi: od kompeticije do komplementarne rabe metabolitov

sintrofija

multiple funkcije in oportunistična menjava med njimi

Interakcije med mikrobi in metazoji: objedanje in prezračevanje

Uvod

Biodiverzитета

Biofilmi

Procesi

Ogroženost

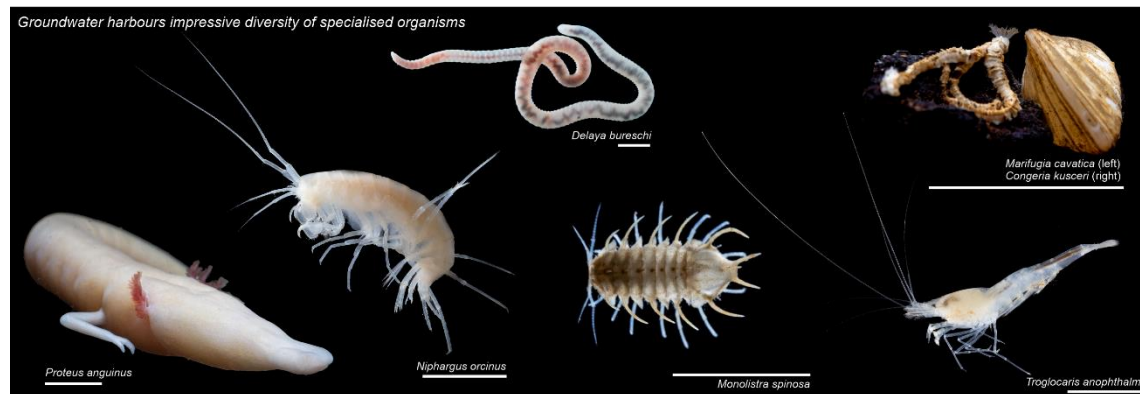


Fig. 1 Morphology and habitat of sprout-like bacterial communities in meadow formation in Abslonov kanal of Vjetrenica Cave. The trunk length of the *Typhlogammarus mrazeki* amphipod crustacean on meadow formation is approximately 15 mm

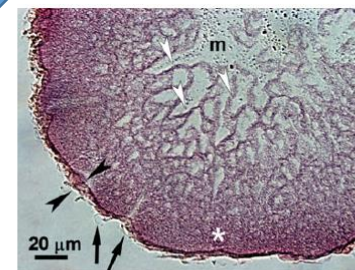


Fig. 2 Paraffin section of a single sprout-like community stained with hematoxylin-eosine, showing an even distribution of bacteria near the core surface (*asterisk*), a translucent extracellular matrix (*m*) in the core center, arrays of bacterial cells towards the core center (*white arrowheads*), a crust at the surface of the structure (*between black arrowheads*) and filamentous bacteria on the surface of the community (*arrows*) (bar=20 μ m)

Kostanjšek et al. 2013, Microb. Ecol.

Samočistilni procesi

Uvod

Biodiverziteta

Biofilmi

Procesi

Ogroženost

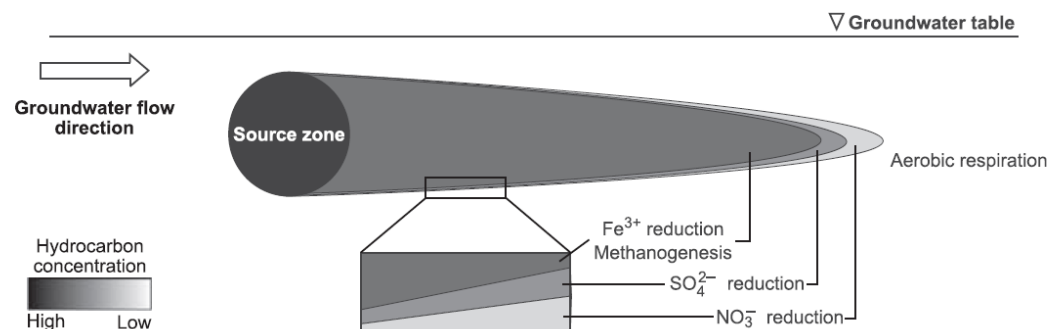


FIGURE 9.2 Schematic representation of a hydrocarbon plume in groundwater and the vertical arrangement of redox processes. (Modified from [Meckenstock et al., 2015](#)).

