

»Mladi za napredek Maribora 2018«

35. srečanje

**VPLIV MOTNOSTI NA POSTOPEK PRIPRAVE PITNE VODE
IN MIKROBIOLOŠKA USTREZNOST V INTERNI
INSTALACIJI**

Raziskovalno področje: Varstvo okolja

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtor: NINA DOBAJ
Mentor: SANJA CVAR, KATJA HOLNTHANER ZOREC
Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

Maribor, 2018

»Mladi za napredek Maribora 2018«

35. srečanje

**VPLIV MOTNOSTI NA POSTOPEK PRIPRAVE PITNE VODE
IN MIKROBIOLOŠKA USTREZNOST V INTERNI
INSTALACIJI**

Raziskovalno področje: Varstvo okolja

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Maribor, 2018

Kazalo vsebine

POVZETEK	8
ZAHVALA	9
1. UVOD	10
1.1. Raziskovalna vprašanja in hipoteze	11
1.2. Teoretično ozadje	13
1.2.1. Opisi posameznih faz priprave pitne vode v Zgornji Bistrici	13
1.2.2. Mašenje membran	19
1.2.3. Skladiščenje in doziranje kemikalij.....	20
1.2.4. Razkuževanje (dezinfekcija) pitne vode	23
1.2.5. Usedljive snovi.....	24
1.2.6. Vodni parametri.....	25
1.2.7. Spektrofotometrija.....	31
1.2.8. Bactiquant.....	32
1.2.9. Colilert®-18	33
2. MATERIAL IN METODE DE LA	35
2.1. Načrt dela	35
2.2. Sterilen odvzem vzorca	35
2.3. Določanje števila mikroorganizmov (metoda Bactiquant-water)	36
2.4. Določanje števila mikroorganizmov (ISO-6222:1999)	39
2.5. Metoda Colilert® - 18	41
2.6. Merjenje prostega aluminija	42
2.7. Merjenje pH	44
2.8. Merjenje motnosti	44
3. REZULTATI IN DISKUSIJA	46
3.1. Preverjanje mikrobiološke slike vode z izpiranjem interne instalacije	46
3.2. Vpliv motnosti na mikrobiološko sliko vode	48
3.2.1. Merjenje z Bactiquantom	48

3.2.2.	Merjenje z Bactiquantom z dodatkom dezinfekcijskega sredstva	50
3.2.3.	Metoda prelitja in Colilert® - 18.....	53
3.3.	Učinek dezinfekcije.....	54
3.4.	Merjenje prostega aluminija	60
3.5.	Ocena uporabljenih metod	64
3.5.1.	Ocena Bactiquant - metode	64
3.5.2.	Ocena metode prelitja (ISO-6222:1999).....	65
3.5.3.	Ocena metode Colilert® - 18	65
3.5.4.	Ocena merjenja prostega aluminija	66
3.5.5.	Ocena merjenja motnosti.....	66
4.	ZAKLJUČEK.....	67
5.	DRUŽBENA ODGOVORNOST	69
6.	SEZNAM VIROV IN LITERATURE	70

Kazalo slik:

Slika 1:	Tloris postopka priprave pitne vode v Slovenski Bistrici	13
Slika 2:	Grablje za odstranjevanje listja	14
Slika 3:	Rotacijsko sito	15
Slika 4:	Rotacijsko sito med čiščenjem	15
Slika 5:	Prelivni stolp	16
Slika 6:	Klet zgradbe Filtri	16
Slika 7:	Potek ultrafiltracije	17
Slika 8:	Prerez ultrafiltracijske membrane	18
Slika 10:	Stojalo UF13	19
Slika 9:	Stojalo UF12	19
Slika 11:	Klorovodikova kislina.....	22
Slika 12:	Natrijev hipoklorit	22
Slika 13:	Natrijev hidroksid.....	22
Slika 14:	Muljna jama.....	25
Slika 15:	Merjenje motnosti	28
Slika 16:	Koliformne bakterije	29

Slika 17: <i>Escherichia coli</i>	30
Slika 18: Postopek spektrofotometrije.....	32
Slika 19: Nastajanje fluorofora.....	33
Slika 20: Presnova ONPG	33
Slika 21: Presnova MUG.....	34
Slika 22: Obžiganje pipe.....	36
Slika 23: Filtracijska naprava z vakuumsko črpalko	37
Slika 24: Odčitanje fluorescence	38
Slika 25: Kuhanje agarja.....	40
Slika 26: Laminarij in pripravljen material	40
Slika 27: Prenašanje vzorca v petrijevko.....	40
Slika 28: Prelite petrijevke z agarjem.....	40
Slika 29: Vodna kopel z vzorci.....	41
Slika 30: DR3900 Spektrofotometer s tehnologijo RFID, LCK 301 Aluminium, Zero solution in LCK 301 Aluminium, Sample cuvette.....	43
Slika 31: LCK 301 A in LCK 301 B	43
Slika 32: Vzorci vode s koagulantom.....	43
Slika 33: Vzorci vode s koagulantom.....	43
Slika 34: Prenosni vzporedni analizator v posodici.....	44
Slika 35: Turbidity meter serije TU5.....	45
Slika 36: lokacije odjemnih mest po vodovodnem sistemu v Slovenski Bistrici.....	55
Slika 37: Število bakterijskih kolonij pri šestih različnih vzorcih po 48-urni inkubaciji na 36°C	56
Slika 38: Število bakterijskih kolonij pri treh različnih vzorcih po 48-urni inkubaciji na 36°C	57
Slika 39: Število bakterijskih kolonij pri treh različnih vzorcih po 72-urni inkubaciji na 22°C	57
Slika 40: Število bakterijskih kolonij pri šestih različnih vzorcih po 72-urni inkubaciji na 22°C	58
Slika 41: Vzorec potok 8 NTU po 18 urah inkubacije pri testiranju prisotnosti koliformnih bakterij	59
Slika 42: Vzorec potok 8 NTU po 18 urah inkubacije pri testiranju prisotnosti <i>E. coli</i>	59

Slika 43: Vzorec Picerija Kuki po 18 urah inkubacije pri testiranju prisotnosti koliformnih batrerij	60
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Kazalo tabel:

Tabela 1: Kemikalije za pripravo vode	21
Tabela 2: MPN vrednosti pri poskusu z desetimi testirani enega vzorca in 95% meje (Hurley in Roscoe).....	34
Tabela 3: Računanje referenčne vrednosti v našem hišnem omrežju	46
Tabela 4: Fluorescenca vzorca med dvominutnim izpiranjem na umivalniku v kopalnici.....	46
Tabela 5: Fluorescenca pri različnih motnostih (14. in 16. 11. 2017)	49
Tabela 6: Fluorescenca pri različnih motnostih in po dodatku 0,20 mL natrijevega hipoklorita	51
Tabela 7: Fluorescenca pri različnih motnostih in količini dezinfekcijskega sredstva.....	52
Tabela 8: Število bakterijskih kolonij pri različnih vzorcih iz potoka po 48-urni inkubaciji na 36°C in 72-urni inkubaciji na 22°C.....	53
Tabela 9: Število bakterijskih kolonij pri različnih vzorcih v vodovodnem sistemu po 48-urni inkubaciji na 36°C in 72-urni inkubaciji na 22°C	55
Tabela 10: Količina prostega aluminija pri različnem pH vzorca vode.....	60
Tabela 11: Sprememba motnosti vzorcev pri različnih pH vrednostih po dodatku 0,20 mL koagulanta	63

Kazalo grafov:

Graf 1: Fluorescenca vzorca med dvominutnim izpiranjem na umivalniku v kuhinji, kopalnici in na bideju	47
Graf 2: Fluorescenca pri različnih motnostih (14. in 16. 11. 2017)	49
Graf 3: Fluorescenca pri različnih motnostih in dodani enaki količini dezinfekcijskega sredstva	51
Graf 4: Fluorescenca pri različnih motnostih in količini dezinfekcijskega sredstva	52
Graf 5: Število bakterijskih kolonij pri različnih vzorcih iz potoka po 48-urni inkubaciji na 36°C in 72-urni inkubaciji na 22°C.....	54

Graf 6: Količina prostega aluminija pri različnem pH vzorca vode (1., 2. in 3. vzorec).....	61
Graf 7: Končna motnost vzorcev pri različnih pH vrednostih po dodatku 0,20 mL koagulanta	63

POVZETEK

Na Vodarni se v sistemu oskrbe s pitno vodo soočajo s problemi povišanih vrednosti aluminija v izhodni vodi in visokimi motnostmi potoka. Z Bactiquantom in metodo prelitja smo iskali povezavo med motnostjo in koncentracijo bakterij v vodi, preverjali učinek dezinfekcije v vodovodnem sistemu in pomembnost izpiranja pip pred uporabo. Učinkovitost ultrafiltracije smo dokazali z metodo Colilert®-18. S spektrofotometrom smo preverjali odvisnost prostega aluminija od pH vode.

Ugotovili smo, da je voda mikrobiološko ustrežnejša, če pipo pred uporabo izpiramo in dokazali vpliv motnosti na mikrobiološke lastnosti. Večja motnost pomeni večjo koncentracijo mikroorganizmov. Z oddaljevanjem od postopka priprave vode se število mikroorganizmov v interni instalaciji večja, ugotovitve pa ne veljajo za objekte vodovodnega sistema. Spoznali smo, da je za postopek obdelave surove vode s koagulantom pomembno določiti optimalni pH, pri katerem je količina prostega aluminija najmanjša, motnost pa največja.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem tistim, ki so mi pomagali pri nastajanju te raziskovalne naloge. Najprej gre zahvala mojima mentoricama, ki sta me usmerjali in spodbujali pri delu ter mi dajali koristne nasvete. Hvaležna sem zaposlenim podjetja Komunala Slovenska Bistrica d. o. o., ki so mi omogočili uporabo laboratorija na Vodarni Zgornja Bistrica in pomoč pri odvzemu težko dostopnih vzorcev vode.

1. UVOD

Voda je naravni vir, ki omogoča obstoj in delovanje, zato si življenja brez nje ne moremo predstavljati. Kvaliteta pitne vode ni več naravna danost, ampak je potrebno zagotoviti potrebno predpripravo vode, ki omogoča varno uporabo za uživanje.

Varovanje voda in nasploh okolja, našega najdragocenejšega življenjskega vira v 21. stoletju ni več vprašanje varstva narave, postalo je veliko več; postaja vprašanje etike. Včasih smo morali naravo zavarovati zgolj zaradi njene neokrnjenosti, danes jo moramo ščititi pred človekom. (Firbas, 2011).

Zaradi nesmotrnega in neustreznega načina ravnanja z vodo se število potencialnih pitnih virov zmanjšuje. Ne preostane nič drugega, kot da posegamo po virih, ki so morda slabše dostopni in jih težje upravljamo, z veliko pomanjkljivostmi.

Občina Slovenska Bistrica, Občina Kidričevo in Občina Rače-Fram neposredno uporabljajo vodo za oskrbo prebivalcev iz vodotoka Bistrica. Z njeno pripravo imajo na Vodarni Zgornja Bistrica veliko težav. Prva se pojavi pri pretoku vode, saj po Delnem vodnem dovoljenju ne sme biti nižji od $0,111 \text{ m}^3/\text{s}$. To je lahko problematično predvsem v poletnih in zimskih mesecih, saj poleti ni dovolj deževja, pozimi pa stranski pritoki zamrznejo, zato je vode premalo in Vodarna ne obratuje.

Problem so tudi povišane motnosti, saj predstavljajo oviro v procesu priprave pitne vode. Ker je to hudourniški potok, se motnost poveča ob vsaki spremembi površja, saj pride do premešanja delcev z dna. Želeli smo ugotoviti vzrok za organoleptične poslabšanje kvalitete surove vode z različnimi metodami in odvisnost vsebnosti mikroorganizmov od teh lastnosti. Članek Relationship among turbidity, particle counts and bacteriological quality within water distribution lines (McCoy, Olson, 1986) poroča o neodvisnosti med motnostjo in mikroorganizmi.

Prav tako so problematične visoke vrednosti aluminija v izhodni vodi, zato smo iskali najprimernejši način in parametre v surovi vodi, ki bi pripomogli k zmanjšanju vsebnosti proste kovine na končni točki priprave pitne vode na Vodarni.

Za potrebe varovanja zdravja uporabnikov je potrebno preverjati ustreznost mikrobioloških in kemijskih parametrov v pitni vodi. Da mikrobiološka slika vode ostane skladna z zahtevami pravilnika, mora upravljavec zagotoviti določeno količino rezidualnega klora v vodovodnem sistemu, saj v distribucijskem času lahko pride do poslabšanja njene kvalitete. Naš cilj je, da preverimo prisotnost mikroorganizmov na sistemu in pri uporabnikih ter ugotovimo možna odstopanja. NIJZ in OKP Rogaška Slatina d. o. o. priporočata, da se vodo vsak dan pred prvo uporabo izpira dve minuti. V skladu z njihovimi nasveti smo preverjali, ali se bo kvaliteta pitne po izpiranju res spremenila.

1.1. Raziskovalna vprašanja in hipoteze

1. Ali je kljub zagotovitom upravljavca vodovodnega sistema o ustreznosti pitne vode potrebno dve minuti izpirati interno hišno omrežje?

HIPOTEZA 1: Po dvominutnem izpiranju bo voda mikrobiološko ustrezna glede na referenčni vzorec domačega vodovodnega omrežja.

OKP Rogaška Slatina d. o. o. sta v letu 2015 in NIJZ leta 2017 objavili priporočilo za pogostejše izpiranje internega vodovodnega omrežja, in sicer vsakodnevno dvominutno izpiranje vode pred prvo uporabo.

2. Kako motnost surove vode vpliva na mikrobiološko ustreznost?

HIPOTEZA 2: Med motnostjo vode in številčnostjo mikroorganizmov ni povezave.

O raziskavah, ki niso potrdile odvisnosti med motnostjo in mikroorganizmi, poroča članek Relationship among turbidity, particle counts and bacteriological quality within water distribution lines (McCoy, Olson, 1986).

3. Ali je vsebnost mikrobioloških parametrov enaka po celotnem vodovodnem sistemu? Ali je po ultrafiltraciji in dezinfekciji voda ustrezna?

HIPOTEZA 3: V vodovodnem sistemu se bo z oddaljenostjo vzorčnih mest od postopka priprave pitne vode prosti klor zmanjševal, zato bo številčnost bakterij večja, a ne bo presegla mejnih vrednosti, ki so določene za vodovodni sistem. Voda bo pred ultrafiltracijo in dezinfekcijo vsebovala koliformne bakterije in *E. coli*, v vodovodnem sistemu pa ne.

4. Kako bi zmanjšali količino prostega aluminija v pitni in odpadni vodi?

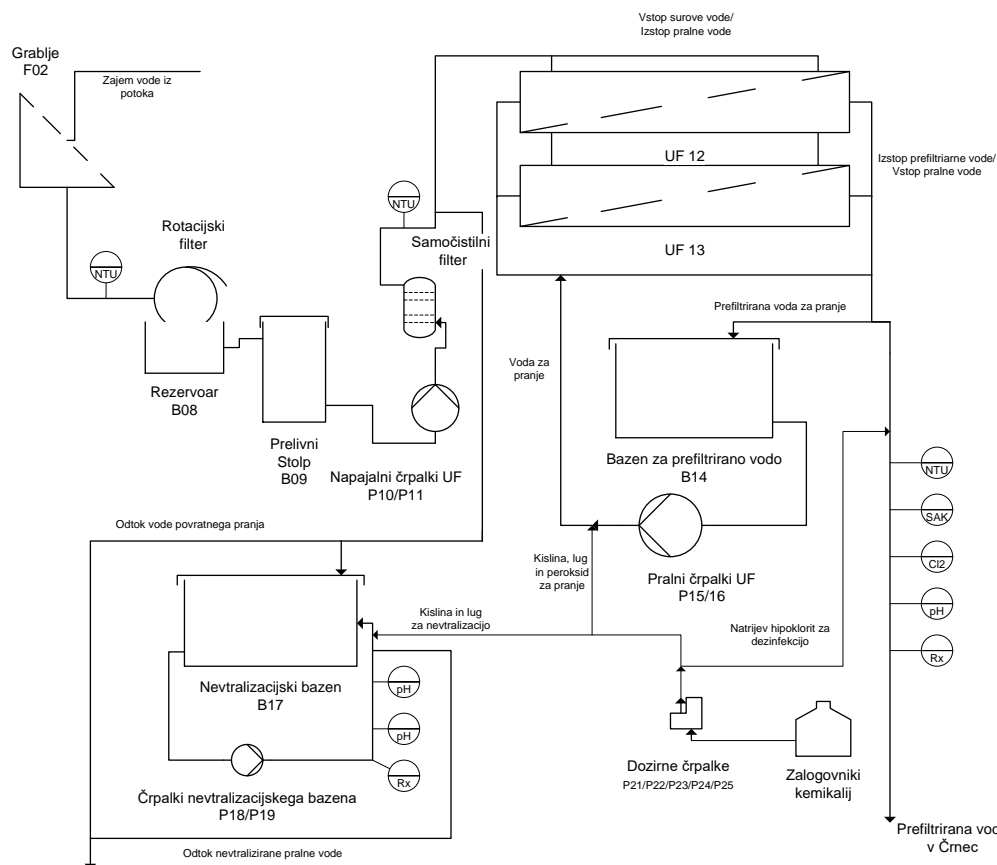
HIPOTEZA 4: Predpostavljam, da je pH tisti, ki vpliva na količino prostega aluminija. Z nižanjem pH bomo znižali tudi količino prostega aluminija v vodi.

