



Vpliv sive vode na kalitev in rast sončnic

področje:

interdisciplinarno



avtorji:

Maks Podgoršek, Manja Simonič-Podergajs, Ula Voglar

mentor:

Boštjan Štih, prof. bio. in kem.



Mestna občina Celje
Mladi za Celje



Osnovna šola Hudinja, Celje

Vpliv sive vode na kalitev in rast sončnic

interdisciplinarno področje

avtorji:

Maks Podgoršek

Manja Simonič-Podergajs

Ula Voglar

mentor:

Boštjan Štih, prof. bio. in kem

Murska Sobota, marec 2025

Kazalo vsebine

Kazalo vsebine.....	1
Kazalo slik.....	2
Kazalo grafikonov	2
Povzetek	3
1 Uvod.....	4
1.1 Teoretske osnove.....	4
1.1.1 Definicija in značilnosti sive vode	4
1.1.2 Uporaba sive vode za namakanje rastlin	4
1.1.3 Prednosti uporabe sive vode.....	5
1.1.4 Tveganja in omejitve uporabe sive vode.....	5
1.1.5 Filtracija in obdelava sive vode.....	6
1.1.6 Vpliv na rastline	6
1.2 Opis raziskovalnega problema.....	7
1.3 Hipoteze.....	7
1.4 Raziskovalne metode	8
1.4.1 Določanje kemijskih parametrov	8
1.4.2 Priprava sive vode	9
1.4.3 Priprava filtrirane sive vode	10
1.4.4 Spremljanje kaljenja in rasti sončnic v navadni, sivi in filtrirani sivi vodi....	11
2 Osrednji del.....	13
2.1 Predstavitev raziskovalnih rezultatov	13
2.1.1 Določanje kemijskih parametrov navadne, sive in filtrirane sive vode	13
2.1.2 Spremljanje kaljenja sončnic.....	15
2.1.3 Spremljanje višine mladih rastlin.....	16
2.2 Diskusija	18
3 Zaključek	21
4 Viri in literatura.....	22

Kazalo slik

Slika 1: Pripravljena siva voda	9
Slika 2: Filter za filtriranje sive vode in postopek filtriranja.....	10
Slika 3: Vzorci vode	10
Slika 4: Setveni zabožčki	11
Slika 5: Setveni zabožčki s prvimi sadikami pod reflektorji.....	11
Slika 6: Merjenje višine sadik	12
Slika 7: Kivete po testiranju na prisotnost amoniaka	13
Slika 8: Kivete po testiranju na prisotnost itratov	13
Slika 9: Kivete po testiranju na prisotnost fosfatov.....	14
Slika 10: Kivete po določanju celokupne trdote vode iz pipe	14
Slika 11: Kivete po določanju pH vrednosti.....	14
Slika 12: Višina mladih rastlin sončnic, zalivanih z navadno vodo, sivo vodo in filtrirano sivo vodo	17

Kazalo grafikonov

Grafikon 1: Število vzklih semen po dnevih za različne tipe vode	15
Grafikon 2: Povprečna višina 20 rastlin	16

Povzetek

V raziskovalni nalogi smo ugotavljali vpliv sive vode, filtrirane sive vode in navadne vode iz pipe na kaljenje in rast sončnic ter opravili kemijsko analizo teh voda. Namen naloge je bil tudi ugotoviti, kako filtracija vpliva na kakovost sive vode.

V nalogi smo uporabili eksperimentalne metode, s katerimi smo določali kemijske parametre (pH vrednost, celokupno trdoto ter koncentracije nitratov, nitritov, fosfatov in amonijevih spojin). Prav tako smo spremljali kaljenje semen in rast mladih sadik sončnic, ki smo jih zalivali z različnimi vrstami vode.

Rezultati so pokazali, da filtracija sive vode zmanjša njeno pH vrednost in koncentracije nekaterih snovi. Pri uporabi navadne vode iz pipe je vzkalilo 76 % semen, pri uporabi sive vode 64 %, najmanj semen pa je vzkalilo pri uporabi filtrirane sive vode - 60 %. Najbolj so uspevale sončnice, ki smo jih zalivali s filtrirano sivo vodo, najmanj pa sončnice, ki smo jih zalivali z nefiltrirano sivo vodo.

Sklepamo, da je uporaba nefiltrirane sive manj ugodna za rast sončnic, filtracija pa toliko izboljša njene lastnosti, da mlade sončnice uspevajo tako dobro kot ob zalivanju z navadno vodo iz pipe.

Ključne besede: siva voda, filtriranje, kaljenje sončnic, rast sončnic, kemijska analiza vode

Abstract

In our research study, we investigated the impact of greywater, filtered greywater, and tap water on the germination and growth of sunflowers and conducted a chemical analysis of these water types. The aim of the study was also to determine how filtration affects the quality of greywater.

We employed experimental methods to assess chemical parameters, including pH value, total hardness, and the concentrations of nitrates, nitrites, phosphates, and ammonium compounds. Additionally, we monitored seed germination and the growth of young sunflower seedlings irrigated with different types of water.

The results showed that filtration of greywater reduces its pH value and the concentrations of certain substances. When using tap water, 76% of seeds germinated, compared to 64% with greywater, while the lowest germination rate (60%) was observed with filtered greywater. The most successful sunflower growth was observed in plants irrigated with filtered greywater, while the least growth occurred with unfiltered greywater.

We conclude that using unfiltered greywater is less favorable for sunflower growth, whereas filtration improves its properties to the extent that young sunflowers grow as well as those irrigated with tap water.