Dokumentirani so samočistilni procesi v primeru:

- Spojin naftnih derivatov
- Klorovih organskih spojin
- Toksičnih kovin in metaloidov
- Številnih onesnažil v mikropolutantov

Uspeh je odvisen od:

- Tipa vodonosnika (makro in mezzo)
- Kumulativnega učinka onesnažil
- Vpliva mikrobnih interakcij
- Sintrofije
- Oportune izbire metabolne poti

Fillinger et al. 2024 Groundwater Ecology & Evolution

Uvod

Biodiverziteta

Biofilmi

Procesi

Ogroženost

Ogroženost

1. Nihanje vodostaja – kumulativni učinek rabe vode in klimatskih sprememb.
2. Vpliv na kvaliteto vode: kumulativni učinek organskega in anorganskega onesnaženja.
3. Interakcije med nihanjem kvalitete in kvantitete vode.
4. Hitrost razširjanja onesnaženja in sanacije je odvisna od narave vodonosnika

Uvod

Ogroženost

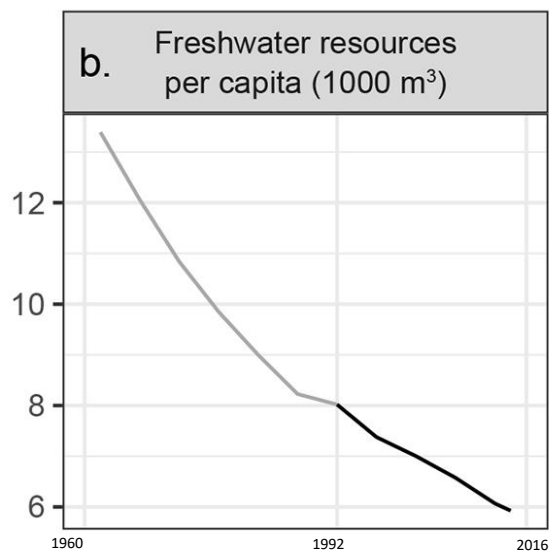
Biodiverziteta

Klimatske spremembe

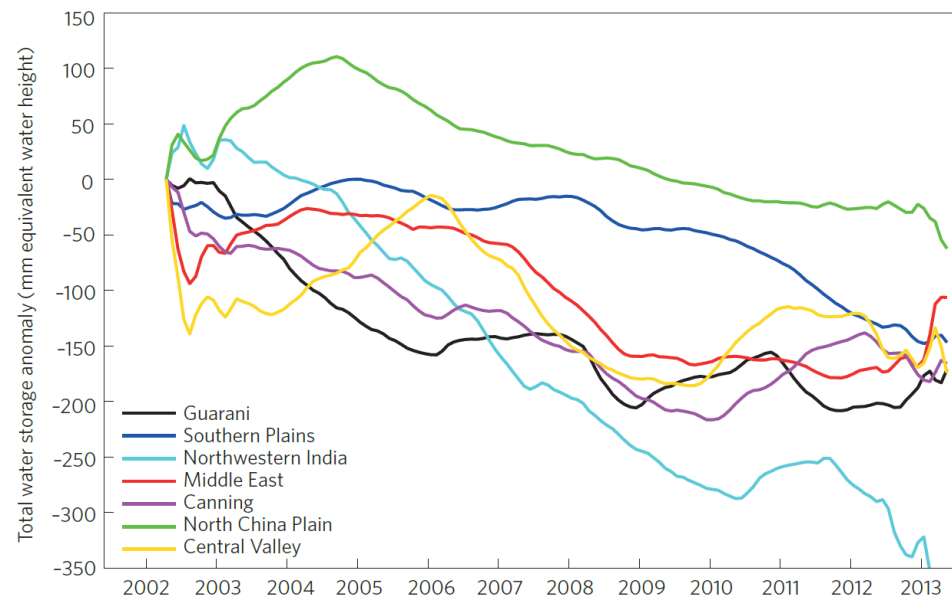