V Prilogi I v Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009, 74/2015, 51/2017), je navedeno, da je eden izmed indikatorskih parametrov aluminij, katerega koncentracije morajo biti v pitni vodi čim nižje oziroma ne smejo biti presežene, zato je potrebno pri pripravi vode natančno upoštevati postopke, s katerimi to dosežemo, med drugim je to nadzorovanje pH.

1.2. Teoretično ozadje

1.2.1. Opisi posameznih faz priprave pitne vode v Zgornji Bistrici

Na sliki 1 je tloris celotnega sistema Vodarna Zgornja Bistrica.



Slika 1: Tloris postopka priprave pitne vode v Slovenski Bistrici (Vir: Komunala)

1.2.1.1. Zajem vode iz potoka in odstranjevanje listja

Vodo zajemajo iz potoka preko t. i. tirolskega zajetja. Na koncu zajetja so grablje za odstranjevanje listja in včasih ga je potrebno njegovo odstranjevanje. Problem se pojavlja v predvsem v jeseni, ko je listja veliko, vodostaj potoka pa je prenizek, da bi ga tok vode odnašal naprej, zato se nabere na mreži in zamaši dotok. Pozimi je potrebno zajetje redno preverjati, da ne pride do zamrzovanja rešetke. (Komunala, 2013).

Na sliki 2 so grablje za odstranjevanje listja.



Slika 2: Grablje za odstranjevanje listja (Vir: lastni)

Voda iz grabelj teče po cevovodu v zgradbo Usedalniki, kjer se razdeli na Impol in pitno vodo. Prva gre preko usedalnika naprej v Impol, pitna pa na gravitacijski filter. Pred vstopom vode v zgradbo Usedalniki jemljejo vzorec vode za merjenje motnosti vode v potoku. (prav tam)

1.2.1.2. Prefiltracija in zaščita ultrafiltracijskih modulov pred vdorom velikih delcev

Preden gre voda na ultrafiltracijo morajo iz nje odstraniti delce, ki bi lahko zamašili kapilarne cevke membran. Kot predfilter uporabljajo gravitacijski bobnasti filter ali rotacijsko sito (slika 3). (Komunala, 2013)



Slika 3: Rotacijsko sito (Vir: lastni)

Voda priteka v sredino bobna. Čista voda odteka skozi mrežasti obod bobna in teče v rezervoar B08. Nečistoče, ki se zadržujejo na bobnu, spirajo z zunanje strani s pomočjo šob in črpalke. Nečistoče padajo v kanal in se odvajajo v odtok. Slika 4 prikazuje sito med čiščenjem. (prav tam)



Slika 4: Rotacijsko sito med čiščenjem (Vir: lastni)

Voda iz rezervoarja B08 teče naprej v prelivni stolp B09 (slika 5). Pretok vode skozi bobnasti filter regulirajo na podlagi nivoja vode v bazenu pod bobnom oz. prvim prekatom v prelivnem stolpu. Z nadzorom nivoja v drugem prekatu prelivnega stolpa kontrolirajo, ali je dovolj vode

za obratovanje ultrafiltracije. V primeru prenizkega nivoja se ultrafiltracija avtomatsko zaustavi. (prav tam)



Slika 5: Prelivni stolp (Vir: lastni)

Voda iz prelivnega stolpa teče po podzemnem cevovodu v klet zgradbe Filtri (slika 6) do črpalk za napajanje ultrafiltracije. Za črpalkami je zaščitni filter, ki preprečuje, da bi delci, ki so ušli prek bobnastega filtra, prišli v ultrafiltracijske module. Samočistilni filter se v določenih časovnih intervalih sam protitočno in sotočno opere. (prav tam)



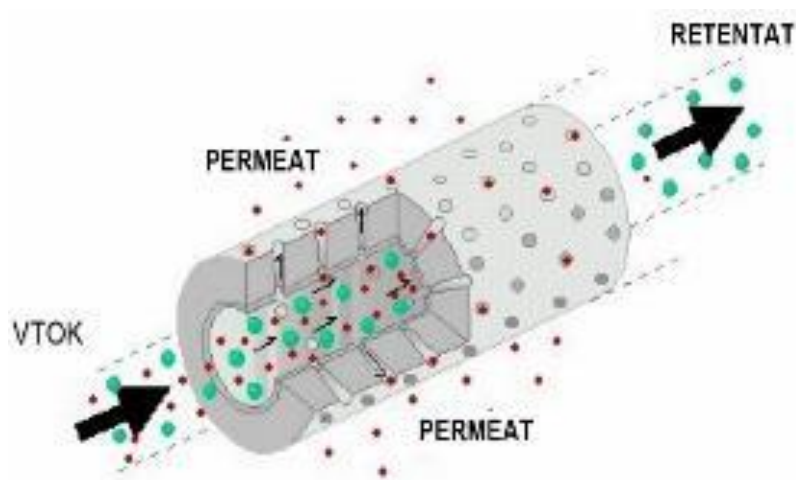
Slika 6: Klet zgradbe Filtri (Vir: lastni)

1.2.1.3. Ultrafiltracija

Ultrafiltracija je membranski proces, ki se glede na velikost por membrane nahaja med nanofiltracijo in mikrofiltracijo. Velikost por ultrafiltracijskih membran je 1 do 20 nm. Te velikosti omogočajo separacijo molekul z molskimi masami med 1000 in 20000 kg/kmol. (Križan, 2010)

Ultrafiltracijo lahko obravnavamo kot metodo za sočasno čiščenje, koncentriranje in frakcioniranje makromolekul in koloidnih suspenzij. Male in enostavne molekule vode prehajajo skozi membrano, večje in kompleksnejše molekule (proteini in maščobe) pa ostajajo na površini membrane. Nizko molekularno frakcijo, ki prehaja skozi membrano imenujemo filtrat ali permeat, makromolekularno frakcijo, ki ostaja na površini pa koncentrat ali retentat. (prav tam)

Slika 7 prikazuje potek ultrafiltracije.



Slika 7: Potek ultrafiltracije (Vir: Ačko, 2010)

Osnova vsakega membranskega procesa je membrana, ki je polprepustna meja med dvema fazama. Membrana prepušča eno komponento bolj kot drugo zaradi fizikalnih in/ali kemičnih lastnosti membrane in komponent, ki prehajajo skozi. (Križan, 2010).

Na sliki 8 je prerez ultrafiltracijske membrane.



Slika 8: Prerez ultrafiltracijske membrane (Vir: lastni)

Za tehnične namene navadno potrebujejo membrane z veliko površino. Najmanjša površina enote sestavljene membrane se imenuje modul, ki predstavlja osrednji del membrane. (Križan, 2010)

V Vodarni Zgornja Bistrica izvajajo ultrafiltracijo z ultrafiltracijskimi moduli, ki so razporejeni v dve stojali (UF12 in UF13), ki ju prikazujeta sliki 9 in 10. Vsako stojalo ima 9 tlačnih cevi v katerih so 4 filtracijski moduli. (Komunala, 2013)

Na skupnem dovodu surove vode in skupnem odvod filtrata (permeata), sta nameščena merilca motnosti, ki služita:

- za uravnavanje pretoka surove vode skozi filtre,
- za kontrolo učinkovitosti filtracije.

Proces ultrafiltracije je sestavljen iz več procesnih faz:

- filtracija (delovanje),
- redno povratno spiranje po proizvodnji – hidravlično čiščenje,
- čiščenje z dodatkom kemikalij – kemično čiščenje,
- nevtralizacija izrabljenih pralnih vod čiščenja z dodatkom kemikalij,

- praznjenje filtracijskih modulov,
- polnjenje filtracijskih modulov,
- test tesnosti filtracijskih modulov z zrakom (air integrity test).

(prav tam)



Slika 9: Stojalo UF12 (Vir: lastni)



Slika 10: Stojalo UF13 (Vir: lastni)

1.2.2. Mašenje membran

1.2.2.1. Čiščenje filtrov (modulov)

Čiščenje filtrov se izvaja povratnim spiranjem s čisto vodo in spiranjem z dodatkom kemikalij. Aktivirajo se avtomatsko v določenih časovnih intervalih in imajo različno trajanje. Čiščenje se v izvede izmenično na enem in drugem stojalu. (Komunala, 2013)

1.2.2.2. Redno povratno spiranje po filtraciji

Sestavljeno je iz naslednjih korakov:

- odpiranje in zapiranje ventilov in loput;
- povratno pranje;

- odpiranje in zapiranje ventilov in loput.

(Komunala, 2013)

1.2.2.3. Redno spiranje s kemikalijami

Sestavljeno je iz več korakov:

- normalno povratno spiranje,
- doziranje kemikalije,
- mirovanje – namakanje,
- spiranje kemikalij.

(Komunala, 2013)

1.2.3. Skladiščenje in doziranje kemikalij

Kemikalije uporabljajo za kemično pranje membranskih modulov, dezinfekcijo, koagulacijo in razstrupljanje izrabljene pralne vode kemičnega pranja. Za ultrafiltracijo na primer akumulirane ali predfiltrirane zaporne vode se izvaja normalno spiranje s permeatom in ciklično spiranje z vodikovim peroksidom, v večjih razmikih pa se uporabi klorovodikova kislina. S permeatom se mehanično odstranijo razne umazanije, dezinfekcijsko delovanje vodikovega peroksida preprečuje biološko gnitje in s klorovodikovo kislino se raztopijo ostanki težkih kovin, ali pa se vsaj vežejo tako, da se lahko kasneje sperejo. (Komunala, 2013)

Kemikalije (razen natrijevega hipoklorita) se uporabljajo za kemično pranje membranskih modulov, dezinfekcijo, koagulacijo in razstrupljanje izrabljene pralne vode kemičnega pranja. (Komunala, 2013)

Za koagulacijo raztopljenih snovi, ki povzročajo tudi obarvanost vode, dodajamo majhne količine (0,2 do 1,8 mg/l) koagulant polihidroksialuminijevega klorida. Za dezinfekcijo vode po ultrafiltraciji oziroma pred vstopom v sistem se uporablja raztopina natrijevega hipoklorita. Hipoklorit doziramo na podlagi zelene koncentracije in trenutnega pretoka. (prav tam)

Za kislinsko pranje se uporablja žveplova ali klorovodikova kislina s koncentracijo 30 %, za alkalno pranje raztopina natrijevega hidroksida s koncentracijo 20 % in za dezinfekcijo raztopina natrijevega hipoklorita koncentracije 12 %. Po uporabi se pralna voda z dodatkom kemikalij nevtralizira v rezervoarju za nevtralizacijo. (Komunala, 2013)

V tabeli 1 so navedene kemikalije, ki jih uporabljamo pri pripravi vode.

Tabela 1: Kemikalije za pripravo vode

Kemikalija / razvrstitev / R-stavki	Koncentracija skladiščenja / Količina skladiščenja	Koncentracija uporabe
Klorovodikova kislina 30- 31% / C – Jedko R35 – Povzročča hude opekline	30 – 31 % 350 g/lit 1000 litrov (IBC)	0,6 g/L pralne vode
Natrijev hidroksid 30 % C – Jedko R35 – Povzročča hude opekline	30% 400g/L 1000 litrov (IBC)	0,5 g/L pralne vode
Natrijev hipoklorit C – Jedko N – Okolju nevarno R31 - V stiku s kislinami se sprošča strupen plin R34 – Povzročča opekline R50 – Zelo strupeno za vodne organizme	15% 150 g/L 200 litrov (HDPE sod)	do 0,4 ppm v prefiltrirano vodo
PAC – Kemiclar 200/ Polihidroksialuminijev klorid 50-70% C – jedko R34 – Povzročča opekline	50-70% 685-980 g/L 200 litrov (HDPE sod)	do 20 ppm v vhodno vodo

1.2.3.1. Ravnanje s kemikalijami

Vodarna stoji ob potoku, zato je ravnanje z namenom preprečiti možnost izliva kemikalij v potok s kemikalijami (manipulacija, skladiščenje, doziranje) posebej opredeljeno z navodili za delo. (Komunala, 2013)

V vodarni se nahajajo minimalne količine kemikalij, in sicer tiste, ki se nahajajo v zalogovniku iz katerega se napajajo dozirne črpalke. Kot zalogovnik služi transportna embalaža. IBC zalogovniki za natrijev hidroksid, klorovodikovo ali žveplovo kislino, vodikov peroksid, ki predstavljajo zaščito pred izlitjem v času skladiščenja, se nahajajo v zaprti komori nad nevtralizacijskim bazenom. Nevtralizacijski bazen služi kot lovilna skleda v primeru razlitja. Natrijev hipoklorit in koagulant se skladiščita v drugem prostoru v PE posodah, ki sta postavljeni v lovilno skledo. Na slikah 12, 13 in 14 so kemikalije, ki jih v procesu priprave vode uporabljajo. (prav tam)



Slika 11: Klorovodikova kislina (Vir: lastni)



Slika 12: Natrijev hipoklorit (Vir: lastni)



Slika 13: Natrijev hidroksid (Vir: lastni)

1.2.3.2. Nevtralizacija

Nevtralizacija pralnih vod je avtonomen sistem, ki je v celoti avtomatsko voden in nadzorovan. Izvaja se v nevtralizacijskem rezervoarju B17. Njen cilj je uravnavanje pH v vodi. Voda ne sme

zapustiti nevtralizacijskega rezervoarja B173 dokler nima ustreznega pH. pH vrednosti, ki so dovoljene po Uredbi za izpust vode v vodotok, se gibljejo od 6,5 do 9,0. Za ta proces se uporabljata kemikaliji NaOH in H₂SO₄. (Komunala, 2013)

1.2.4. Razkuževanje (dezinfekcija) pitne vode

Dezinfekcija pitne vode je postopek s katerim uničujemo bolezenske mikroorganizme. Z dezinfekcijo pitne vode preprečujemo širjenje nalezljivih bolezni, ki jih povzročajo mikroorganizmi, ki se prenašajo s pitno vodo. Zaradi tega je dezinfekcija večinoma nujen postopek v pripravi pitne vode. (MAKCMC, 2017)

Dezinfekcijo lahko glede na mesto delovanja razdelimo na primarno in sekundarno. Primarna dezinfekcija je namenjena uničenju bolezenskih mikroorganizmov v surovi vodi, torej v procesu priprave in zato poteka na mestu priprave vode. Sekundarna dezinfekcija preprečuje razrast bakterij in ščiti vodo pred naknadnim onesnaženjem v omrežju. Lahko jo imenujemo tudi rezidualna dezinfekcija in poteka v sistemu distribucije. Dezinfekcijska sredstva so pri postopkih lahko različna. Pogosto postopek primarne dezinfekcije zagotavlja hkrati rezidualno delovanje. (prav tam)

1.2.4.1. Načini dezinfekcije vode:

- s segrevanjem

Segrevanje vode do vrelišča predstavlja dobro dezinfekcijo, ker ni pomembnejših bolezenskih klic med tistimi, ki tvorijo spore in ostalimi, ki prenesejo temperaturo.