Keywords: greywater, filtration, sunflower germination, sunflower growth, chemical analysis of water

1 Uvod

1.1 Teoretske osnove

Še nekaj let nazaj je bila cena za porabljeno vodo izredno nizka. Vendar pa postaja vse bolj jasno, da voda pridobiva na ceni in bo že kmalu imela svojo tržno vrednost. Takrat bodo vsi projekti, usmerjeni v varčevanje z vodo, kakor tudi v prečiščevanje vode in njeno ponovno uporabo, postali dobrodošli. Zato postaja uporaba sive vode vse bolj sprejemljiva tudi za gospodinjstva (Klevže, 2010).⁴

Voda je ključnega pomena za preživetje in rast rastlin, saj sodeluje v številnih fizioloških procesih, vključno s fotosintezo, transportom hranil in vzdrževanjem celičnega turgorja. Pomanjkanje vode lahko povzroči upočasnjeno rast, zmanjšan pridelek in celo odmrtnje rastline. Zaradi naraščajočih potreb po vodi in omejenih vodnih virih je uporaba alternativnih virov, kot je siva voda, predmet številnih raziskav (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³

1.1.1 Definicija in značilnosti sive vode

Siva voda je odpadna voda iz gospodinjstev, ki izvira iz umivalnikov, prh, kadi, pralnih in pomivalnih strojev, vendar ne vključuje odplak iz stranišč, ki se imenujejo črna voda. Po Wikipediji (2023)⁶ je zaradi nižje vsebnosti onesnaževal sivo vodo lažje očistiti za ponovno uporabo v primerjavi s črno vodo. Vendar lahko vsebuje ostanke detergentov, mila, maščob in drugih snovi, ki lahko vplivajo na kakovost tal in rast rastlin (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³

1.1.2 Uporaba sive vode za namakanje rastlin

Uporaba sive vode za namakanje rastlin je pritegnila pozornost kot potencialna rešitev za zmanjšanje porabe sveže vode, zlasti v urbanih področjih. Raziskave kažejo, da lahko pravilno obdelana siva voda služi kot vir za zalivanje urbanega zelenja, ne da bi

⁴ Klevže, I. (19. 12. 2010). Siva voda. Vodovod. Pridobljeno 29. 11. 2024 iz <https://www.instalater.si/prispevek/223/siva-voda>

³ Dabić, B., Grabić, J., & Mladenović, E. (2020). Potencijali sive vode za navodnjavanje urbanog zelenila: osvrt na stanje u republici Srbiji. Glasnik šumarskog fakulteta univerziteta u Banjoj Luci. Pridobljeno 19. 2. 2025 iz <https://www.researchgate.net/publication/341666615>

negativno vplivala na rast in estetsko vrednost rastlin (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³ Vendar je pomembno zagotoviti ustrezno obdelavo sive vode pred uporabo, saj lahko vsebuje soli in kemikalije iz detergentov, ki so lahko škodljive za rastline (Wikipedija, 2024).⁶

1.1.3 Prednosti uporabe sive vode

Ponovna uporaba sive vode za namakanje rastlin prinaša več prednosti:

- Varčevanje z vodo: Z zmanjšanjem porabe pitne vode za namakanje se ohranjajo dragoceni vodni viri (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³
- Zmanjšanje obremenitve čistilnih naprav: Preusmeritev sive vode za namakanje zmanjšuje količino odpadne vode, ki jo je treba obdelati v čistilnih napravah (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³
- Gospodarske koristi: Zmanjšana poraba pitne vode lahko prinese finančne prihranke za gospodinjstva in skupnosti (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³

1.1.4 Tveganja in omejitve uporabe sive vode

Kljub prednostim je uporaba sive vode povezana z določenimi tveganji in omejitvami:

- Kopičenje soli in kemikalij: Dolgotrajna uporaba neobdelane sive vode lahko privede do kopičenja soli in kemikalij v tleh, kar lahko negativno vpliva na rastline (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³
- Mikrobiološka tveganja: Siva voda lahko vsebuje patogene mikroorganizme, ki predstavljajo tveganje za zdravje ljudi in rastlin, če ni ustrezno obdelana (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³
- Pravna in regulativna vprašanja: V EU in nekaterih zveznih državah ZDA je uporaba sive vode pravno urejena. V mnogih državah pa uporaba sive vode ni jasno regulirana, kar lahko omejuje njeno implementacijo (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³

³ Dabić, B., Grabić, J., & Mladenović, E. (2020). Potenciali sive vode za navodnjavanje urbanog zelenila: osvrt na stanje u republici Srbiji. Glasnik šumarskog fakulteta univerziteta u Banjoj Luci. Pridobljeno 19. 2. 2025 iz <https://www.researchgate.net/publication/341666615>

⁶ Wikipedija. (25. 11. 2024). Pridobljeno 28. 2. 2025 iz Siva voda: https://sl.wikipedia.org/wiki/Siva_voda

1.1.5 Filtracija in obdelava sive vode

Za varno uporabo sive vode pri namakanju je ključnega pomena ustrezna obdelava. Postopki obdelave lahko vključujejo mehanske filtre za odstranjevanje trdnih delcev, biološke procese za razgradnjo organskih snovi ter kemične procese za odstranjevanje potencialno škodljivih snovi (Wikipedija, 2024).⁶ Uporaba naravnih sistemov, kot so umetna mokrišča z vodnimi rastlinami, je bila predlagana kot učinkovita metoda za čiščenje sive vode pred uporabo za namakanje (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³

1.1.6 Vpliv na rastline

Študije so pokazale, da lahko uporaba ustrezno obdelane sive vode za namakanje podpira rast rastlin brez negativnih učinkov. Vendar je pomembno redno spremljati kakovost vode in stanje tal, da se prepreči kopičenje škodljivih snovi. Prav tako se je zaradi potencialnih zdravstvenih tveganj priporočljivo izogibati uporabi sive vode na užitnih delih rastlin, ki se uživajo surovi. (Dabić, Grabić, & Mladenović, 2020).³