Biofilmi

Procesi

Ogroženost



Ripple et al. 2017,
BioScience



Famiglietti et al. 2014, Nature Climate Change

Uvod

Biodiverziteta

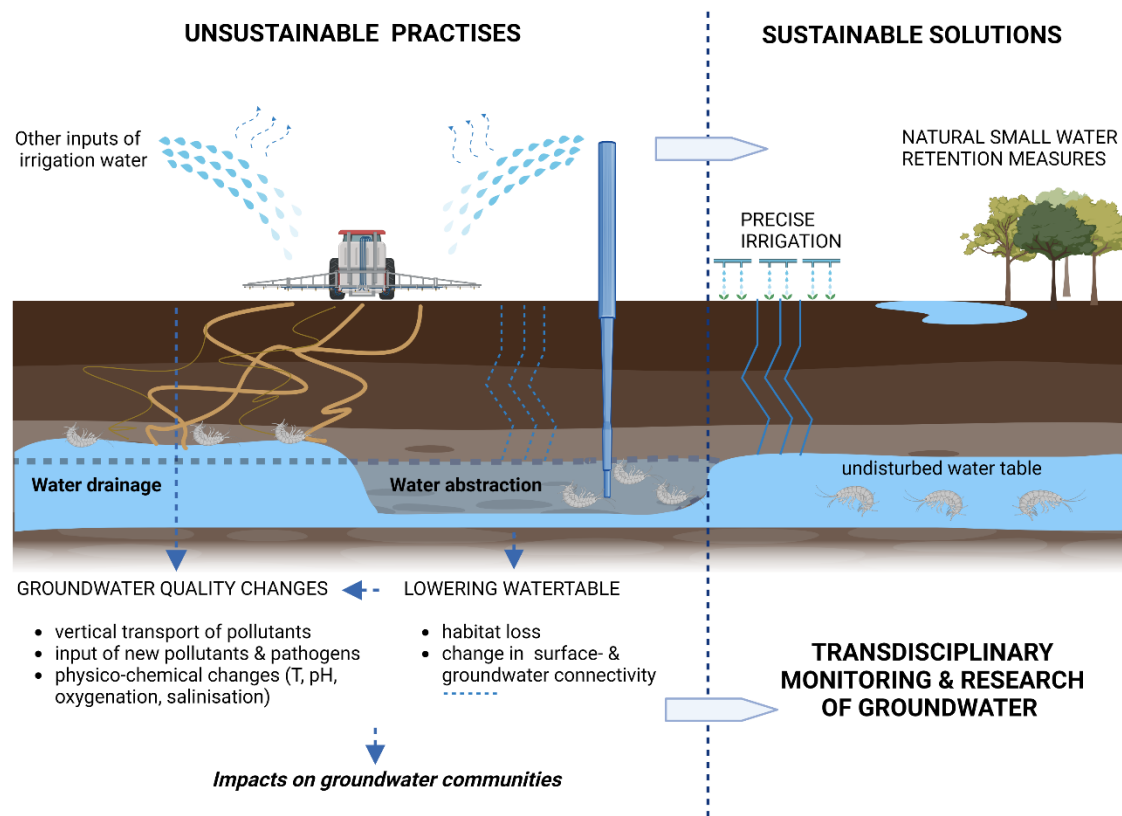
Biofilmi

Procesi

Ogroženost

Ogroženost

Klimatske spremembe
in antropogena raba
vode



Fišer et al. 2025, Bioscience

Uvod

Biodiverzitet

Biofilmi

Procesi

Ogroženost

Ogroženost

kmetijstvo,
industrija,
kanalizacija



promet,
razlitja,
odlagališča



Uvod

Ogroženost

Biodiverziteta

Hidrotehnični
posegi

Biofilmi

Procesi

Ogroženost



Uvod

Biodiverziteta

Biofilmi

Procesi

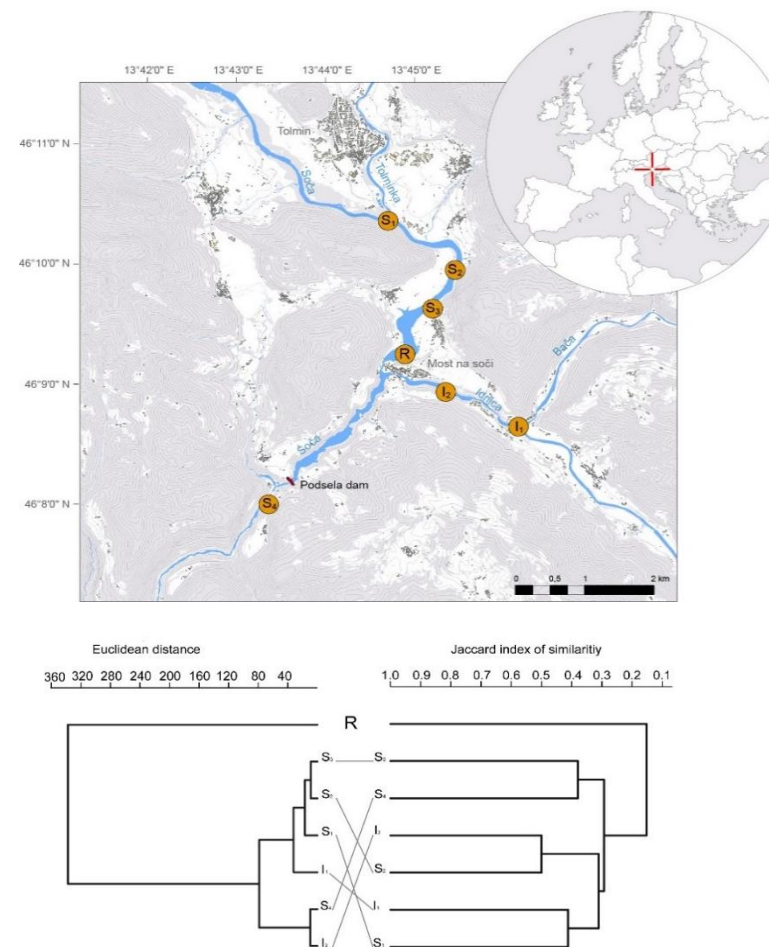
Ogroženost

Ogroženost

Hidrotehnični
posegi



Zagmajster et al. 2024, Fundamental
and Applied Limnology



Ogroženost - upravljanje

Uvod

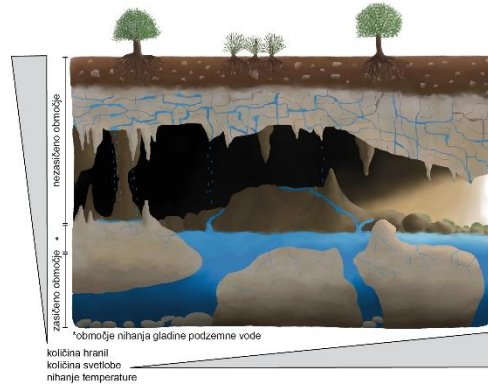
Biodiverzitet

Biofilmi

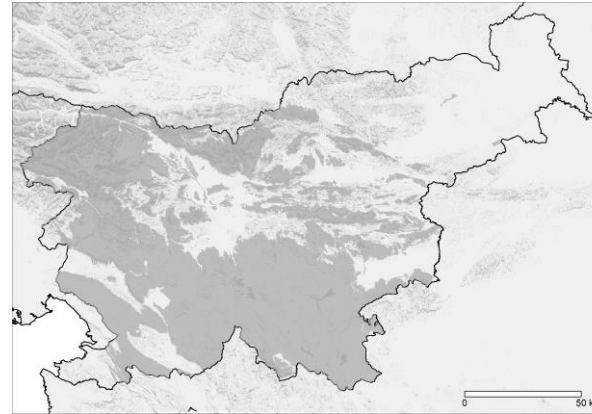
Procesi