- z osvetljevanjem z ultravijolično svetlobo

Sevanje ultravijoličnih žarkov veča dezinfekcijski učinek in je tudi tehnično uporabna. Ultravijolična svetloba, ki jo proizvaja živosrebrna svetilka je učinkovita, če je voda brez suspendiranih in koloidnih snovi, ki absorbirajo svetlobo. Plast vode mora biti tanka, da se zmanjša absorpcijski učinek same vode

- s kemijsko obdelavo

1.2.4.2. Kloriranje pitne vode

Kloriranje vode je proces, v katerem se dodaja klor z namenom, da se vodo dezinficira, dokončno pripravi za pitje. Klor uniči bakterije in nekatere viruse, zato je kloriranje vode učinkovit ukrep za preprečevanje širjenja nalezljivih bolezni z mikrobiološko onesnaženo vodo. (Hydrovod, 2017)

Klor je zaradi velike učinkovitosti in lahke uporabe najbolj uporabljano dezinfekcijsko sredstvo. Ima veliko sposobnost oksidacije, ki povzroča razgradnjo organskih snovi. Klor se v vodi najprej veže s hitro oksidirajočimi snovmi (npr. Fe^{2+} , Mn^{2+}) in organskimi snovmi. Nato z amonijakom tvori kloramin (monokloramin NH_2Cl in dikloramin NHCl_2), ki lahko naprej oksidira v trikloramin, NCl_3 (dušikov triklorid) ali v dušik in njegove okside. Mejna točka je dosežena, ko se vse te reakcije izvršijo in nadaljnje dodajanje klora povzroča tvorbo prostega (prebitnega ali rezidualnega) klora - to je hipoklorove kisline (HOCl) in hipokloritnega iona (OCl^-). Učinkovita dezinfekcija je možna, če je v vodi 0,1 mg/L prostega rezidualnega klora v obliki HOCl . Klor v kloraminih predstavlja vezan rezidualni klor. Slaba stran klorovih preparatov je, da tvori z organskimi spojinami stranski produkt dezinfekcije – trihalometan THM, ki je kancerogen. (prav tam)

Če je količina rezidualnega klora previsoka, ga je treba odstraniti. Postopek imenujemo dekloriranje in ga lahko izvedemo z aeracijo, adsorbicijo z aktivnim ogljem ali pa s kemijskimi sredstvi; največ se za ta namen uporablja natrijev tiosulfat ali žveplov dioksid. (MAKCMC, 2017)

1.2.5. Usedljive snovi

Usedljive snovi [mg/L ali ml/L] so neraztopljene snovi, ki so se usedle v 1 litru vode po dvournem usedanju. Tako določene usedljive snovi predstavljajo približno količino usedenega blata, ki se odstrani v teku primarne sedimentacije. (Opinio, 2018)

Način zadrževanja usedljivih snovi po ultrafiltraciji na Komunalni rešujejo s sistemi zaporednih pregrad, ki ustvarjajo krožni tok vode proti iztočnemu jašku, iz katerega se voda izteka v potok Bistrica (slika 15).



Slika 14: Muljna jama (Vir: lastni)

1.2.6. Vodni parametri

Glede na določbe Pravilnika o pitni vodi določamo naslednje parametre: mikrobiološke, kemijske in indikatorske parametre. Mikrobiološki parametri nam pokažejo obseg in stopnjo onesnaženosti pitne vode z mikroorganizmi. Preskušanje vzorca pitne vode na posamezne kemijske parametre pokaže obseg in stopnjo onesnaženosti pitne vode s kemičnimi snovmi, ki lahko predstavljajo tveganje za zdravje ljudi. Za indikatorske parametre mejne vrednosti niso določene na osnovi neposredne nevarnosti za zdravje, ampak nam dajo informacijo o urejenosti celotnega sistema. (NIJZ, 2017)

1.2.6.1. Indikatorski parametri

1.2.6.1.1. Aluminij

Aluminij je v pitni vodi lahko prisoten primarno, predvsem pa sekundarno zaradi dodajanja aluminijevih soli, ki se uporabljajo kot koagulant v pripravi pitne vode. Pri nepravilni uporabi lahko pride do izločanja flokul aluminijevega hidroksida v vodo v omrežju in posledično do sprememb v barvi in motnosti vode. (NIJZ, 2014a)

Vnosa aluminija v telo s pitno vodo predstavlja manj kot 5%. Aluminij in njegove spojine se pri ljudeh slabo absorbirajo. V zvezi z učinki na zdravje poudarjajo predvsem njegovo potencialno nevrotoksičnost. (prav tam)

V Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009) je aluminij uvrščen v Prilogo 1, del C med indikatorske parametre. Mejna vrednost je 200 $\mu\text{g/L}$. Vrednost je bila postavljena kot kompromis med uporabo aluminijevih spojin pri pripravi vode in možnimi organoleptičnimi spremembami, ki se v distribuirani vodi običajno pojavijo pri koncentracijah 0,1 - 0,2 mg/L. Po mnenju Svetovne zdravstvene organizacije zaenkrat ni možno podati zdravstveno utemeljene smernice za pitno vodo, priporočilo pa je, da skladno s t. i. dobro prakso, dosežemo na pipi uporabnikov čim nižje koncentracije aluminija. Z optimizacijo procesa priprave vode lahko dosežemo pri uporabi aluminijevega koagulanta, koncentracije od 0,1 mg/L do 0,2 mg/L. (prav tam)

Da bi bila koncentracija aluminija v pitni vodi čim nižja oz. ne bi bile presežena, je treba pri pripravi vode natančno upoštevati postopke, s katerimi to dosežemo (ustrezen pH, pravilno doziranje aluminijevega preparata, dobro mešanje in učinkovita filtracija flokul, nečistoč in aluminijevega koagulanta). (prav tam)

Topnostni produkt

Kadar raztapljamo težko topno snov, pride v raztopinah do dinamičnega ravnotežja med neraztopljenim delom snovi in ioni. Ko napišemo za tako reakcijo konstanto, se v števcu nahajata ionska delca, v imenovalcu pa težje topna snov. Če je nasičena raztopina v stiku s trdo fazo, lahko predpostavimo, da je koncentracija trdne snovi konstanta, kar poenostavi enačbo. Novo konstanto K_s imenujemo topnostni produkt. (Lazarini in Brenčič, 2014)

Aluminijeve spojine so v vodi večinoma slabo topne. $K_{sp}(\text{Al}(\text{OH})_3)$ je pri temperaturi 25°C $1,9 \times 10^{-33}$. Aluminijevi ioni v vodnih raztopinah so v ravnotežju z ostalimi prisotnimi ioni. Pri višjih pH se obarjajo kot aluminijev hidroksid. Z nižanjem pH se topnost aluminijevih spojin in s tem koncentracija $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ zvečuje. (University, 2017)

1.2.6.1.2. Koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost)

S pH vrednostjo vode izražamo stopnjo kislosti oz. bazičnosti vode. pH 7 pomeni, da je voda nevtralna, pod to vrednostjo je kislina, nad to vrednostjo pa bazična. V večini naravnih vod je pH povezan z ravnotežjem ogljikovega dioksida, hidrogenkarbonata in karbonata in s tem tudi s trdoto vode (mehke vode imajo nižjo pH vrednost, trde vode pa višjo). (NIJZ, 2014a)

V Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009) je parameter koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost) uvrščen v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Za pitno vodo je določena mejna vrednost med 6,5 in 9,5. (prav tam)

Pri obratovanju sistema za oskrbo s pitno vodo je potrebno stalno spremljanje in korekcija pH vrednosti vode v postopku priprave in pred vstopom vode v distribucijski sistem. V primeru odstopanj od predpisanih vrednosti mora upravljavec takoj ugotoviti vzroke neskladnosti pH vrednosti ter s pregledom celega sistema za oskrbo s pitno vodo preveriti njegovo stanje in ukrepati v skladu z ugotovitvami. Če pH doseže vrednosti pri porabniku manj kot 4 ali več kot 11 je potrebna prekinitev dobave. (prav tam)

1.2.6.1.3. Motnost

Motnost vode je pokazatelj prisotnosti delcev, velikosti od 1nm do 1mm. Delce tvorijo anorganske in organske snovi ter mikroorganizmi (glineni delci, mulj, koloidni delci, huminske snovi, alge, plankton, bakterije...). Delci so prisotni že pred pripravo (večjo motnost izmerimo v površinskih vodah, v podtalnici je običajno nizka, če ta ni v stiku s površinsko vodo), so posledica neustrezne priprave ali dviganja usedline oziroma luščenja biofilma v distribucijskem sistemu. Motnosti izražamo v NTU (nefelometrične turbidimetrične enote). Metoda merjenja motnosti temelji na primerjavi sipanja svetlobe pri prehodu skozi vzorec vode in skozi standardno suspenzijo z znano motnostjo. (NIJZ, 2014a)

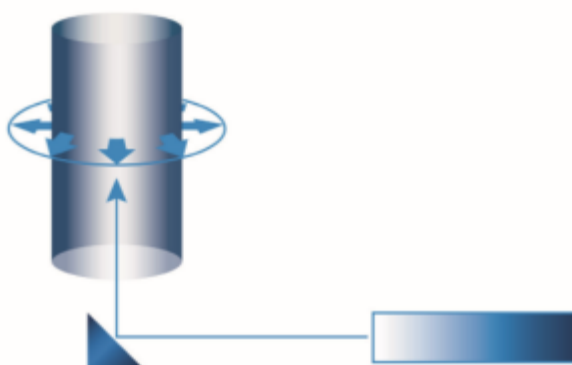
Delci lahko predstavljajo neposredno ali posredno nevarnost za zdravje ljudi. Ščitijo patogene mikroorganizme pred učinki dezinfekcije in večajo porabo dezinfekcijskega sredstva. Poleg tega stimulirajo rast bakterij v distribucijskem sistemu, ker se nanje adsorbirajo hranilne snovi.

Adsorptivna sposobnost nekaterih delcev lahko prispeva k prisotnosti škodljivih anorganskih in organskih sestavin npr.: pesticidov, mikroelementov v pitni vodi. Uživanje motne vode zato predstavlja ali kaže na možnost večjega tveganja za zdravje. (prav tam)

V Pravilniku o pitni vodi je motnost uvrščena v Prilogo 1, del C med indikatorske parametre, kar pomeni, da mejna vrednost ni določena na podlagi podatkov o nevarnostih za zdravje. Mejna vrednost oz. specifikacija zahteva, da je "motnost sprejemljiva za uporabnike in je brez neobičajnih sprememb". V primeru priprave pitne vode iz površinske vode motnost ne sme presegati 1,0 NTU v vodi po odstranitvi delcev in pred dezinfekcijo. (prav tam)

Motnost lahko merimo s Turbidimetri serije TU5000. Ti uporabljajo sistem merjenja v območju $360^\circ \times 90^\circ$, ki zagotavlja najhitrejše in obenem najtočnejše meritve motnosti na trgu. Novi turbidimetri namesto običajnega merjenja odboja svetlobnega žarka pod kotom 90° analizirajo nabor več meritev pod kotom 90° , zbranih z območja 360° okoli kivete. Zbiranje odbite svetlobe v polnem krogu omogoča bistveno boljše razmerje signal/šum (S/N), kar je osnova za natančnejše merjenje motnosti, še zlasti v spodnjemu delu merilnega območja. Poleg tega turbidimetri serije TU5 uporabljajo majhno 10 mL merilno celico. Ker je celica majhna, je zadrževalni čas pri procesnih analizatorjih krajši. Krajši zadrževalni čas pa omogoča bistveno hitrejšo zaznavanje dogodkov in lahko za več minut skrajša odzivni čas. (HACH, 2017)

Postopek merjenja motnosti je prikazan na sliki 16.



Slika 15: Merjenje motnosti (Vir: HACH, 2017)

1.2.6.1.4. Koliformne bakterije

Skupina različnih bakterij, ki jih najdemo ne samo v živalskem in človeškem blatu, ampak tudi v okolju. Če v vzorcu pitne vode nismo potrdili tudi prisotnosti *E. coli* in/ali enterokokov, jih ne moremo uporabljati kot pokazatelje fekalnega onesnaženja. Po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009) so koliformne bakterije (slika 17) uvrščene v Prilogo I, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost za koliformne bakterije je: 0/100 ml. (NIJZ, 2014a)



Slika 16: Koliformne bakterije (Vir: <https://upload.wikimedia.org>)

1.2.6.2. Mikrobiološki parametri

1.2.6.2.1. *Escherichia coli*

Bakterije, ki so vedno prisotne v človeškem in živalskem blatu (feces) v velikem številu ter posledično v odplakah in vodah, ki so onesnažene s fekalijami (človeka, domačih in divjih živali, uporaba v poljedelstvu). Prisotnost *E. coli* (slika 18) v pitni vodi zanesljivo dokazuje, da je bila voda fekalno onesnažena. Po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09) so bakterije *Escherichia coli* uvrščene v Prilogo I, del A, med mikrobiološke parametre. Mejna vrednost za *E. coli* v pitni vodi je: 0 /100 ml. (NIJZ, 2014b)



Slika 17: *Escherichia coli* (Vir: <https://www.biocote.com>)

1.2.6.2.2. Število kolonij pri 22°C

S parametrom določamo število bakterij, ki so lahko v vodi prisotne kot normalna mikrobiota. Vsako nenadno povečanje v številu teh bakterij je lahko zgodnji pokazatelj motenj kjerkoli v celotnem sistemu za oskrbo s pitno vodo. Temperatura pomeni, pri kakšni temperaturi smo jih v laboratoriju inkubirali oz. da gre predvsem za bakterije nefekalnega porekla. Po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09) je število kolonij pri 22°C uvrščeno v Prilogo I, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost za število kolonij pri 22°C je po Pravilniku o pitni vodi "brez neobičajnih sprememb". Mejna vrednost za rezultate iz monitoringa je za število kolonij pri 22°C dogovorjena kot: manj kot 100/mL. (NIJZ, 2014b)

1.2.6.2.3. Število kolonij pri 37°C

S parametrom določamo število bakterij, ki podobno kot število kolonij pri 22°C kažejo na učinkovitost postopkov priprave vode, na razmnoževanje v omrežju zaradi zastojev ali povečane temperature, naknadnega vdora bakterij v sistem itd. Podatek nam pomeni izhodišče za oceno stanja celega sistema. V primerjavi s številom kolonij pri 22°C, nam število kolonij pri 37°C pomaga pri oceni, ali bi lahko šlo tudi za bakterije fekalnega porekla. Po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09) je število kolonij pri 37°C uvrščeno v Prilogo I, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost za število kolonij pri 37°C je: manj kot 100/mL. (NIJZ, 2014b)

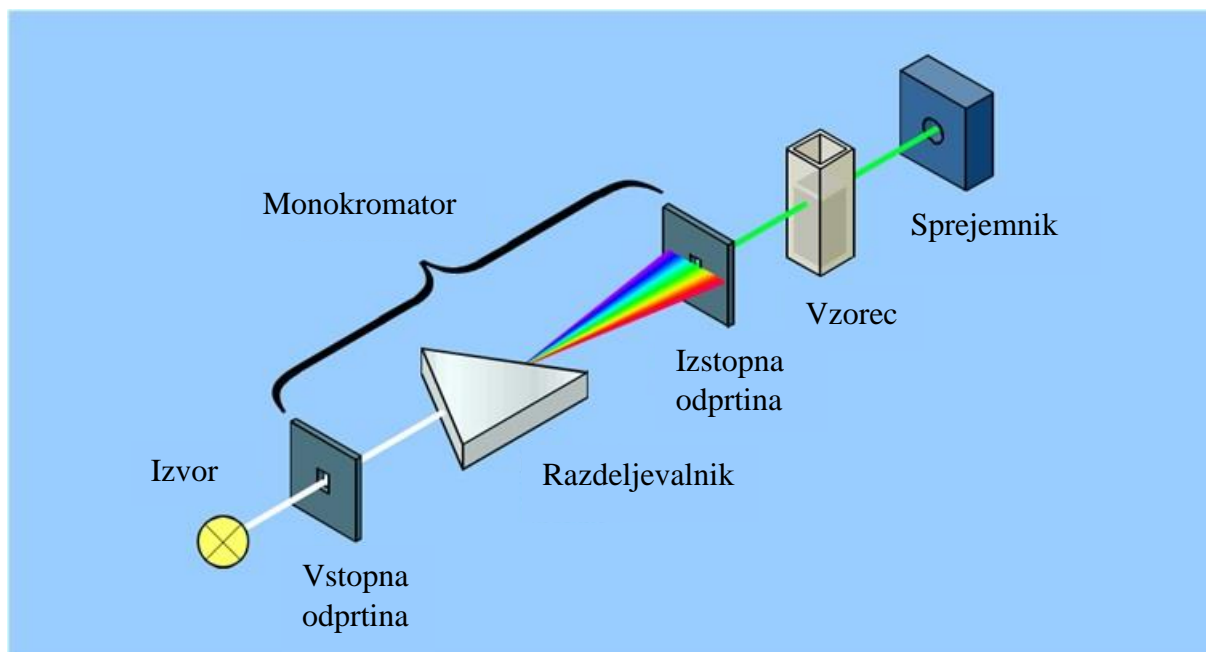
1.2.7. Spektrofotometrija

Spektrofotometrijo uvrščamo med molekulske absorpcijske spektrometrije. Temelji na merjenju absorpcije svetlobe pri prehodu skozi raztopino vzorca. Spektrofotometer primerja delež svetlobe, ki preide skozi referenčno raztopino in skozi merjen vzorec. Del svetlobe se pri prehajanju skozi vzorec absorbira, prepuščena svetloba pa pride do detektorja. (Wikipedija, 2016).