⁶ Wikipedija. (25. 11. 2024). Pridobljeno 28. 2. 2025 iz Siva voda: https://sl.wikipedia.org/wiki/Siva_voda

³ Dabić, B., Grabić, J., & Mladenović, E. (2020). Potenciali sive vode za navodnjavanje urbanog zelenila: osvrt na stanje u republici Srbiji. Glasnik šumarskog fakulteta univerziteta u Banjoj Luci. Pridobljeno 19. 2. 2025 iz <https://www.researchgate.net/publication/341666615>

1.2 Opis raziskovalnega problema

Voda je ključna za rast rastlin, vendar je zaradi pomanjkanja pitne vode uporaba alternativnih virov, kot je siva voda, vse pomembnejša. V raziskovalni nalogi smo preučevali vpliv navadne vode, sive vode in filtrirane sive vode na kaljenje in rast sončnic ter merili kemijske parametre teh vod.

Zanimalo nas je:

1. Kako filtriranje sive vode vpliva na pH vrednost, celokupno trdoto ter koncentracije nitratnih, nitritnih, fosfatnih in amonijevih spojin?
2. Kako uporaba sive vode in filtrirane sive vode vpliva na kaljenje sončnic v primerjavi z navadno vodo iz pipe?
3. Kakšen je vpliv sive vode na rast mladih rastlin sončnic v primerjavi z navadno vodo iz pipe?
4. Kako filtriranje sive vode vpliva na rast mladih rastlin sončnic v primerjavi z nefiltrirano sivo vodo?

1.3 Hipoteze

Postavili smo štiri hipoteze:

1. Filtriranje sive vode bo zmanjšalo pH-vrednost, celokupno trdoto ter koncentracije nitratov, nitritov, fosfatov in amonijevih spojin.
2. Sončnice, ki jih zalivamo s sivo ali filtrirano sivo vodo bodo imele nižjo stopnjo kaljenja v primerjavi s sončnicami, ki jih zalivamo z navadno vodo iz pipe.
3. Rast mladih rastlin bo slabša pri uporabi sive vode v primerjavi z navadno vodo iz pipe.
4. Rast mladih rastlin sončnic bo boljša ob uporabi filtrirane sive vode v primerjavi z nefiltrirano sivo vodo.

1.4 Raziskovalne metode

1.4.1 Določanje kemijskih parametrov

Kemijske parametre smo določali z reagenti iz kovčka za analizo vode proizvajalca Visicolor, zato so izmerjene vrednosti manj natančne oz. zgolj orientacijske. Edino pH vrednost smo dodatno bolj natančno določili z elektronskim pH metrom.

1.4.1.1 Določanje koncentracije amonijevih ionov

Po 5 ml vzorca smo dodali v dve kivetni in ju postavili v primerjalnik, eno smo označili z A, drugo z B. V kivetno B smo dodali 10 kapljic reagenta $\text{NH}_4\text{-1}$ in jo zaprli s pokrovčkom. Kivetno B smo premešali. V kivetno B smo dodali 1 merilno žličko reagenta $\text{NH}_4\text{-2}$. Zaprli smo kivetno B in mešali, dokler se reagent v prahu popolnoma ni raztopil. Počakali smo 5 minut. Nato smo odprli kivetno B in dodali 4 kapljice reagenta $\text{NH}_4\text{-3}$. Počakali smo 7 minut, odprli pokrovčka na obeh kivetnih in s pomočjo barvne skale odčitati rezultat.

1.4.1.2 Določanje koncentracije nitratnih ionov

Po 5 ml vzorca smo dodali v 2 kivetni in ju postavili v primerjalnik, eno smo označili z A, drugo z B. V kivetno B smo dodali 5 kapljic reagenta $\text{NO}_3\text{-1}$ in jo zaprli s pokrovčkom. Kivetno B smo premešali. V kivetno B smo dodali še merilno žličko reagenta $\text{NO}_3\text{-2}$. Zaprli smo kivetno B in jo konstantno mešali 1 minuto. Nato smo počakali 5 minut. Odprli smo pokrovčka na obeh kivetnih in s pomočjo barvne skale odčitati rezultat.

1.4.1.3 Določanje koncentracije nitritnih ionov

V dve kivetni smo dodali po 5 ml vzorca in ju postavili v primerjalnik, eno smo označili z A, drugo z B. V kivetno B smo dodali 4 kapljice reagenta $\text{NO}_2\text{-1}$ in jo zaprli s pokrovčkom. Kivetno B smo premešali. V kivetno B smo dodali 1 merilno žličko reagenta $\text{NO}_2\text{-2}$. Zaprli smo kivetno B in premešali, dokler se reagent v prahu popolnoma ni raztopil. Nato smo počakali 10 minut. Odprli smo pokrovčka na obeh kivetnih in s pomočjo barvne skale odčitati rezultat.

1.4.1.4 Določanje koncentracije fosfatnih ionov

Dodali smo 5 ml vzorca v 2 kivetih in ju postavili v primerjalnik, eno smo označili z A, drugo z B. V kiveto B smo dodali 6 kapljic reagenta PO₄-1 in jo zaprli s pokrovčkom. Kiveto B smo premešali. V kiveto B smo dodali 1 merilno žličko reagenta PO₄-2. Zaprli smo kiveto B in premešali, dokler se reagent v prahu popolnoma ni raztopil. Počakali smo 10 minut. Odprli smo pokrovčka na obeh kivetah in s pomočjo barvne skale odčitali rezultat.