Ogroženost

kraške podzemne vode

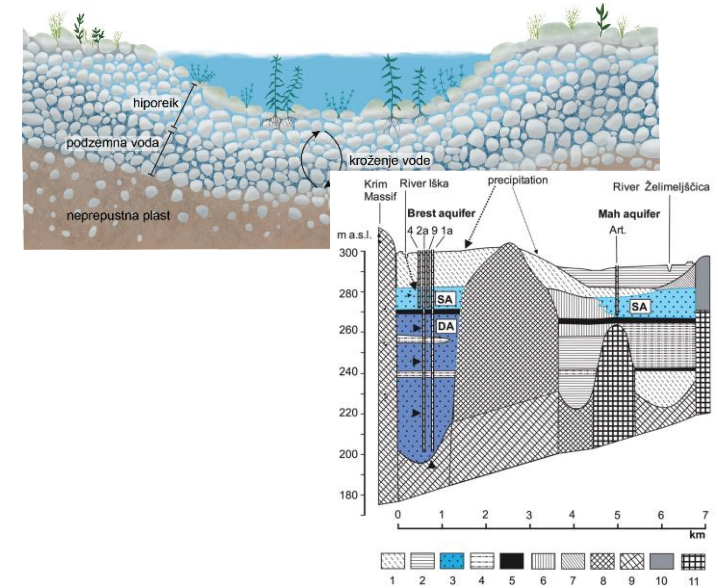


UPRAVLJANJE IN VARSTVO:
raznos potencialno škodljivih
snovi je prostorsko nepredvidljiv



Kraška Slovenija: 43% površine

nekraške podzemne vode



UPRAVLJANJE IN VARSTVO:
dolgi časovni zamiki, nezmožnost
identifikacije problema in
dolgotrajno čiščenje

Uvod

Sklepi

Biodiverzitet

1. Podzemne vode so pomemben del vodnega kroga in podpirajo tudi zdrava površinska vodna telesa.

Biofilmi

2. Slovenija je globalna vroča točka podzemno-vodne favne; ta sestoji pretežno iz nacionalnih endemitov.

Procesi

3. Podzemni organizmi vzpostavljajo in ohranjajo ekosistemske procese, vključno s samočistilnimi procesi.

Ogroženost

4. Podzemni organizmi in podzemne vode so izjemno ogrožene.

5. Upravljanje je zahtevno, izobraževanje ima pomembno vlogo.

Uvod

Biodiverzitet

Biofilmi

Procesi

Ogroženost

HVALA!