Obstajata dve glavni različici spektrofotometra – enožarkovni in dvožarkovni. Pri delu smo uporabljali prvega. Tukaj merjenje zahteva dva koraka. Najprej izmerimo absorbanco referenčnemu vzorcu in njegovo absorbanco nastavimo na nič. Potem izmerimo še absorbanco vzorcu. (prav tam)

Spektrofotometer je sestavljen iz izvora svetlobe, monokromatorja, kivete in detektorja. Za izvor svetlobe uporabljamo devterijevo ali volframovo žarnico. S prvo merimo v območju med 195 nm do 375 nm, z drugo pa v območju med 350 nm in 1000 nm. Monokromator je po navadi sestavljen iz optične rešetke ali optične prizme. Z izbiro kota padanja svetlobe na optično rešetko ali optično prizmo, lahko izberemo valovno dolžino svetlobe, ki jo bo monokromator prepustil. Kivete so dolge okoli 1 cm. So iz kvarčnega ali navadnega stekla. Tista stran, kjer gre skozi žarek svetlobe mora biti gladka in čista, saj to vpliva na točnost merjenja. Detektor pa meri intenziteto prepuščene svetlobe skozi vzorec. Na koncu pa imamo še zaslon, ki nam prikaže izmerjeno absorbanco. (prav tam)

Postopek je slikovno prikazan na sliki 19.



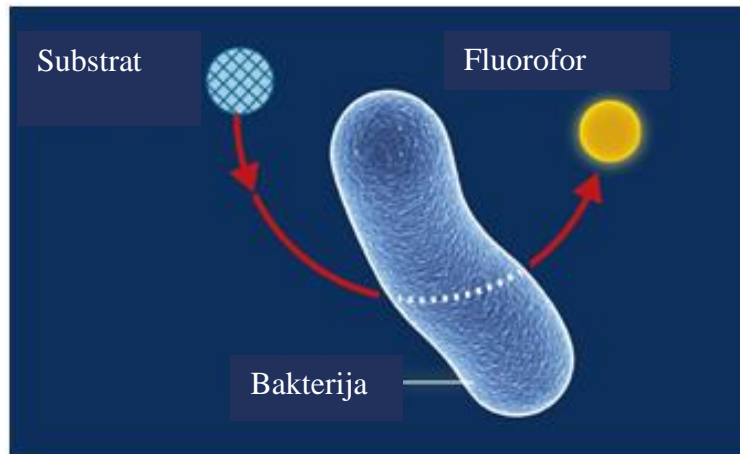
Slika 18: Postopek spektrofotometrije (Vir: <https://www.scantecnordic.se>)

1.2.8. Bactiquant

Bactiquant-metoda je uporabna za ovrednotenje prisotnosti bakterij v vodi, ne pokaže pa vrste le-teh. Na Bactiquant analizo ne vpliva motnost, prevodnost, trdota ali pH. (mycometer, 2010)

Vzorci vode so filtrirani skozi filtre Millipore 0.22 PES, kjer se bakterije zbirajo na površini membrane. Substrat na filtru reagira z bakterijskim encimom. Fluorescenca je izmerjena z uporabo ročnega baterijskega fluorometra. Večja fluorescenca prikazuje več bakterij, ki so prisotne v vzorcu. (prav tam)

Encimi so lokalizirani v mikroorganizmih. Ko vzorec pride v stik z raztopino, ki vsebuje umetni encim, pride do hidrolize substrata in sprosti se fluorofor (slika 20). Kemična spojina ali del večje molekule, ki spodbujena s svetlobo določene valovne dolžine oddaja svetlobo z višjo valovno dolžino (fluorescira). (prav tam)

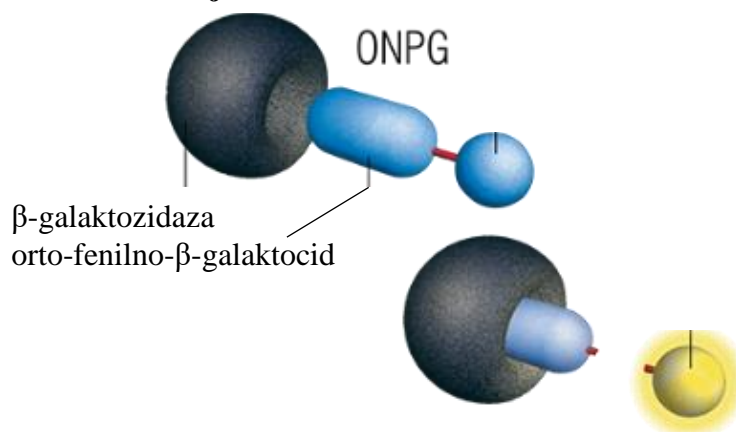


Slika 19: Nastajanje fluorofora (Vir: <http://www.adept-dental-water.com>)

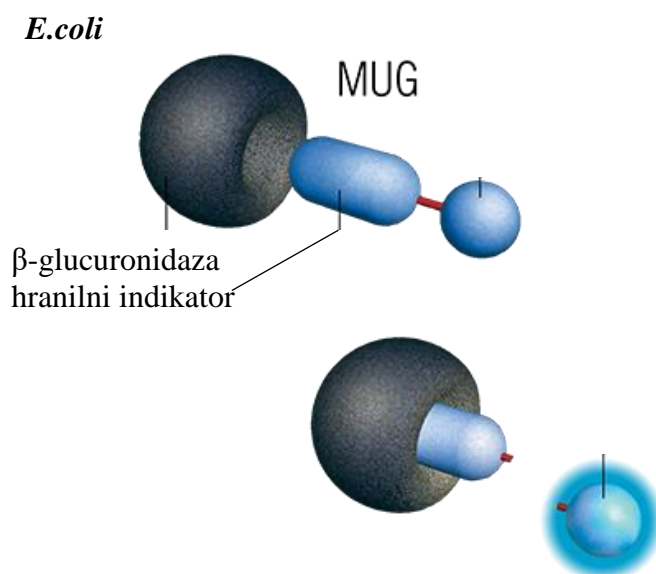
1.2.9. Colilert®-18

Colilert®-18 test uporablja hranilne kazalnike ONPG in MUG za odkrivanje koliformnih bakterij in *E. coli*. Koliformne bakterije uporabijo svoj encim β -galaktozidazo, da presnavljajo orto-fenilno- β -galaktocid (ONPG) (slika 21) in ga spremenijo iz brezbarvne v rumeno. *E. coli* pa uporabi β -glucuronidase, da presnavljajo hranilni indikator MUG in ustvarjajo fluorescenco (slika 22). Nekatere ne-koliformne bakterije nimajo teh encimov, ampak so selektivno zatrite z Colilert-18 reagenti. Za njihovo zatiranje mediji pogosto vključujejo visoko stopnjo soli, detergentov ali drugih snovi. (IDEXX, 2018)

Koliformne bakterije



Slika 20: Presnova ONPG (Vir: <https://idexxcom-live-b02da1e51e754c9cb292133b-9c56c33.aldryn-media.com>)



Slika 21: Presnova MUG (Vir: <https://idexxcom-live-b02da1e51e754c9cb292133b-9c56c33.aldryn-media.com>)

Najverjetnejše število bakterij (the most probable number - MPN) lahko ocenimo z matematičnimi enačbami, tabelami (tabela 2) ali z računalniškimi programi. (ISO, 2005)

Tabela 2: MPN vrednosti pri poskusu z desetimi testiranjmi enega vzorca in 95% meje (Hurley in Roscoe)

število pozitivnih epruвет	serija 10 epruвет		95% meja	
	MPN [bakterij/ 100 mL]	standardna spremenljivost MPN	spodnja	zgornja
1	0,11	0,435	0,02	0,75
2	0,22	0,308	0,06	0,89
3	0,36	0,252	0,11	1,11
4	0,51	0,22	0,19	1,38
5	0,69	0,198	0,28	1,69
6	0,92	0,184	0,4	2,1
7	1,2	0,174	0,55	2,64
8	1,61	0,171	0,75	3,48
9	2,3	0,179	1,03	5,16

2. MATERIAL IN METODE DELA

2.1. Načrt dela

Večino poskusov je bilo opravljenih na Vodarni v Zgornji Bistrici. Del raziskovalnega dela, v katerem smo izvedli metodo prelitja, je bil opravljen v šolskem laboratoriju, poskus, kjer smo ugotavljali spremembo kvalitete vode glede na čas izpiranja, pa doma. V laboratoriju smo imeli na voljo vsa zaščitna sredstva za varno delo. Med delom in po njem smo ustrezno poskrbeli za odpadke.

Vsi vzorci vode, ki so bili namenjeni za mikrobiološke preiskave, so bili odvzeti sterilno. Pri poizkusu doma smo naredili izjemo, saj smo želeli zagotoviti čim bolj realno mikrobiološko sliko vode pred njeno uporabo v hišnih prostorih.

2.2. Sterilen odvzem vzorca

Najprej smo pipi odstranili mrežico in tesnilo ter izmerili temperaturo vode pri enakomernem curku, v laminarnem toku srednje jakosti, debelosti svinčnika. S pomočjo plinskega gorilnika Weller® WT13EU smo pipo obžigali 20 sekund (slika 23), nato pa vodo izpirali, dokler se temperatura ni izenačila s prejšnjo.

Po dezinfekciji in izpiranju smo napolnili sterilizirane steklenice s prostornino 500 mL, curek je bil pri tem enakomeren. Steklenice smo odprli tik pred odvzemom vzorca. Pokrova ne smemo odlagati, ampak smo ga držali v drugi roki, obrnjenega navzdol. Pri odvzemu smo pazili, da ne pride do stika vratu embalaže s pipo, drugimi predmeti ali z rokami. Po odvzemu morajo biti vzorci v roku 15 minut do analize shranjeni na temperaturi 2-5 °C.

Pri delu smo uporabljali zaščitne rokavice za enkratno uporabo (MaiMed), zaščitno haljo in gumico za lase.



Slika 22: Obžiganje pipe (Vir: lastni)

2.3. Določanje števila mikroorganizmov (metoda Bactiquant-water)

Material:

- odvzeti vzorci (plastenke za enkratno uporabo – 300 mL - z vodo),
- digitalni termometer (Moller 105412) za merjenje temperature zraka,
- BASETECH štoparica WT-034,
- fluorometer (mycometer),
- pribor za analizo:
- črna kiveta,
- kiveta s standardno raztopino,
- brizgalke (1 mL; 2,5 mL)
- Millex-GP Syringe Filter Unit; velikost por: 0.22 μm ,
- adapterji,
- vakuumška črpalka,
- stojalo za filtracijo s petimi nastavki,
- tehtnica (Kern PCB, z natančnostjo 0,001 g in 0,01 g),

- substrat,
- igle,
- kivete z razvijalcem.

Postopek:

Pred uporabo smo vse komponente, ki jih sicer hranimo v hladilniku, segreti na sobno temperaturo. Sem spadajo filtri in reagenti, s katerimi smo izvajali umerjanje ali pa smo z umetnim encimom sprožili hidrolizo substrata. Najprej je bilo potrebno napravo umeriti. V fluorometer smo vstavili črno kiveto in izmerili vrednost. Iz razvijalca z rdečim pokrovčkom smo prelili standardno raztopino v novo kiveto in izmerili standardno vrednost, ki je lahko med 825 in 875. Nato smo ponovno vstavili črno kiveto in vrednost je morala biti med 0 in 1. Nato smo izvedli še slepo probo, kjer mora biti izmerjena fluorescenca manj kot 200. Razvijalec, namenjen slepi probi, smo prenesli v kiveto. Z brizgalko smo odmerili 0,35 mL substrata in tekočini premešali.

Ko smo odvzeli pet vzorcev, jih smo jih označili s številkami, prav tako pa smo z njimi označili tudi filtre za postopek filtriranja pri tej metodi. Na plastenko smo namestili adapter, ki smo ga prej razkužili, in nanj pritrdili filter in nastavek. Plastenko smo stehtali, potem pa pripravili vakuumsko črpalko. Ko smo preverili, ali je tlak med -0,4 in -0,8 bara, smo pritrdili plastenko na filtracijsko napravo (slika 24). Vodo smo prefiltrirali in zapisali še maso prazne plastenke skupaj z adapterjem, filtrom in nastavkom.



Slika 23: Filtracijska naprava z vakuumsko črpalko (Vir: lastni)

Sledila je analiza. Pripravili smo si stekleničko s substratom, filtre, igle, kivete z razvijalcem in brizgalke glede na število vzorcev. Komponente smo vstavili v stojalo. V brizgalko smo prenesli 2,5 mL substrata in pritrčili na filter ter iztisnili substrat v filter nad stekleničko. Skupaj s filtrom smo ju pritrčili na iglo. Razvijalce smo izpraznili v kivete. Počakali smo 30 min in filter 2-krat sprali z razvijalcem (brizgalko s filtrom in iglo vstavimo v kiveto z razvijalcem in 2-krat povlečemo gor in dol).

Vklopili smo fluorometer in iz kivet odstranili mehurčke, nato pa jih vstavili v napravo in odčitali fluorescenco (slika 25).



Slika 24: Odčitanje fluorescence (Vir: lastni)

Podatke za standardno vrednost, slepo probo, maso praznih in polnih platenk, temperaturo v prostoru, čas reakcije in fluorescenco smo potrebovali za izračun natančne vrednosti le-te v programu BactiQuant SPC basic (en).

Prvi poskus (glej točko 3.1.) smo začeli z izračunom referenčne vrednosti vode v domačem hišnem omrežju s petimi ponovitvami merjenja fluorescence po petih minutah izpiranja na različnih pipah po hiši. Nato smo odvzeli pet vzorcev vode za tri odzemna mesta, prvega direktno brez izpiranja, nato vsakih trideset sekund do dveh minut in jim izmerili fluorescenco.

Bactiquant smo uporabili tudi pri drugem, kjer smo s Turbidimetrom serije TU5 vzorcem najprej izmerili motnost, in tretjem poskusu (glej točki 3.2.1. in 3.2.2.). Pri slednjem smo po merjenju motnosti dodali še dezinfekcijsko sredstvo, natrijev hipoklorit, 15%.

2.4. Določanje števila mikroorganizmov (ISO-6222:1999)

Material:

- PCA agar:
- tripton - bioMérieux (4,0 g)¹,
- kvasni ekstrat - Fluka Analytical (2,0 g)¹,
- kuhinjska sol - NaCl (2,0 g)¹,
- destilirana voda (400 mL)¹,
- agar – Biolife (6,0 g)¹,
- odvzeti vzorci (steklenice - 1000 mL - z vodo),
- 12 sterilnih plastičnih petrijevk,
- čaša za kuhanje agarja (1000 mL),
- steklena palčka za mešanje agarja,
- ALU folija,
- merilni valj (1000 mL),
- kuhalnik (CIATRONIC®),
- tehtnica (Kern PCB, z natančnostjo 0,001 g in 0,01 g),
- avtoklav (CertoClav CVEL 12 LGS (LGA, Nurnberg)),
- inkubator (Binder GmbH),
- večja posoda – vodna kopel,
- avtomatske pipete s pripadajočimi sterilnimi nastavki (LLG Micropipette; 10 - 100 µL, 100 - 1000 µL, 1 - 10 mL),
- mikrobiološka zaščitna komora - laminarij (MC-NC, Iskra PIO),
- flomaster za označevanje petrijevk.

¹ sestavine so preračunane za 20 vzorcev

Postopek:

Vse sestavine za pripravo PCA agarja smo raztopili v 1000 mL čaši (slika 26). Pri odmerjanju smo si pomagali z merilnim valjem in tehtnico. Nato smo ga pokrili z ALU folijo in steriliziramo v avtoklavu na 121°C za 15 min. Agar je bilo potem potrebno v vodni kopeli ohladiti na temperaturo 44-47°C. Celoten postopek smo izvajali v laminariju (slika 27). V naslednjem koraku smo vzeli petrijevko in nanjo s sterilno pipeto prenesli 1 mL vzorca (slika 28). Postopek smo ponovili (odvisno od števila vzorcev) ter vsakič uporabili novo pipeto in petrijevko. Z ohlajenim agarjem smo nato prelili petrijevke (slika 29) in jih premikali v krogih, da se premeša vsebina. Nato smo počakali, da se agar strdi, sledila je inkubacija na 36°C za 48 ur in 22 °C za 72 ur. Po končani inkubaciji smo prešteli število nastalih kolonij.



Slika 25: Kuhanje agarja
(Vir: lastni)



Slika 26: Laminarij in pripravljen material
(Vir: lastni)



Slika 27: Prenašanje vzorca v petrijevko
(Vir: lastni)



Slika 28: Prelite petrijevke z agarjem
(Vir: lastni)

2.5. Metoda Colilert® - 18

Material:

- odvzeti vzorci (steklenice - 1000 mL - z vodo),
- reagent Colilert® - 18,
- čaša (100 mL),
- stojalo za epruvete,
- epruvete (100 x 160 mm),
- avtomatska pipeta s pripadajočimi sterilnimi nastavki (LLG Micropipette; 1 - 10 mL),
- UV luč (Frederikesn).