1.4.1.5 Določanje celokupne trdote

S pomočjo brizge smo v kiveto dodali 5 ml vzorca vode. Dodali smo 2 kapljici reagenta GH-1 in zaprli s pokrovčkom. Kiveto smo nežno premešali. Vzorec se je obarval rdeče. Reagenčno posodico z reagentom GH-2 smo držali pod pravim kotom in ob počasnem mešanju dodajali kapljico po kapljico reagenta v vzorec vode, dokler nismo opazili spremembe barve na zeleno. Ob dodajanju reagenta GH-2 smo prešteli število kapljic, ki smo jih dodali do spremembe barve, in preračunali rezultate po formuli: 1 kapljica = 1°dH.

1.4.2 Priprava sive vode

Sivo vodo smo pripravili tako, da smo v kopalni kadi zbrali vodo od:

- enega tuširanja z milom
- enega pranja las s šamponom
- štirih umivanj zob z zobno pasto
- enega ročnega pomivanja posode s tekočim detergentom
- enega celotnega pranja perila s pralnim praškom in mehčalcem.



Slika 1: Pripravljena siva voda

1.4.3 Priprava filtrirane sive vode

Prej pripravljeno sivo vodo smo razdelili na dva dela. Eno polovico smo prelili v zaprto posodo in jo shranili v temnem in hladnem prostoru. Z njo smo nato zalivali eno serijo sončnic. Drugo polovico vode pa smo filtrirali s pomočjo zunanjega filtra za akvarij v katerega smo namestili več vrst filtrirnega materiala:

- kroglice in gobico iz umetne mase ter filtrirno vato za mehansko filtriranje;
- porozne keramične kroglice za biološko filtriranje;
- aktivno oglje za absorpcijo kemijskih primesi.

Vodo smo filtrirali 5 dni, nato pa jo uporabljali za zalivanje druge serije sončnic.



Slika 2: Filter za filtriranje sive vode in postopek filtriranja



Slika 3: Vzorci vode

V levi erlenmajerici je voda iz pipe, v srednji je pripravljena siva voda, v desni pa siva voda po filtriranju.

1.4.4 Spremljanje kaljenja in rasti sončnic v navadni, sivi in filtrirani sivi vodi

Pripravili smo tri setvene zabožke iz stiropora. Vsakega smo namestili v plastično kadičko. Posamezne prostorčke smo napolnili z zemljo za ločnice in vanje posadili po eno sončnično seme.

V polovico pladnja, 42 mest, smo posadili semena sončnic, v drugo polovico pa semena fižola, saj smo prvotno želeli primerjati vpliv sive vode na kaljenje in rast fižola. Ker pa je vzkalilo premalo fižolovih semen, smo fižol kasneje izpustili iz raziskave.



Slika 4: Setveni zabožki

Zabožke smo namestili v topel prostor. Osvetljevali smo jih s tremi led reflektorji od 6. do 22. ure.



Slika 5: Setveni zabožki s prvimi sadikami pod reflektorji

Vsak dan smo prešteli število vzkaljenih semen in merili višino vsake sadike posebej. Po potrebi smo rastline zalili, vse ob istem času in z enako količino vode. Levi zabojček smo zalivali z navadno vodo iz pipe, srednji zabojček s sivo vodo, desni zabojček pa s filtrirano sivo vodo. Pred zalivanjem smo vodo eno uro pustili pri sobni temperaturi, da so imeli vsi trije vzorci vode pred zalivanjem enako temperaturo.

Višino sadik smo merili z merilnim trakom od nivoja setvenega zabojčka do vrha rastline. Meritve smo izvajali vsak dan ob isti uri. Meritve smo zapisovali v zbirno tabelo in sprti računali povprečno višino 20 sadik – rastlin, ki so prve vzklike.



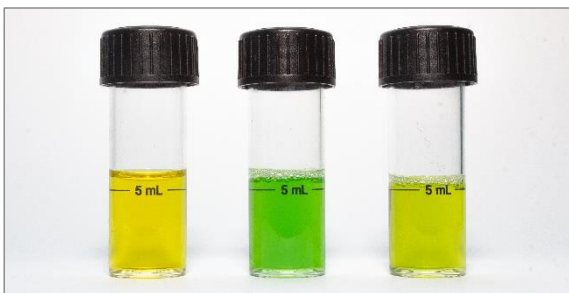
Slika 6: Merjenje višine sadik

2 Osrednji del

2.1 Predstavitev raziskovalnih rezultatov

2.1.1 Določanje kemijskih parametrov navadne, sive in filtrirane sive vode

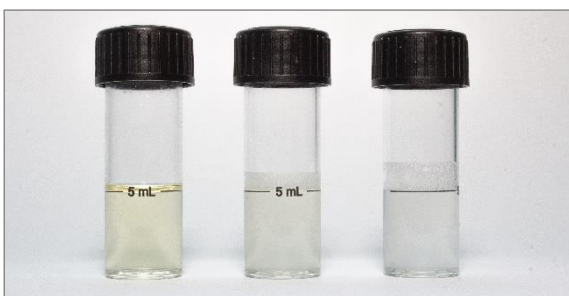
2.1.1.1 Koncentracija amonijevih spojin



Slika 7: Kivete po testiranju na prisotnost amoniaka

V levi kiveti je bila voda iz pipe. Ob primerjavi obarvanja z barvno skalo smo ugotovili, da pitna voda ne vsebuje amonijevih spojin. V srednji kiveti je vzorec sive vode, ki smo ga pripravili. Po primerjavi obarvanja z barvno skalo smo ugotovili, da je v vzorcu okoli 1 mg amonijevih spojin na liter vzorca. Po filtriranju je koncentracija amonijevih spojin padla na 0,2 mg/L vzorca. Vzorec filtrirane vode po testiranju je bil v desni kiveti.

2.1.1.2 Koncentracija nitratov



Slika 8: Kivete po testiranju na prisotnost nitratov

V levi kiveti je bila voda iz pipe. Ob primerjavi obarvanja z barvno skalo smo ugotovili, da voda iz pipe vsebuje okoli 1 mg/L nitratov. Siva voda (srednja kiveta) je vsebovala manj kot 1 mg/L nitratov, po filtriranju sive vode pa prisotnosti nitratov nismo več zaznali. Vzorec te vode je v desni kiveti.

2.1.1.3 Koncentracija nitritov

V nobenem od vzorcev nismo zaznali prisotnosti nitritov.

2.1.1.4 Koncentracija fosfatov



Slika 9: Kivete po testiranju na prisotnost fosfatov

V levi kiveti je bila voda iz pipe. Ob primerjavi obarvanja z barvno skalo smo ugotovili, da voda iz pipe ni vsebovala fosfatov, siva voda je vsebovala okoli 1,5 mg fosfatov na liter vzorca. Po filtriranju smo v vzorcu zaznali manj kot 0,5 mg fosfatov na liter vzorca.

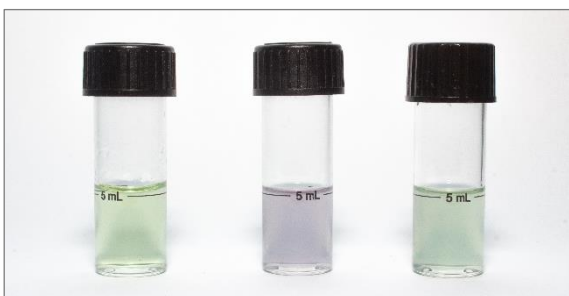
2.1.1.5 Celokupna trdota



Slika 10: Kivete po določanju celokupne trdote vode iz pipe

Voda iz pipe je imela celokupno trdoto okoli 14 °dH, siva voda in filtrirana siva voda pa sta imeli trdoto okoli 13 °dH.

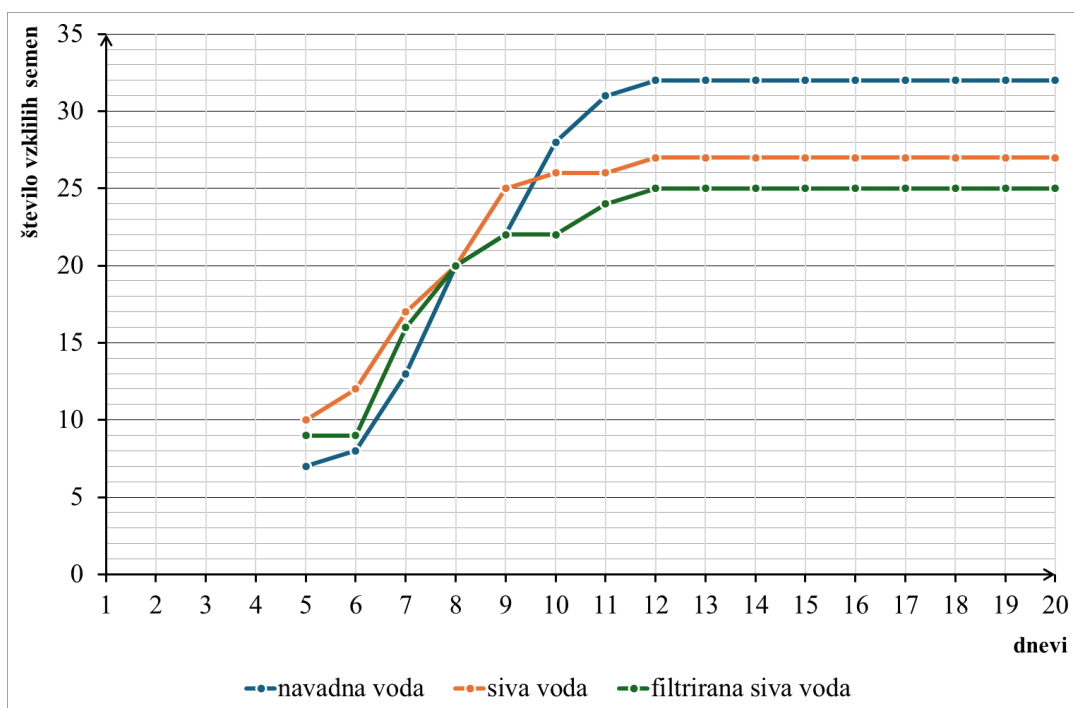
2.1.1.6 pH vrednost



Slika 11: Kivete po določanju pH vrednosti

V levi kiveti je bila voda iz pipe. Njena pH vrednost je bila 7,8. V srednji kiveti je bila siva voda, njena pH vrednost je bila 9,4. V desni kiveti je bila filtrirana siva voda. Izmerili smo ji pH 8,3.