Postopek:

Vrečko reagenta Colilert® – 18 smo dodali čaši z vzorcem/vodo in premešali vsebino. Zaznali smo rahlo barvno spremembo vzorca. V stojalo za epruvete smo namestili 10 epruвет (za vsak vzorec). Vanje smo z avtomatsko pipeto odpipetirali 10 mL vzorca z reagentom. Postavili smo jih v vodno kopel pri 35°C za 20 minut (slika 30). Nato smo jih inkubirali na 35°C za 18 ur. Po določenem času smo ugotavljali prisotnost koliformnih bakterij tako, da smo bili pozorni na barvo vzorca. Če so ti rumenkaste barve, so v vodi prisotne bakterije. *E. coli* zaznamo tako, da v temnem prostoru skozi epruvete posvetimo z UV lučjo. Če močno flourescirajo, smo potrdili njihovo prisotnost.



Slika 29: Vodna kopel z vzorci (Vir: lastni)

2.6. Merjenje prostega aluminija

Material:

- odvzeti vzorci (plastenke za enkratno uporabo – 300 in 500 mL - z vodo),
- DR3900 Spektrofotometer s tehnologijo RFID,
- BASETECH štoparica WT-034,
- avtomatske pipete s pripadajočimi nastavki (LLG Micropipette; 10 - 100 μ L, 100 - 1000 μ L, 1 - 10 mL),
- LCK 301 Aluminium, Zero solution,
- LCK 301 Aluminium, Sample cuvette,
- kivete za analizo,
- LCK 301 Aluminium,
- LCK 301 Aluminium, LCK 301 B.

Postopek:

Napravo smo umerili z dvema kivetama - LCK 301 Aluminium, Zero solution in LCK 301 Aluminium, Sample cuvette - ki sta bili priloženi (slika 31). Priložene so bile tudi kivete, ki so bile pripravljene za analizo. Najprej smo vanje odpipetirali 2 mL raztopine LCK 301 Aluminium, LCK 301 A, potem 3 mL odvzetega vodnega vzorca in še žličko LCK 301 Aluminium, LCK 301 B (slika 32).

S klorovodikovo kislino, 30 - 31% smo najprej nakisali vzorce in dodali 0,01 mL polihidroksialuminijevega klorida, 50-70%, na 500 mL vode in 0,2 mL koagulanta na 300 mL vode. S Spektrofotometrom s tehnologijo RFID smo izmerili količino prostega aluminija.



Slika 30: DR3900 Spektrofotometer s tehnologijo RFID, LCK 301 Aluminium, Zero solution in LCK 301 Aluminium, Sample cuvette (Vir: lastni)



Slika 31: LCK 301 A in LCK 301 B (Vir: lastni)

Kiveto smo rahlo pretresli, da so se odstranili zračni mehurčki in počakali 25 min. Po določenem času smo kivete vstavili v napravo in odčitali vrednost. Da bi preverili, kako uravnavanje pH vpliva na učinek koagulantov in ultrafiltracije, smo naredili še en poskus. S Turbidimetrom serije TU5 smo izmerili začetno motnost, nato nakisali vodo in ji dodali 0,2 mL koagulantov ter izmerili še končno motnost. Rezultati preskusa na sliki 32 so prikazani na grafu 8, na sliki 33 pa na grafu 9.



Slika 32: Vzorci vode s koagulantom (Vir: lastni)



Slika 33: Vzorci vode s koagulantom (Vir: lastni)

2.7. Merjenje pH

Material:

- prenosni vzporedni analizator (PPA) SL1000,
- sonda za merjenje pH,
- priložena posodica,
- vodni vzorci.

Postopek:

Z napravo (slika 34) smo merili vrednosti pH, naprava pa omogoča tudi izvajanje drugih meritev. Nanjo smo pritrdili sondo za merjenje pH in jo pomočili v vzorec. Nazadnje smo odčitali vrednost merjenega parametra.



Slika 34: Prenosni vzporedni analizator v posodici (Vir: lastni)

2.8. Merjenje motnosti

Material:

- Turbidity meter serije TU5,

- vstavek s standardno tekočino za umerjanje naprave,
- priloženi stekleni vstavki za vzorec (stekleničke),
- odvzeti vzorci (plastenke za enkratno uporabo – 300 mL - z vodo).

Postopek:

Z napravo smo merili motnost. Najprej smo napravo kalibrirali z vstavkom s standardno tekočino, nato pa v priložene stekleničke nalili vzorec, premešali, počakali 5 sekund, vstavili v napravo (slika 35) in odčitali motnost.



Slika 35: Turbidity meter serije TU5 (Vir: lastni)

3. REZULTATI IN DISKUSIJA

3.1. Preverjanje mikrobiološke slike vode z izpiranjem interne instalacije

Poskus smo pričeli z izračunom referenčne vrednosti vode v domačem hišnem omrežju, ki ga prikazuje tabela 3. Povprečno vrednost smo dobili s petimi ponovitvami merjenja fluorescence po petih minutah izpiranja na različnih pipah po hiši.

Tabela 3: Računanje referenčne vrednosti v našem hišnem omrežju

ponovitev	1	2	3	4	5
čas [min]	5				
fluorescenca	111	109	108	109	110

Referenčna vrednost (povprečna vrednost fluorescenc) je znašala 109,4 in kakršnokoli večje odstopanje od te vrednosti pomeni, da gre za onesnaženje z mikroorganizmi. V spodnjih grafih je razvidna odvisnost fluorescence od predhodnega izpiranja vode. Meritve smo izvajali dvakrat v kopalnici, enkrat na umivalniku, nato na bideju in nazadnje v kuhinji (graf 1). Odvzeli smo pet vzorcev vode za vsako odvzemno mesto, prvega direktno brez izpiranja, nato vsakih trideset sekund do dveh minut.

Tabela 4: Fluorescenca vzorca med dvominutnim izpiranjem na umivalniku v kopalnici

	kopalnica	bide	kuhinja
čas [s]	fluorescenca		
0	2160	1620	230,8
30	767,3	538,6	154,5
60	460,2	428,1	119,4
90	205,7	412,3	112,7
120	110,3	378,5	110,1

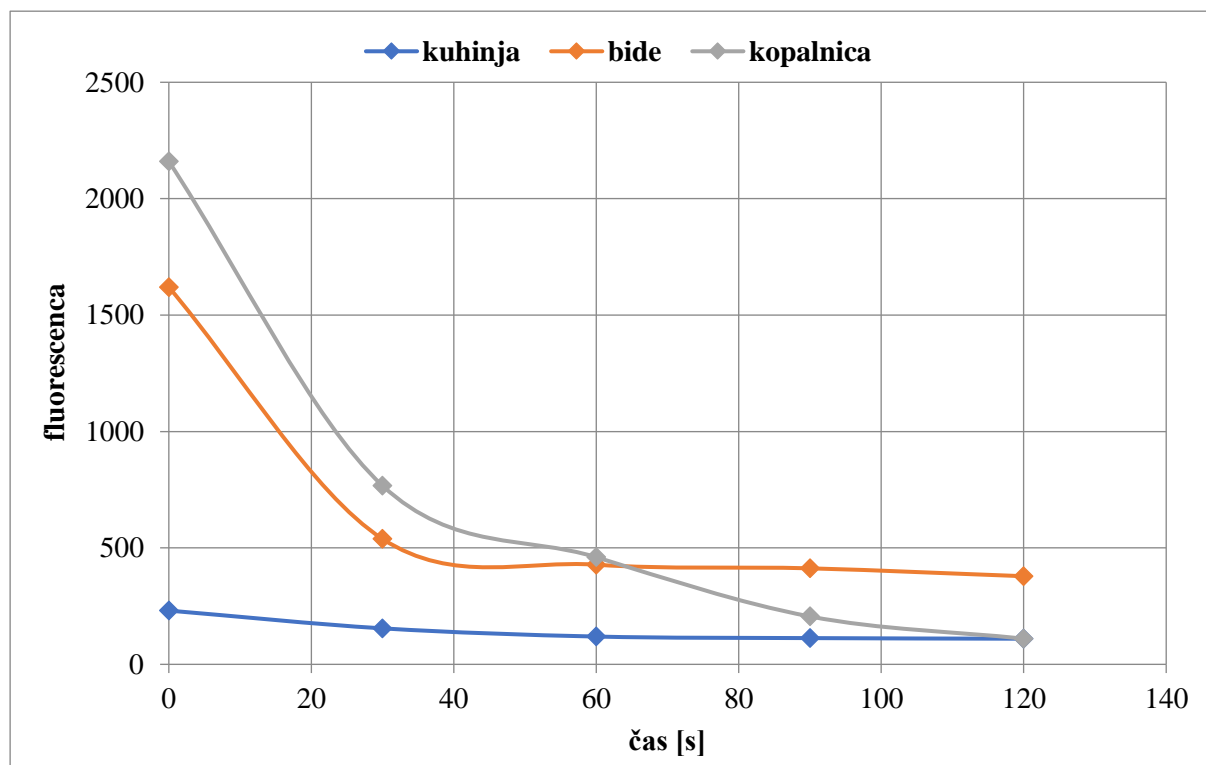
Spremenljivke pri meritvah:

NEODVISNA SPREMENLJIVKA: čas izpiranja vode

ODVISNA SPREMENLJIVKA: fluorescenca

KONTROLIRANE SPREMENLJIVKE: temperatura zraka okoli 22°C (pomembno za delovanje substrata)

Graf 1: Fluorescenca vzorca med dvominutnim izpiranjem na umivalniku v kuhinji, kopalnici in na bideju



Prvo meritev smo izvedli v kopalnici na umivalniku. Ko smo vzorec vode odvzeli direktno brez izpiranja, je bila vrednost (fluorescenca) najvišja. Ta je bila visoka zaradi redke uporabe tega umivalnika. Voda tukaj zastaja in mikroorganizmi so se razmnožili, vednar se je s časom število le-teh zmanjšalo. Na začetku vidimo veliko odstopanje, že po 30 sekundah pa drastičen upad njihovega števila za več kot polovico. Glede na začetno stanje, se je po dveh minutah fluorescenca zelo hitro približala in se skoraj izenačila z referenčno vrednostjo.

Drugo meritev smo izvedli na vodi iz bideja. Direktno odvzet vzorec ni imel tako visoke začetne vrednosti (fluorescence) kot pri prejšnjem poskusu, saj je iztok vode pogosteje v uporabi kot prejšnji umivalnik. Z dvominutnim izpiranjem je bilo v vodi čedalje manj mikroorganizmov, vendar se fluorescenca zadnje meritve ni približala reprezentativni vrednosti. Vzrok temu je

največja oddaljenost pipe od odvzema javnega vodovodnega sistema, zato bi bilo za približanje reprezentativni vrednosti, potrebno daljše izpiranje

Zadnje meritev smo izvedli v kuhinji. V primerjavi s prejšnjima poskusoma so bile tukaj najmanjše fluorescence, saj kuhinjsko pipo največ uporabljamo in voda malokrat stoji. Slednja je bila primerna za uporabo že po minuti izpiranja, saj se je zelo približala reprezentativni vrednosti. Kljub redni uporabi po takojšnjem odvzemu vzorca voda ni idealna za uporabo, saj je število mikroorganizmov višje od zaželenega.

Iz vseh pridobljenih meritev in prenosom vrednosti v grafe lahko razberemo, da je število mikroorganizmov v vodi z dalj časa trajajočim izpiranjem manj, vendar pa je njihovo število zelo odvisno od odjemnega mesta. Grafi imajo podobno obliko, vsem se število mikroorganizmov z izpiranjem zmanjšuje. Na dveh od treh odjemnih mestih se je fluorescenca zelo približala povprečni referenčni vrednosti. Kadar je bolj oddaljeno od odvzema iz javnega vodovodnega sistema je potrebno vodo dalj časa izpirati. To je potrebno tudi tam, kjer voda večino časa stoji, ker pipa ni redno v uporabi. Po dveh minutah je voda postala primerna za uporabo v kuhinji in kopalnici, a ne v bideju. Hipotezo o mikrobiološki ustreznosti glede na referenčni vzorec domačega vodovodnega omrežja po dveh minutah izpiranja lahko torej **potrdimo** v dveh primerih, vendar je dejstvo, da se kvaliteta vode z izpiranjem bistveno izboljša, ne glede na to, da se v vseh primerih ne izenači z referenčno vrednostjo.

3.2. Vpliv motnosti na mikrobiološko sliko vode

3.2.1. Merjenje z Bactiquantom

Spodnji graf prikazuje izmerjeno fluorescenco surove vode pri različnih motnostih. Prvi vzorci (graf 2 – modra barva) so bil odvzeti 14. 11. 2017, drugi (graf 2 – oranžna barva) pa 16. 11. 2017. Deževje se je začelo na prvi omenjen datum in je trajalo tri dni, zato je bila motnost vzorcev v drugi ponovitvi na splošno večja. Obliki krivulj se malo razlikujeta, a jima je skupno to, da se z naraščajočo motnostjo večja tudi število mikroorganizmov. Število le-teh je pri enaki motnosti v razmiku dveh dni zelo različno, kar nam prikazujeta izmerjeni vrednosti fluorescence pri okoli 23 in 33 NTU ob dveh različnih terminih.

Tabela 5: Fluorescenca pri različnih motnostih (14. in 16. 11. 2017)

14. 11. 2017	motnost [NTU]	2,52	7,23	15,3	22,1	31,8
	fluorescenca	323,2	490,8	860,2	1009,8	1264
16. 11. 2017	motnost [NTU]	23,8	34,3	48,7	57,5	59,8
	fluorescenca	4567	6097	8640	9725	9925

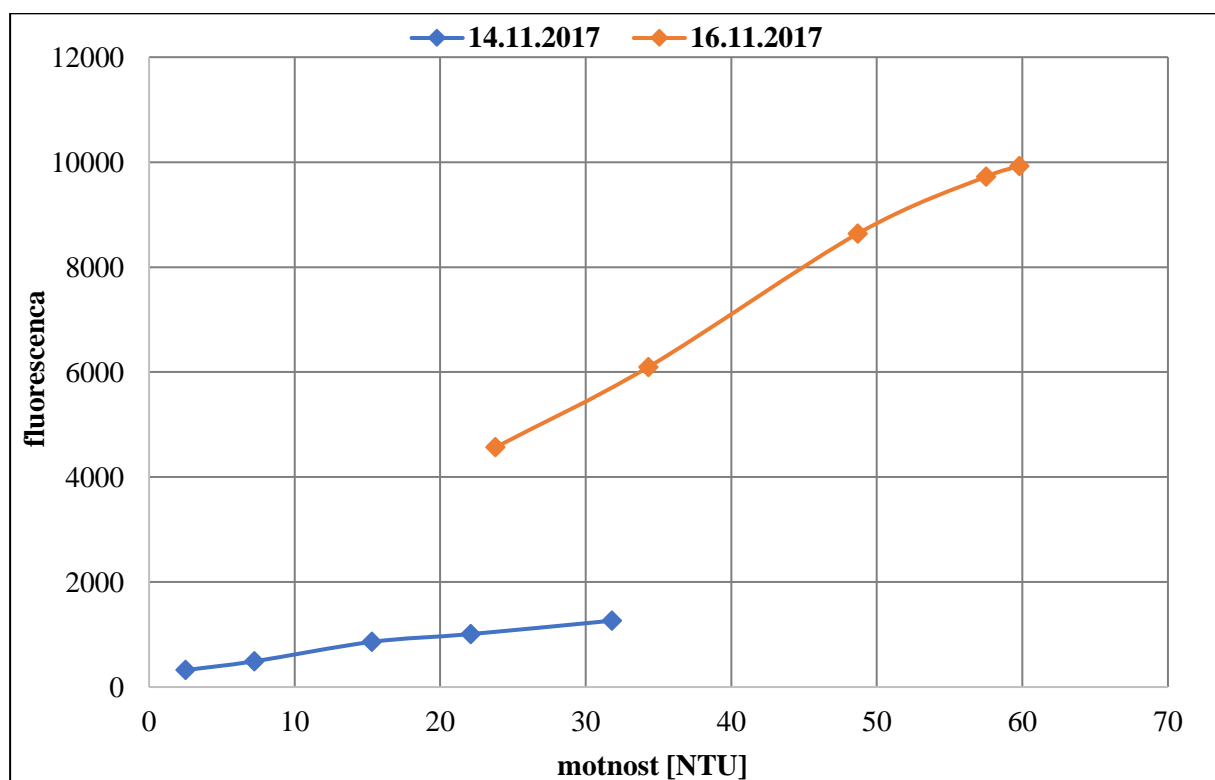
Spremenljivke pri meritvah:

NEODVISNA SPREMENLJIVKA: motnost

ODVISNA SPREMENLJIVKA: fluorescenca

KONTROLIRANE SPREMENLJIVKE: temperatura zraka okoli 22°C (pomembno za delovanje substrata)

Graf 2: Fluorescenca pri različnih motnostih (14. in 16. 11. 2017)



Vzorčili smo 14. 11. 2017. Sprva je bilo vreme jasno, zaznati je bilo malo rosenja, zato je bila pri prvem vzorcu surove vode motnost nizka (glej tabelo 4). V času dveh ur in pol smo jo na merilniku spremljali, ta pa se je z naraščanjem količine dežja povečevala. Postopoma smo odvzeli še štiri vzorce in izmerili naraščajoče motnosti (glej graf 2). Z napravo Bactiquant smo vsakemu vzorcu določili fluorescenco. Višja kot je fluorescenca, večje je število prisotnih bakterij v vzorcu. Sodeč po grafu je z naraščanjem motnosti v vodi več bakterij.

Vzorčili smo še 16. 11. 2017. Že dva dni pred tem je rahlo deževalo, motnost je znašala okoli 20 NTU, čeprav so njene vrednosti hitro nihale. V času petih ur se je deževje povečalo in motnost je naraščala. Ponovno smo med njenim naraščanjem odvzeli pet vzorcev in jim z Bactiquantom izmerili fluorescenco. Iz vzorcev smo razbrali podobne rezultate kot pri prejšnji meritvi (glej graf 2).

V bistriskem potoku z motnostjo narašča število mikroorganizmov v surovi vodi. Večjih odstopanj na grafih ni bilo, se je pa število bakterij hitro večalo glede na naraščajočo motnost. Če primerjamo fluorescenco dveh meritev pri grafu 2 opazimo, da se vrednosti pri podobnih motnostih razlikujejo. Pri vzorčenjih se fluorescenca okoli 33 NTU razlikuje za skoraj 5000. Do takšne razlike pride zaradi drugačnih vremenskih razmer. Prvo meritve smo opravili v času, ko je začelo deževati in se je motnost zelo hitro povečevala. V vodi takrat še ni bilo veliko plavajočih delcev z dna, ki bi močno povečali število mikroorganizmov, saj deževje vode še ni razburkalo.

Z drugo meritvijo je bilo drugače, ker je dež trajal že dva dni, zato je tudi mikroorganizmov več. Za potrditev hipoteze ta opazka ne igra bistvene vloge. Pomembno je, da sta krivulji podobni (obe naraščata) kljub različnim vremenskim pogojem, drugačnemu razponu motnosti in temperatur ozračja.

3.2.2. Merjenje z Bactiquantom z dodatkom dezinfekcijskega sredstva

Grafa 3 in 4 prikazujeta kako se fluorescenca spreminja z motnostjo, če ji dodamo klor. Rezultati so podobni kot pri prejšnjem poskusu, in sicer naraščanje motnosti sproži porast mikroorganizmov. V prvem delu smo različnim motnostim dali enako koncentracijo natrijevega

hipoklorita, in sicer 0,2 mL (glej graf 3), v drugem pa približno enaki motnosti dodajamo različno koncentracijo dezinfekcijskega sredstva (glej graf 4).

Tabela 6: Fluorescenca pri različnih motnostih in po dodatku 0,20 mL natrijevega hipoklorita

motnost [NTU]	1,13	2,38	3,19	7,01	13,3
fluorescenca	195	981	1950	3344	5875

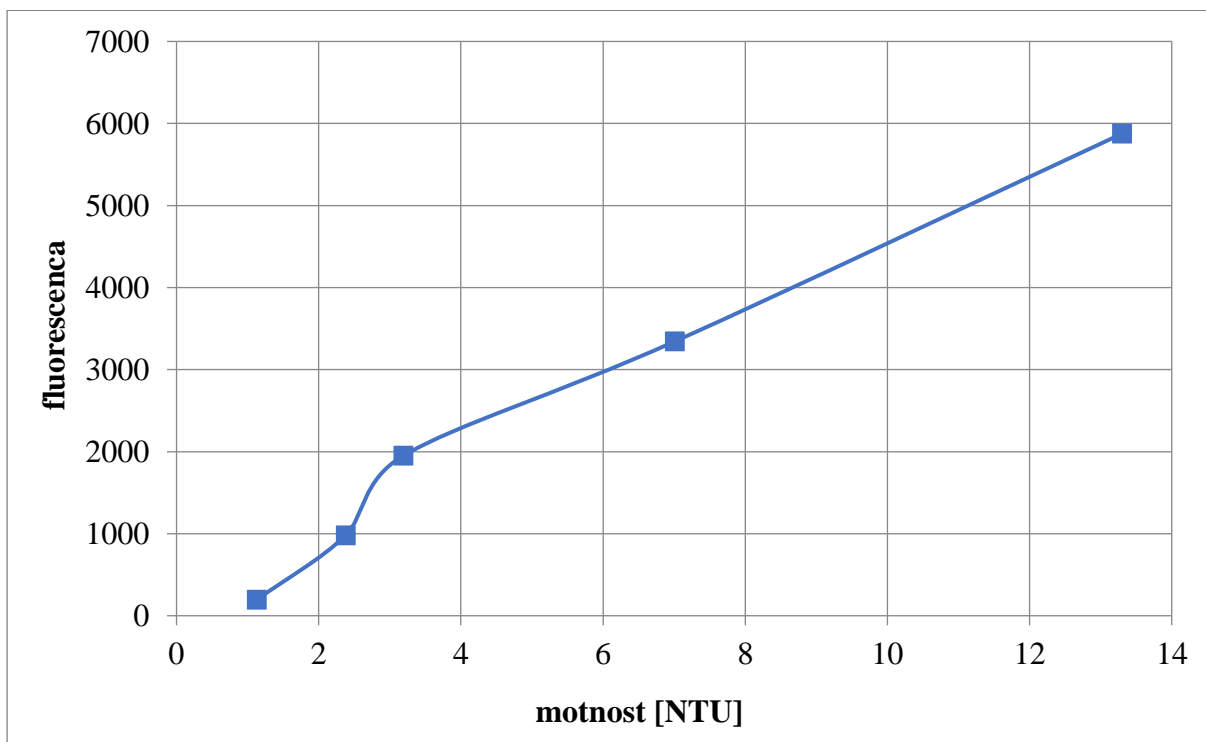
Spremenljivke pri meritvah:

NEODVISNA SPREMENLJIVKA: motnost, količina dezinfekcijskega sredstva

ODVISNA SPREMENLJIVKA: fluorescenca

KONTROLIRANE SPREMENLJIVKE: temperatura zraka okoli 22°C (pomembno za delovanje substrata)

Graf 3: Fluorescenca pri različnih motnostih in dodani enaki količini dezinfekcijskega sredstva



Vzorčili smo 22. 12. 2017. Motnosti so se pri petih vzorcih gibale od 35 do 39 NTU. Enako motnost je težko doseči, saj je zelo spremenljiva v slabem vremenu. Petim vzorcem s približno enako motnostjo smo odpipetirali različne količine dezinfekcijskega sredstva. Ugotovili smo, da se je število mikroorganizmov zmanjševalo z večjim deležem natrijevega hipoklorita, torej je bilo z dezinfekcijskim sredstvom uničenih več bakterij pri enaki motnosti.

Tabela 7: Fluorescenca pri različnih motnostih in količini dezinfekcijskega sredstva

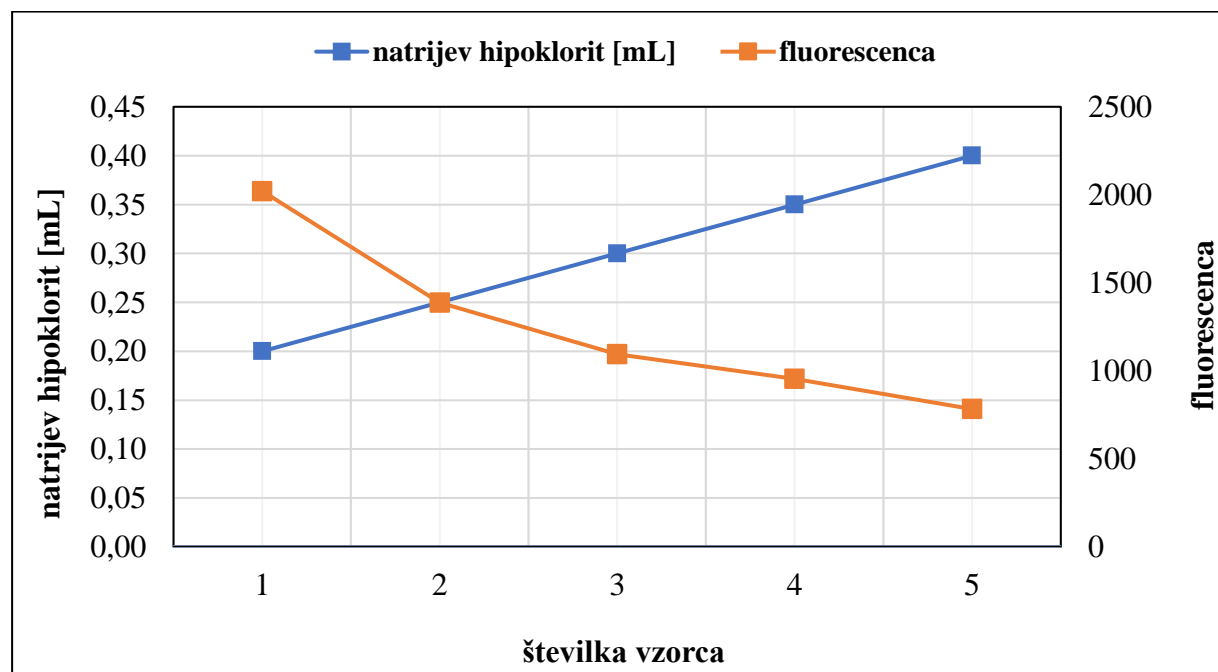
številka vzorca	motnost [NTU]	natrijev hipoklorit [mL]	fluorescenca
1	8,31	0,20	2021
2	8,43	0,25	1387
3	8,55	0,30	1095
4	8,69	0,35	955
5	8,71	0,40	783

Spremenljivke pri meritvah:

NEODVISNA SPREMENLJIVKA: motnost, količina dezinfekcijskega sredstva

ODVISNA SPREMENLJIVKA: fluorescenca

Graf 4: Fluorescenca pri različnih motnostih in količini dezinfekcijskega sredstva



Ponovno smo 22. 12. 2017 odvzeli pet vzorcev, vsi so imeli različne motnosti, ki so naraščale. Dodala smo jim enake količine dezinfekcijskega sredstva in pri nižjih motnostih je bila fluorescenca manjša, kar pomeni, da se število mikroorganizmov manjša z manjšanjem motnosti.

3.2.3. Metoda prelitja in Colilert® - 18

Odvisnost motnosti in organizmov smo želeli dokazati še na drugačen način, in sicer z metodo prelitja. Tabela 8 in graf 5 prikazujeta število bakterijski kolonij pri 36 in 22°C v različnih vzorcih iz potoka pri različnih motnostih, da bi preverili prejšnje ugotovitve.

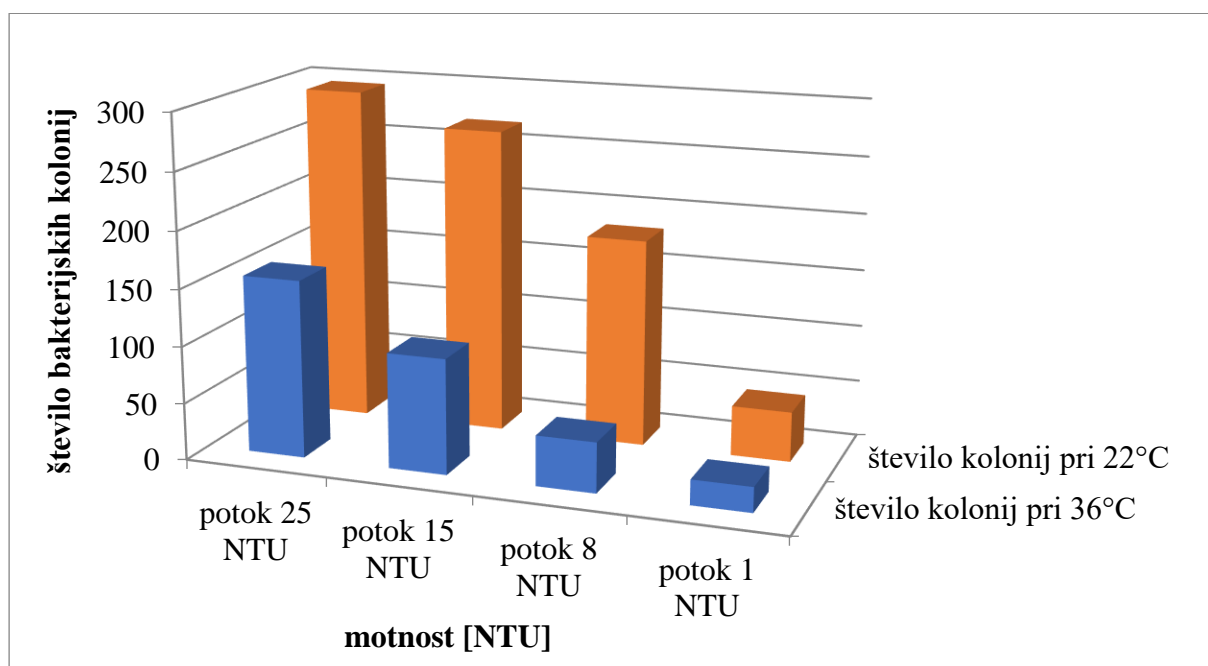
Tabela 8: Število bakterijskih kolonij pri različnih vzorcih iz potoka po 48-urni inkubaciji na 36°C in 72-urni inkubaciji na 22°C

vzorec	potok			
motnost	25 NTU	15 NTU	8 NTU	1 NTU
število kolonij pri 36°C	156 ²	101 ²	44	22 ²
število kolonij pri 22°C	> 300 ²	268 ²	182 ²	44 ²

Iz grafa 5 razberemo, da je z naraščajočo motnostjo v vodi več mikroorganizmov. Ugotovitev velja za število kolonij pri 36 in 22°C (glej sliko 37).

² Označeni vzorci imajo več kot 50% preraščene podlage z bakterijskimi kolonijami. Dno hranilne agarjeve plošče vzorca potoka pri 1 NTU prerašča sluzovka.

Graf 5: Število bakterijskih kolonij pri različnih vzorcih iz potoka po 48-urni inkubaciji na 36°C in 72-urni inkubaciji na 22°C



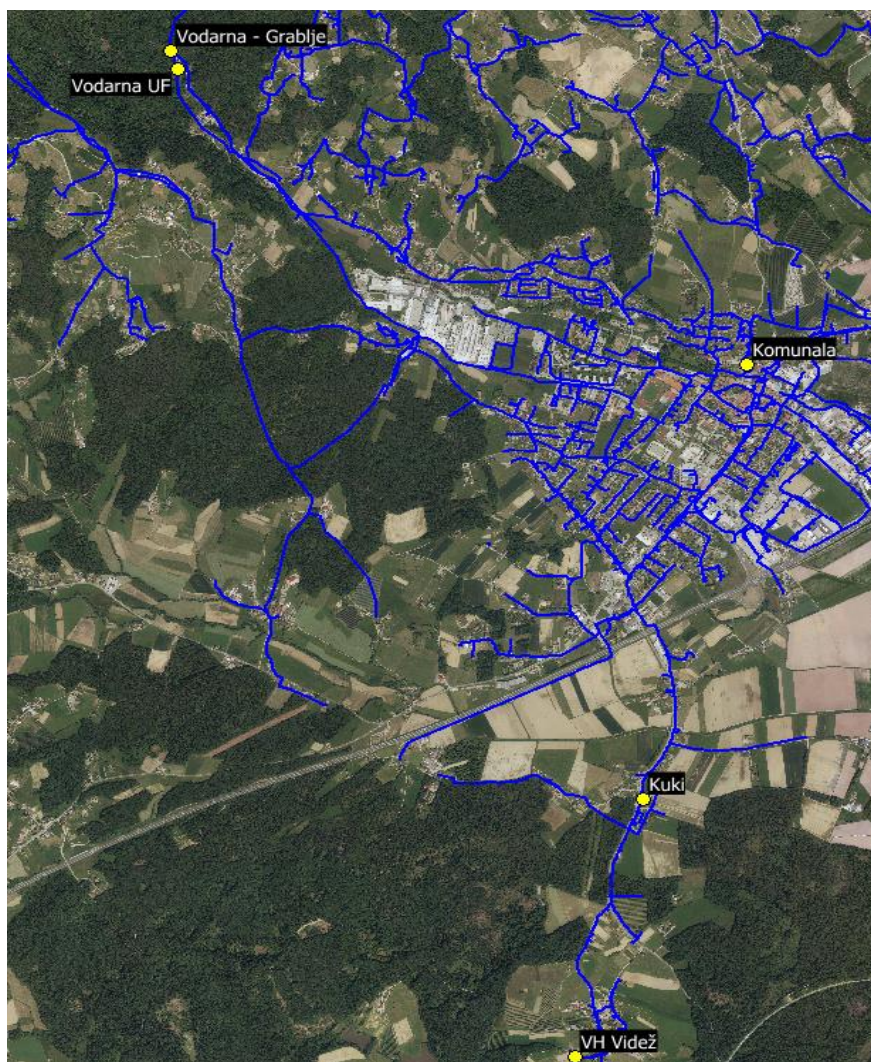
V vseh treh primerih (3.2.1.; 3.2.2.; 3.2.3.) je moč ugotoviti odvisnost mikroorganizmov in motnosti, saj se število mikroorganizmov zmanjša, če se zmanjša tudi motnost, zato hipotezo **ovržemo**. Delci, ki povečajo motnost surove vode, spodbujajo rast bakterij, ker se nanje adsorbirajo hranilne snovi. Adsorptivna sposobnost nekaterih delcev lahko prispeva k prisotnosti škodljivih anorganskih in organskih sestavin.