2.1.2 Spremljanje kaljenja sončnic

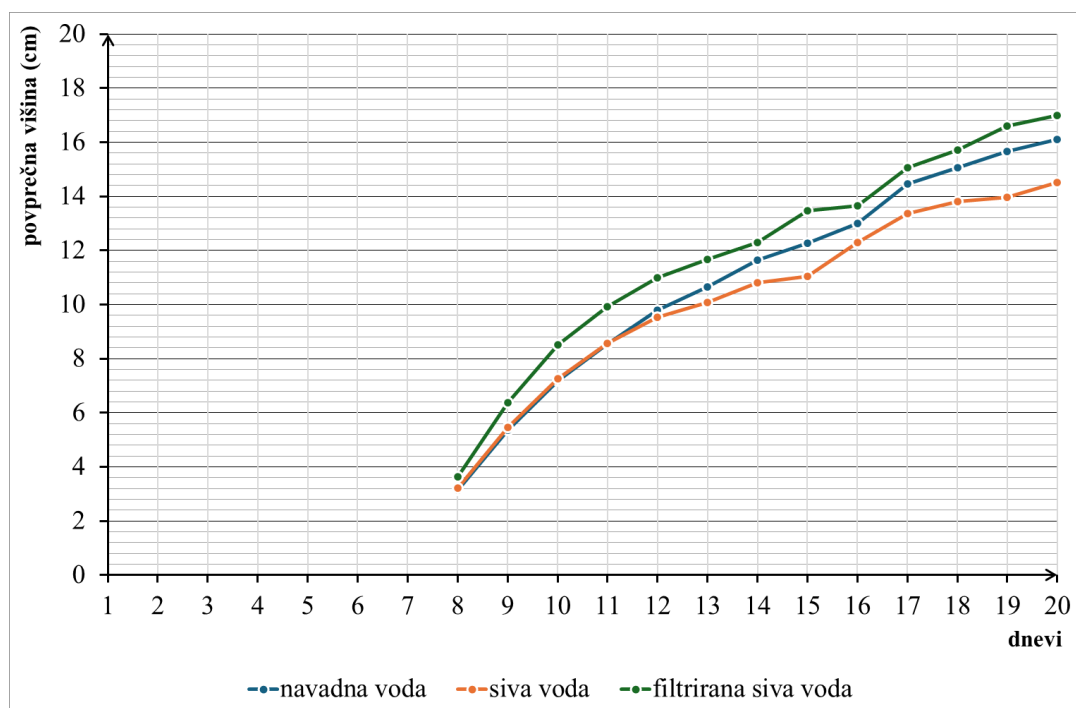


Grafikon 1: Število vzklilih semen po dnevih za različne tipe vode

Grafikon prikazuje število vzklilih semen sončnic v obdobju 20 dni ob uporabi treh različnih vrst vode: navadne vode, sive vode in filtrirane sive vode.

Iz grafikona je razvidno, da so pri vseh treh vrstah vode semena začela kaliti petega dne. Nato je število vzklilih semen pri vseh treh vrstah vode hitro naraščalo; sedmega dne jih je bilo pri uporabi sive vode največ (17), sledi filtrirana siva voda (16) in navadna voda (13). Osmi dan je število vzklilih semen doseglo enako število (20) pri vseh vrstah vode. Do desetega dne je število vzklilih semen pri vseh vrstah vode še naraščalo. Največ semen je vzklilo pri uporabi navadne vode (28), sledi siva voda (26) in filtrirana siva voda (22). Po dvanajstem dnevu se število vzklilih semen ustali pri vseh treh vrstah vode. Največ semen je vzklilo pri uporabi navadne vode (32), kar predstavlja dobrih 76 %. Sledi siva voda (27), kar je 64 %. Najmanj semen je vzklilo pri uporabi filtrirane sive vode (25) oziroma skoraj 60 %.

2.1.3 Spremljanje višine mladih rastlin



Grafikon 2: Povprečna višina 20 rastlin

Grafikon prikazuje povprečno višino 20 rastlin sončnic v obdobju 20 dni ob uporabi treh različnih vrst vode: navadne vode, sive vode in filtrirane sive vode.

V prvih sedmih dneh ni opaziti rasti rastlin pri nobeni vrsti vode. To je pričakovano, saj semena potrebujejo nekaj časa, da začnejo kaliti in rasti. Sedmi dan so semena vzknila.

Osmi dan začnejo rastline rasti pri vseh treh vrstah vode. Povprečna višina rastlin je bila najvišja pri uporabi filtrirane sive vode (3,63 cm), sledi siva voda (3,22 cm) in navadna voda (3,15 cm).

Do devetega dne je povprečna višina rastlin hitro naraščala pri vseh treh vrstah vode. Rastline, ki smo jih zalivali s filtrirano sivo vodo, so bile najvišje (6,38 cm), sledile so rastline, ki smo jih zalivali s sivo vodo (5,46 cm) in navadno vodo (5,37 cm).

Do dvanajstega dne je povprečna višina rastlin še naprej naraščala pri vseh vrstah vode. Najvišjo povprečno višino so rastline dosegle pri uporabi filtrirane sive vode (10,99 cm), sledile so rastline, ki smo jih zalivali z navadno vode (9,79 cm) in sivo vodo (9,53 cm).

Po trinajstem dnevu se je povprečna višina rastlin še naprej povečevala pri vseh treh vrstah vode. Rastline, ki smo jih zalivali s filtrirano sivo vodo, so bile še vedno najvišje (11,66 cm), sledi rastline, ki smo jih zalivali z navadno vodo (10,64 cm) in sivo vodo (10,07 cm).

Dvajseti dan so rastline, ki smo jih zalivali s filtrirano sivo vodo, dosegle najvišjo povprečno višino (17 cm), sledile so rastline, ki smo jih zalivali z navadno vodo (16,1 cm) in sivo vodo (14,5 cm).



Slika 12: Mlade rastlin sončnic, zalivanih z navadno vodo, sivo vodo in filtrirano sivo vodo po 20 dneh

Na sliki so prikazane tri skupine mladih rastlin sončnic, ki smo jih zalivali z različnimi vrstami vode:

- Leva slika: Rastline, ki smo jih zalivali z navadno vodo, so videti zdrave in imajo enakomerno višino. Listi so veliki in zeleni, rastline pa bujne.
- Srednja slika: Rastline, ki smo jih zalivali s sivo vodo, so videti nekoliko manj zdrave. Višina rastlin je neenakomerna, nekatere rastline so nižje, listi so manjši, in nekoliko manj zeleni. Rastline so manj bujne.
- Desna slika: Rastline, zalivane s filtrirano sivo vodo, so videti bolj zdrave kot tiste, ki smo jih zalivali z nefiltrirano sivo vodo v sredini. Višina rastlin je bolj enakomerna, listi so bolj zeleni in rastline so bolj bujne kot tiste, ki smo jih zalivali s sivo vodo.