Ne moremo pa posplošiti, da naša ugotovitev velja za vse vrste vodnih virov, saj so lastnosti vodnih virov različne glede na tip, ki je lahko hudourniški potok, globinski tip, površinska voda ali zajetje v plasti. Med drugim so odvisne od površja, po katerem se vodni vir pretaka. V našem primeru gre za hudourniški potok, ki teče preko polj in gozdov po hribovitem površju. Delci/organske in anorganske snovi z dna se tako ob vsakem prelomu matične podlage premešajo in kontaminirajo vodo z onesnaževali z okolice.

3.3. Učinek dezinfekcije

V tabeli 9 so prikazane bakterijske kolonije pri 36°C in 22°C v vzorcih vode, odvzetih v vodovodnem sistemu v Bistrici. Dva vzorca sta iz postopka priprave pitne vode, prvi je voda

po grobi filtraciji čez grablje pri motnosti 2 NTU in drugi po končani ultrafiltraciji. Preostali trije so iz vodovodnega sistema v Slovenski Bistrici. Slika 36 prikazuje lokacije odjemnih mest po vodovodnem sistemu.



Slika 36: lokacije odjemnih mest po vodovodnem sistemu v Slovenski Bistrici (Vir: lastni)

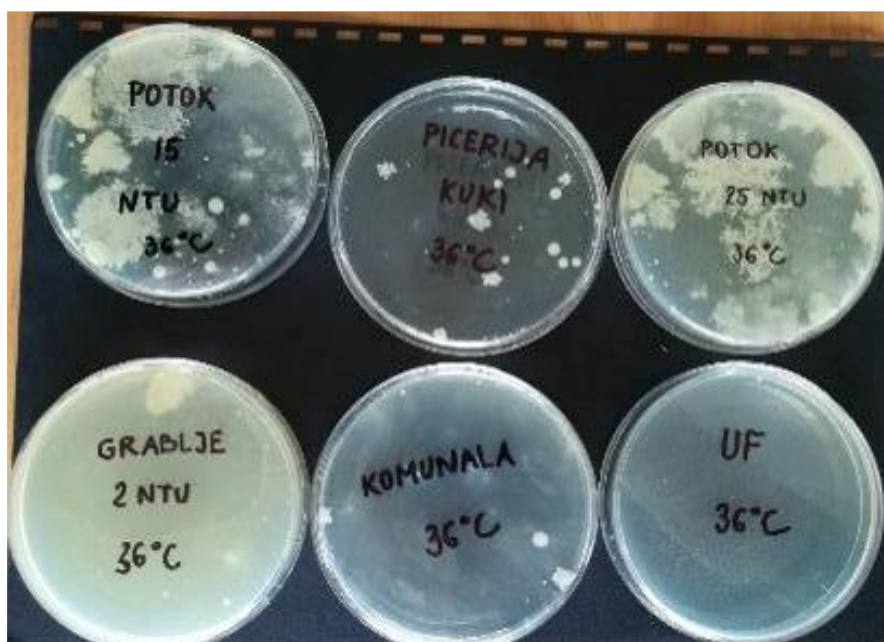
Tabela 9: Število bakterijskih kolonij pri različnih vzorcih v vodovodnem sistemu po 48-urni inkubaciji na 36°C in 72-urni inkubaciji na 22°C

vzorec	objekt grablje	UF	Komunala	Picerija Kuki	VH Videž
število kolonij pri 36°C	27	0	5	27	3
število kolonij pri 22°C	163	1	2	3	1

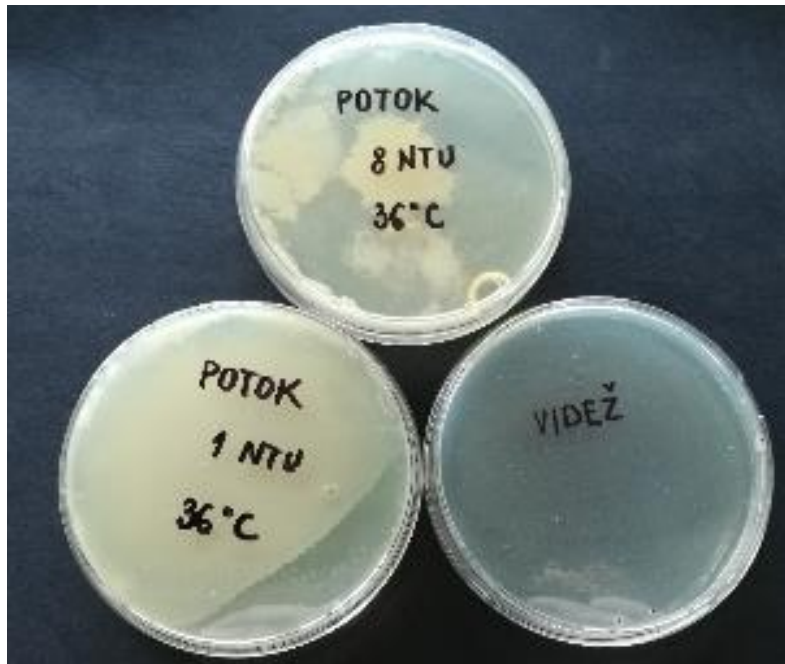
Na območju grabelj motnost znaša 2 NTU. Tukajšnje vrednosti so v primerjavi s tistimi iz potoka manjše, saj so grablje prve v zaporedju priprave pitne vode in se že tukaj odstrani večina grobih delcev. Z odstranjevanjem grobih delcev se odstrani tudi veliko mikroorganizmov, saj so na delcih snovi, ki privlačijo bakterije. Ta vzorec je bil odvzet takrat, ko je imela voda v potoku motnost 8 NTU (glej tabelo 8).

V vodovodnem sistemu je po ultrafiltraciji pred dezinfekcijo voda z veliko manj mikroorganizmi. Z oddaljevanjem od Vodarne je v vodi vedno več bakterij. To nam prikazujeta vzorca Komunala in Picerija Kuki, vendar je voda kljub povečanemu številu glede na Pravilnik o pitni vodi – 11. člen – ustrezna, saj za število kolonij pri 22 °C valja, da ne sme biti običajnih sprememb, pri 37 °C pa je meja 100/mL. Najbolj je od ultrafiltracije oddaljen Videž, a je vzorec tamkajšnje vode skoraj brez sprememb.

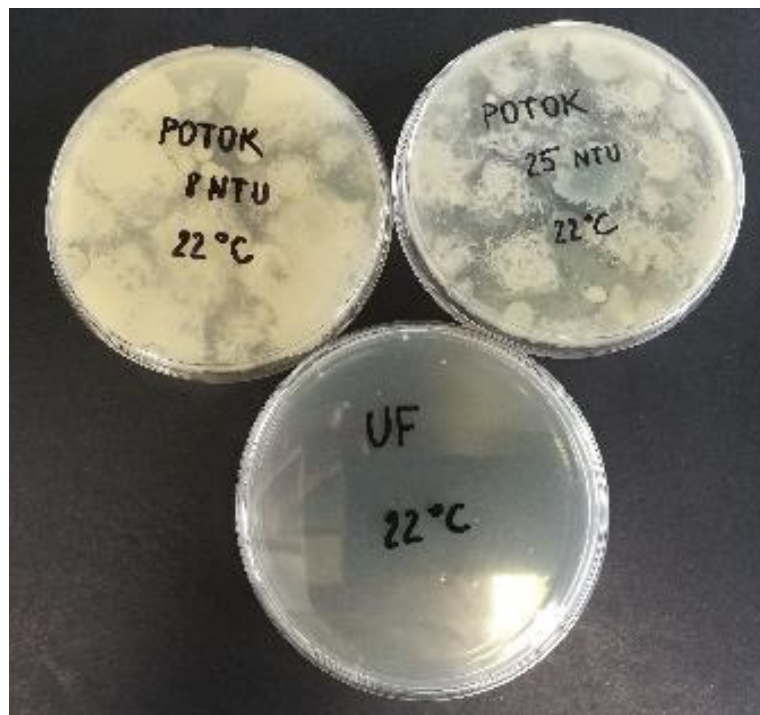
Slike 37-40 prikazujejo število kolonij na agarnem gojišču iz 3. dela tretjega poskusa in iz 4. poskusa (glej tabeli 11 in 12).



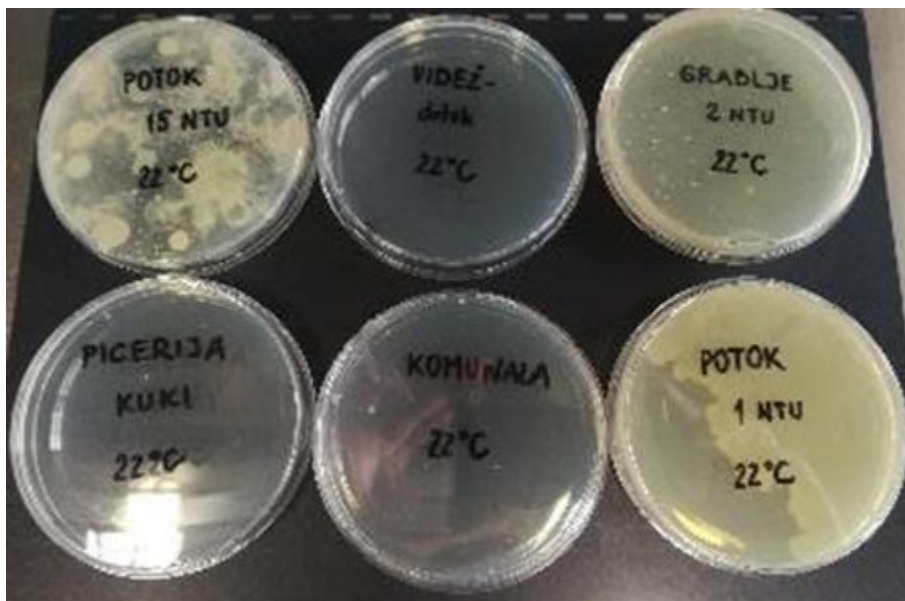
Slika 37: Število bakterijskih kolonij pri šestih različnih vzorcih po 48-urni inkubaciji na 36°C (Vir: lastni)



Slika 38: Število bakterijskih kolonij pri treh različnih vzorcih po 48-urni inkubaciji na 36°C
(Vir: lastni)



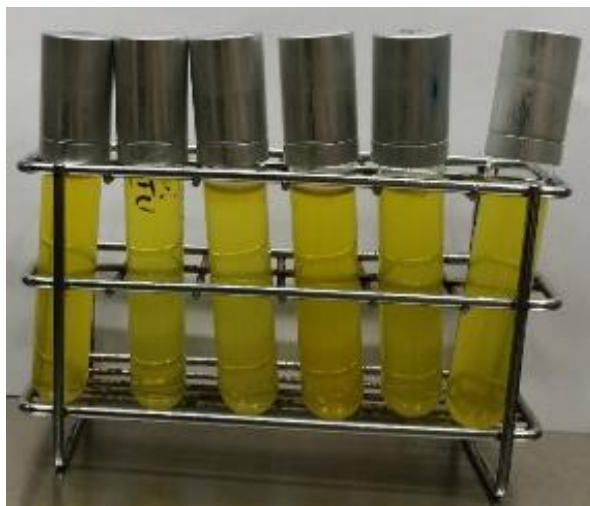
Slika 39: Število bakterijskih kolonij pri treh različnih vzorcih po 72-urni inkubaciji na 22°C
(Vir: lastni)



Slika 40: Število bakterijskih kolonij pri šestih različnih vzorcih po 72-urni inkubaciji na 22°C (Vir: lastni)

Število bakterij je večje z oddaljevanjem od Vodarne, kar je razvidno že iz vzorcev Komunale in Picerije Kuki. Hipotezo o večji številčnosti bakterij z oddaljevanjem odjemnih mest od postopka ultrafiltracije in dezinfekcije lahko **potrdimo**. Vodohran Videž je v tem primeru izjema, saj je vzorec tamkajšnje vode skoraj enak z vzorcem odvzetim po ultrafiltraciji, čeprav je najbolj oddaljen od tega postopka. Voda v vodohran priteka na principu prostega vtoka vode. Cev je odprta, zato se na iztočnem mestu ne ustvarja tlak. Prav tako v vodohranu ni interne instalacije, ki bi lahko bila vzrok za zastajanje vode in s tem poslabšanje njene kvalitete. V primeru odvzetih vzorcev na odzemnem mestu pitne vode na Komunali Slovenska Bistrica in Pizzeriji Kuki se pojavi več bakterijskih kolonij zaradi internih vodovodnih instalacij. V piceriji so le-te starejše, zato je tudi kvaliteta vzorca odvzete vode slabša kot pri Komunali, čeprav je odjem vode na obeh mestih stalen (voda ne zastaja).

Slika 41 prikazuje stanje potoka pri 8 NTU po Colilert®-18 metodi. Vseh 10 epruvet (zaradi preglednosti jih je na sliki samo pet) se je obarvalo rumeno, kar pomeni prisotnost koliformnih bakterij. Vse so tudi fluorescirale, kar je potrditvev za prisotnost *E. coli* (slika 42).



Slika 41: Vzorec potok 8 NTU po 18 urah inkubacije pri testiranju prisotnosti koliformnih bakterij (Vir: lastni)



Slika 42: Vzorec potok 8 NTU po 18 urah inkubacije pri testiranju prisotnosti *E. coli* (Vir: lastni)

Hipotezo lahko **potrdimo**, saj je voda iz potoka je vsebovala koliformne bakterije in *E. coli*, vzorec iz Picerije Kuki pa je bil popolnoma ustrezen. Bistriški potok teče po kmetijskih površinah, zato je prisotnost prej omenjenih bakterij razumljiva. Ker se *E. coli* nahaja v živalskih in človeških iztrebkih, se z gnojenjem njiv in polj blato z deževjem izpira v potok. Od desetih vzorcev jih je bilo kar 9 pozitivnih za prisotnost koliformnih bakterij in *E. coli*, zato lahko s pomočjo tabele 2 določimo MPN na 2,3 bakterij/100 mL. Zaskrbljujoče je, da je to število tako visoko, saj je potok del Bistriškega vintgarja, ki pomembna izletniška točka in naravna znamenitost.

Stanje po ultrafiltraciji in dezinfekciji z NaOCl prikazuje slika 43, in sicer je vzorec vzet pri Pizzeriji Kuki. Tukaj prisotnosti koliformnih bakterij ne zaznamo, prav tako ni *E. coli*, saj vzorci ne fluorescirajo in niso spremenili barve v rumeno. To je pokazatelj učinkovitega delovanja ultrafiltracije in dezinfekcije vodovodnega sistema. Podobne rezultate smo dobili tudi pri metodi prelitja, kjer je kljub ogromnemu številu mikroorganizmov v potoku na začetku, po ultrafiltraciji stanje izboljšano in voda je primerna za pitje.



Slika 43: Vzorec Picerija Kuki po 18 urah inkubacije pri testiranju prisotnosti koliformnih bakterij (Vir: lastni)

3.4. Merjenje prostega aluminija

Pri poskusu smo merili prosti aluminij pri različnem pH vode po dodatku koagulanta.