2.2 Diskusija

V raziskovalni nalogi smo preučevali vpliv sive vode, filtrirane sive vode in navadne vode na kaljenje in rast sončnic ter analizirali kemijske parametre teh vod. Postavili smo štiri hipoteze, ki smo jih preverjali z eksperimentom.

V prvi hipotezi smo napovedali, da bo filtriranje sive vode zmanjšalo pH vrednost, celokupno trdoto ter koncentracije nitratov, nitritov, fosfatov in amonijevih spojin.

Naše meritve so pokazale, da se je pH sive vode po filtraciji zmanjšal s 9,4 na 8,3, kar pomeni, da je filtracija delno zmanjšala bazičnost vode, vendar ni dosegla vrednosti, ki jo je imela voda iz pipe (7,8). Prav tako so se zmanjšale koncentracije drugih spojin: koncentracija amonijevih spojin se je zmanjšala z 1 mg/L na 0,2 mg/L, koncentracija fosfatov pa se je zmanjšala z 1,5 mg/L na manj kot 0,5 mg/L. Pri nitratih je bila siva voda že prej pod 1 mg/L, po filtraciji pa jih ni bilo več zaznati. Celokupna trdota se po filtriranju ni bistveno spremenila. Siva voda in filtrirana siva voda sta imeli nižjo celokupno trdoto od vode iz pipe, kar pripisujemo prisotnosti detergentov in mehčalcev. Glede na rezultate lahko prvo hipotezo potrdimo, saj filtracija sive vode res zmanjša pH vrednost in koncentracije določenih snovi.

Druga hipoteza pravi, da bodo sončnice, ki jih zalivamo s sivo vodo ali filtrirano sivo vodo, imele nižjo stopnjo kaljenja v primerjavi s sončnicami, ki jih zalivamo z navadno vodo iz pipe.

Hipotezo lahko potrdimo.

Naši rezultati so pokazali, da je sedmi dan največ semen vzkalilo pri sivi vodi (17 semen), najmanj pa pri navadni vodi (13 semen). Vendar pa je ob koncu poskusa največ semen vzkalilo pri navadni vodi in sicer 32 semen, kar predstavlja 76 % posajenih semen. Najmanj semen je vzkalilo pri filtrirani vodi, in sicer 25, kar je 60 % posajenih semen. To pomeni, da siva voda na začetku spodbudi kaljenje, vendar dolgoročno ni optimalna za vsa semena. Eden od možnih razlogov bi lahko bila prisotnost mineralnih snovi, ki jih siva voda vsebuje (npr. fosfati in amonijeve spojine). Te sprva spodbudijo kalitev, kasneje pa negativno vplivajo na rast. Hkrati lahko morebitni ostanki nečistoč dolgoročno zavirajo rast rastlin. Al-Tabbal in Ammary sta preučevala vpliv ponovne uporabe odpadne vode in sive vode na kalitev in zgodnjo rast ječmena in čebule. Ugotovila sta, da je uporaba sive vode, prečiščene

odpadne vode, industrijske odpadne vode in vode za pranje avtomobilov za namakanje zmanjšala odstotek kalivosti in hitrost kalivosti semen ječmena in čebule, pri čemer je bil ječmen bolj prizadet kot čebula, še posebej pri uporabi vode za pranje avtomobilov (Al-Tabbal & Ammary, 2014).²

V tretji hipotezi smo napovedali, da bo rast mladih sadik sončnic slabša pri uporabi sive vode v primerjavi z navadno vodo iz pipe.

Rezultati so pokazali, da so bile po 20 dneh rastline, ki smo jih zalivali s sivo vodo, v povprečju nižje (14,5 cm) kot tiste, ki smo jih zalivali z navadno vodo iz pipe (16,1 cm). Poleg tega so imele rastline, ki smo jih zalivali s sivo vodo, manjše liste ter so bile manj bujne. Ti podatki potrjujejo našo hipotezo, da siva voda negativno vpliva na rast mladih sadik sončnic.

Sončnice najbolje uspevajo na globokih, rahlih, ilovnato peščenih tleh do ilovnate strukture z urejenim vodno zračnim režimom. Ne ustrezajo jim lahka peščena tla in prav tako ne težka zakisana tla. Ustrezen pH tal je med 6 in 7 pH. (Puklavec, 2024)⁵

Ugotovili smo, da je imela siva voda pH vrednost 9,4, kar je višje od pH vrednosti navadne vode (7,8). Povišan pH lahko negativno vpliva na rastline, saj lahko povzroči zmanjšano dostopnost nekaterih hranil.

pH tal je eden izmed pomembnejših parametrov, ki jih moramo poznati, da rastlinam zagotovimo optimalno rast. Ko zagotovimo posamezni rastlini optimalen pH, je vsrkavanje hranil optimalno, kar privede do boljše in hitrejše rasti ter večje odpornosti proti škodljivcem. (Agromedica, 2023)¹

² Al-Tabbal, J., & Ammary, B. (2. 12. 2014). Effect of wastewater and grey water reuse on the germination and early growth of barley and onions. Global Nest Journal. Pridobljeno 2. 3. 2025 iz https://journal.gnest.org/sites/default/files/Submissions/gnest_01457/gnest_01457_published.pdf

⁵ Puklavec, I. (26. 4. 2024). Navodila za pridelavo sončnic. Ptuj: Kmetijsko gozdarski zavod. Pridobljeno 2. 3. 2025 iz Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica: <https://www.kgz-ptuj.si/Portals/0/Nasveti/Navodila%20za%20pridelavo%20soncnic.pdf?ver=2020-04-15-115330-340>

¹ Agromedica. (2023). pH zemlje. Pridobljeno 2. 3. 2025 iz Agromedica: <https://agromedica.si/ph-zemlje/>

Zadnja hipoteza pravi, da bo rast mladih sadik sončnic boljša ob uporabi filtrirane sive vode v primerjavi z nefiltrirano sivo vodo.

Rezultati so pokazali, da je filtriranje sive vode izboljšalo njeno kakovost, saj se je pH vrednost znižala, prav tako so se znižale koncentracije amonijevih spojin in fosfatov. To je pozitivno vplivalo na rast sadik sončnic, saj so bile rastline, ki smo zalivali s filtrirano sivo vodo, višje in bolj zdrave v primerjavi s tistimi, ki smo jih zalivali z nefiltrirano sivo vodo.

Filtriranje sive vode je torej učinkovito zmanjšalo koncentracije škodljivih snovi, kar je pozitivno vplivalo na rast sadik sončnic. Po videzu in velikosti so bile sadike sončnic, ki smo jih zalivali s filtrirano sivo vodo primerljive s sadikami, ki smo jih zalivali z navadno vodo iz pipe.

Rezultati potrjujejo hipotezo, da filtrirana siva voda omogoča boljšo rast mladih sadik sončnic v primerjavi z nefiltrirano sivo vodo.

3 Zaključek

Za optimalno rast sončnic je priporočljivo uporabljati vodo z ustreznimi kemijskimi lastnostmi, ki ne povzročata neravnovesja hranil ali drugih stresnih pogojev za rastline.

Med raziskovanjem smo naleteli na več izzivov, ki so vplivali na potek in rezultate naše naloge. Ena izmed glavnih težav je bila dostopnost zanesljivih podatkov, saj so nekateri viri vsebovali nepopolne ali zastarele informacije. Prav tako smo se soočili z metodološkimi omejitvami pri zbiranju in analizi podatkov, kar je zahtevalo dodatno prilagoditev raziskovalnih pristopov.

Za izboljšanje raziskave bi bilo smiselno uporabiti naprednejše metode zbiranja podatkov, predvsem natančnejše kemijske analize, v raziskavo bi lahko vključili še druge rastline ter jo izvajali daljše časovno obdobje.

Naši rezultati kažejo, da lahko filtracija izboljša kakovost sive vode, zato bi gospodinjstva lahko uporabljala filtrirano sivo vodo za zalivanje vrtov ali zelenic, s čimer bi zmanjšali porabo pitne vode in hkrati preprečili negativne učinke nefiltrirane sive vode na rast rastlin. Kmetje bi lahko uporabili rezultate raziskave pri odločanju, ali uporabiti sivo vodo za namakanje polj. Podatki o učinkih filtracije sive vode bi lahko pomagali pri razvoju sistemov za recikliranje vode v urbanih okoljih, kjer se pitna voda pogosto uporablja za zalivanje zelenih površin.

Naši rezultati bi lahko služili kot izhodišče za izobraževanje ljudi o pomenu filtracije sive vode ter o trajnostni uporabi vodnih virov. Pri gradnji trajnostnih skupnosti bi lahko na podlagi rezultatov naše naloge implementirali filtracijske sisteme za ponovno uporabo sive vode, s čimer bi zmanjšali obremenitev vodnih virov.

Pri prihodnjih raziskavah bi bilo koristno preizkusiti filtracijo sive vode z drugimi metodami (npr. z naravnimi filtri, biološko obdelavo) ter analizirati dolgoročne učinke na različne vrste rastlin.

4 Viri in literatura

1. Agromedica. (2023). *pH zemlje*. Pridobljeno 2. 3. 2025 iz Agromedica: <https://agromedica.si/ph-zemlje/>
2. Al-Tabbal, J., & Ammary, B. (2. 12. 2014). Effect of wastewater and grey water reuse on the germination and early growth of barley and onions. *Global Nest Journal*. Pridobljeno 2. 3. 2025 iz https://journal.gnest.org/sites/default/files/Submissions/gnest_01457/gnest_01457_published.pdf
3. Dabić, B., Grabić, J., & Mladenović, E. (2020). Potenciali sive vode za navodnjavanje urbanog zelenila: osvrt na stanje u republici Srbiji. *Glasnik šumarskog fakulteta univerziteta u Banjoj Luci*. Pridobljeno 19. 2. 2025 iz <https://www.researchgate.net/publication/341666615>
4. Klevže, I. (19. 12. 2010). Siva voda. *Vodovod*. Pridobljeno 29. 11. 2024 iz <https://www.instalater.si/prispevek/223/siva-voda>
5. Puklavec, I. (26. 4. 2024). *Navodila za pridelavo sončnic*. Ptuj: Kmetijsko gozdarski zavod. Pridobljeno 2. 3. 2025 iz Kmetijsko gozdarski zavod Nova Gorica: <https://www.kgz-ptuj.si/Portals/0/Nasveti/Navodila%20za%20pridelavo%20soncnic.pdf?ver=2020-04-15-115330-340>
6. *Wikipedija*. (25. 11. 2024). Pridobljeno 28. 2. 2025 iz Siva voda: https://sl.wikipedia.org/wiki/Siva_voda

Vse fotografije in ostali slikovni material so last avtorjev naloge.