Tabela 10: Količina prostega aluminija pri različnem pH vzorca vode

1.vzorec surove vode	pH	5,34	6,59	6,96	7,14	7,41
	Al [mg/L]	0,159	0,147	0,124	0,137	0,185
2.vzorec surove vode	pH	4,87	6,52	6,93	7,03	7,32
	Al [mg/L]	1,28	1,17	1,12	1,25	1,61

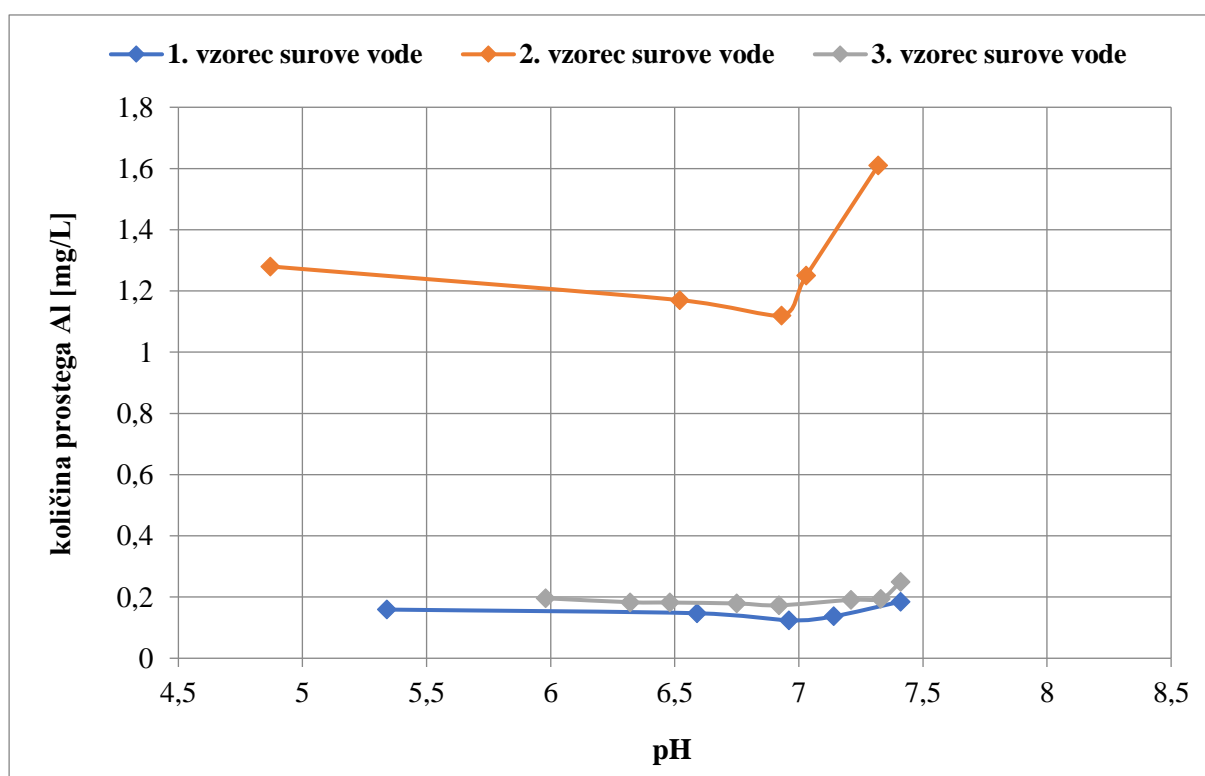
3.vzorec surove vode 0,01 mL koagulanta/ 500 mL vode	pH	5,98	6,32	6,48	6,75	6,92	7,21	7,33	7,41
	Al [mg/L]	0,196	0,183	0,182	0,179	0,173	0,191	0,194	0,249

Spremenljivke pri meritvah:

NEODVISNA SPREMENLJIVKA: pH

ODVISNA SPREMENLJIVKA: količina prostega aluminija

Graf 6: Količina prostega aluminija pri različnem pH vzorca vode (1., 2. in 3. vzorec)



Vode, ki je imela najvišji pH, predhodno nismo nakisali. Ta je znašal 7,43 in prikazuje pH surove vode (vode iz potoka). Iz grafa je razvidno, da je po opravljenem poskusu v tej vodi največ prostega aluminija. Ko smo pH postopno zniževali do 6,96 z dodajanjem HCl, se je količina kovine, ki je ostala neraztopljena v vodi prav tako zmanjševala. Pričakovali smo, da bo količina aluminija vedno manjša, a je po nadaljnem zniževanju pH začela naraščati (glej graf 6).

V drugem delu prvega vzorca ponovno nismo nakisali, vsakemu naslednjemu vzorcu pa smo dodajali HCl. Rezultati so bili podobni kot pri prejšnjem poskusu. Najmanjša količina prostega aluminija se je ustavila pri pH vrednosti 6,93, kar je podobna vrednost kot pri predhodni meritvi. Z nižanjem pH je količina proste kovine ponovno začela naraščati. Krivulja za ta primer je višja od ostalih dveh, saj je bila dodana večja količina koagulanta na manjši volumen vode (glej tabelo 10), zato so vrednosti presegle merilno območje naprave (do 1 mg/L), a je ta uspela zaznati višje vrednosti (glej točko 3.5.4.).

Pri naslednjem poskusu smo si izbrali več vrednosti pH, da bi nastali graf primerjali s prejšnjima in ugotovili, ali je dobljena krivulja podobna. Z nižanjem pH do vrednosti 6,92 je količina prostega aluminija upadala, z nadaljnjim zniževanjem pH pa je ponovno začela naraščati.

Vsem trem predhodnim poskusom je skupno to, da se je količina prostega aluminija res manjšala z nižanjem pH, a le do določene vrednosti. Izračunali smo povprečje treh predhodno izmerjenih pH vrednosti, ko je bilo aluminija najmanj in dobila optimalno vrednost, ki se giblje okoli 6,94. Z oddaljevanjem od optimalne vrednosti z nižanjem pH, so se količine aluminija zviševale, a neznatno v primerjavi s količino pri najvišji pH vrednosti, kjer je bilo prostega aluminija največ. Čeprav so v drugem primeru vrednosti prostega aluminija višje, je vsem poskusom skupno to, da se je prosti aluminij, čeprav je kasneje začel ponovno naraščati, do določene vrednosti res zniževal. Hipotezo 4 lahko torej **delno potrdimo**.

Z optimizacijo procesa priprave vode lahko dosežemo pri uporabi aluminijevega koagulanta, koncentracije od 0,1 mg/l do 0,2 mg/l, kar je za zdravje še sprejemljivo. Ker smo meritve izvedli le trikrat za surovo vodo, ki jo uporabljajo v Zgornji Bistrici kot vir pitne vode, nismo uspeli izračunati natančne optimalne pH vrednosti, pri kateri bi koagulant najbolj deloval. Prav tako so pH vrednosti zelo razpršene, med njimi so bile velike razlike. Če bi imeli več vzorcev s pH, ki bi se gibali okoli vrednosti 6,9, ker smo prej ugotovili, da je tukaj aluminija najmanj, bi potem na podlagi manjših razlik med pH vrednostmi lažje določili optimum.

Želeli smo še preveriti, kako bi spreminjanje pH pripomoglo k izboljšanju procesa ultrafiltracije. Opravili smo še en poskus, kjer smo ugotavljali, ali se motnost po dodajanju koagulanta in predhodnem nakisanju vode kako spreminja. Vodo smo nakisali tako, da pH ni

bil preveč nizek, poskušali smo doseči optimalno vrednost, ki smo jo določili v predhodnem poskusu (6,94). Motnosti vzorcev so bile sprva približno enake.

Tabela 11: Sprememba motnosti vzorcev pri različnih pH vrednostih po dodatku 0,20 mL koagulanta

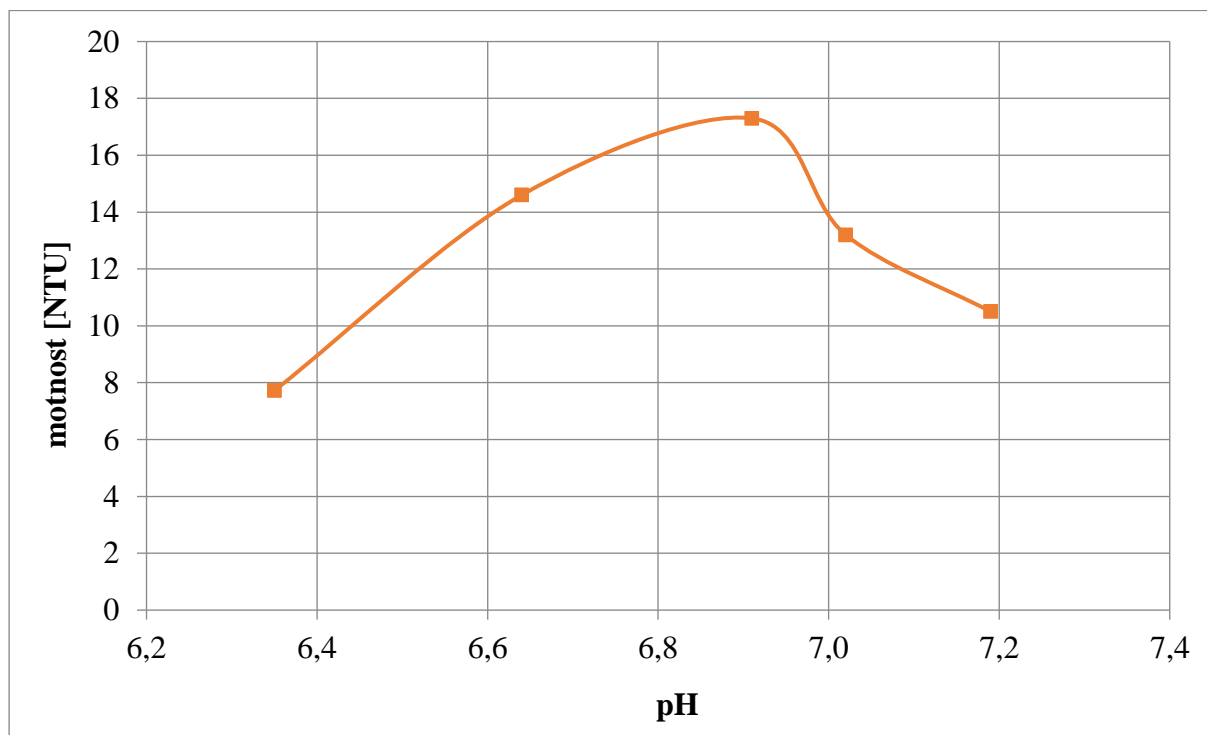
pH	6,35	6,64	6,91	7,02	7,19
motnost ₀	9,42	9,54	9,91	9,15	9,75
motnost _k	7,72	14,6	17,3	13,2	10,5

Spremenljivke pri meritvah:

NEODVISNA SPREMENLJIVKA: pH

ODVISNA SPREMENLJIVKA: motnost

Graf 7: Končna motnost vzorcev pri različnih pH vrednostih po dodatku 0,20 mL koagulanta



V dodanem poskusu smo preverjali, kako se spreminja motnost v povezavi z nižanjem pH. Po nakisanju s HCl in po dodatku koagulanta, smo ponovno izmerili motnost in ugotovili, da je pri (približno) optimalnem pH najvišja. Pri višjih oziroma nižjih pH pa se motnost manjša.

Koagulant naj bi najbolje deloval pri optimalnem pH, ki smo ga določili v prejšnjih poskusih. Če želimo vodo dobro očistiti in pripraviti za nadaljnjo uporabo, je pomembno, da koagulant pred ultrafiltracijo v surovi vodi združi čim več delcev, torej je bolje, če nastane več flokul in se posledično poveča motnost. Iz vode se bo takrat odstranilo več odvečnih snovi, a je to problematično s stališča mašenja membran, saj se bodo zaradi več in večjih delcev/flokul hitreje zamašile in pretok skozi se bo zmanjšal.

Ugotovili smo, da je učinek koagulacije zelo odvisen od pH in pomembno je, da imamo v sistemu ultrafiltracije vneseno optimalno vrednosti pri kateri koagulant najbolje deluje. Poskus je pokazal, da bi bila korekcija pH smiselna, ker je potrebna manjša doza dodanega koagulanta in preostali aluminij v prefiltrirani vodi se zmanjša.

Pitni vodi se glede na zahteve zakonodaje, ki so navedene v Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006, 25/2009, 74/2015, 51/2017), ne sme ničesar dodajati, če le ne gre za pripravo vode. Za izboljšanje delovanja sistema ultrafiltracije v Zgornji Bistrici predlagamo, da bi zmanjšali dodajanje koagulanta, če bi surovi vodi predhodno dodali malo kisline.

Glede na prej izvedene meritve je pH vrednost potoka, ki znaša okoli 7,4, znatno manj primerna kot ostale, predhodno nakisane, zato bi vsako nižanje pH, ki bi se vsaj približalo optimalni vrednosti, pomenilo izboljšanje koagulacije. Dodatki kisline bi kljub pozitivnim učinkom na izboljšanje koagulacije morali biti majhni, saj bi se lahko ob pretiranem kisanju surove vode spremenili njen okus in vonj, zato bi bilo potrebno opraviti testiranje in preverjanje vpliva kisline na kvaliteto vode.

3.5. Ocena uporabljenih metod

3.5.1. Ocena Bactiquant - metode

Metoda je uporabna za določanje števila bakterij v vodnih vzorcih. Je zelo enostavna za uporabo in zanesljiva, a bi lahko izvedbo še izboljšali.

Pred uporabo morajo biti vse komponente segrete na sobno temperaturo, to je okoli 22°C. Tako temperaturo je bilo že od začetka poskusa v laboratoriju sredi zime težko zagotoviti, zato je ta med izvajanjem nihala med 17 in 20°C. Substrat smo pustili učinkovati 30 min, čeprav bi bil potreben daljši čas.

Pri filtraciji vode s pomočjo vakuumske črpalke smo imeli težave z večjimi delci, saj so te zamašile filtre, zato se vsa voda ni uspela prefiltrirati. Težavo smo reševali tako, da smo filtriranje prekinili in odstranjevali problematične delce, kar bi bilo potrebno narediti že na začetku, a smo s tem prekinjali postopek in spreminjali maso vzorcev. Če bi nove podatke za maso vnašali v program za natančen izračun fluorescence, bi prišlo do minimalnih sprememb.

3.5.2. Ocena metode prelitja (ISO-6222:1999)

Število mikroorganizmov smo določali z metodo prelitja, s katero smo potrdili naše hipoteze, vendar bi morali upoštevati več kontroliranih spremenljivk. Ena izmed njih je stalna temperatura, pri kateri smo inkubirali petrijevke. V inkubatorju smo imeli le vzorce pri 36°C, ostale pa smo hranili v prostoru, kjer stalne temperature 22°C ni bilo. Če bi želeli izvedeti realno stanje/število bakterij pri tej temperaturi, bi morali tudi to serijo vzorcev inkubirati.

Težave smo imeli tudi pri dodajanju agarja v petrijevke, saj se je ob prelivanju hitro strjeval, zato površina agarja v petrijevki pri dveh vzorcih ni bila ravna. Prav tako je bilo mešanje 1 mL vzorca pri že na pol strjenem oteženo. Da bi se izognili težavam, bi lahko skuhali več agarja in bi ga bilo lažje prelivati v petrijevke. Pri tem se ne bi tako hitro strjeval in dodatno segrevanje agarja ne bi bilo potrebno.

3.5.3. Ocena metode Colilert® - 18

Z metodo Colilert® – 18 smo uspešno dokazali prisotnost oziroma odsotnost koliformnih bakterij in *E. coli* v vzorcu potoka in pri Piceriji Kuki. Da bi bili rezultati bolj verjetni, bi morali narediti več ponovitev. Odvzeti bi morali več vzorcev po sistemu in bi morda pri nekaterih ugotovili večja odstopanja ali vsaj prisotnost koliformnih bakterij.

Več vzorcev bi lahko odvzeli tudi pri metodi prelitja, kjer smo ugotavljali tudi naraščanje števila mikroorganizmov v sistemu z oddaljenostjo od ultrafiltracije in dezinfekcije. V našem primeru smo hipotezo potrdili le na podlagi dveh vzorcev, saj je bil tretji (VH Videž) izjema.

Verjetno bi ob odvzemu večih vzorcev našli boljše ujemanje ali odstopanje s hipotezo. Za izboljšanje metode prelitja in metode Colilert® – 18 ne bi bilo potrebno odvzeti le več vzorcev, ampak tudi vzorčenje v vseh letnih časih, saj je poleti število mikroorganizmov večje in bi lahko te rezultate primerjali z našimi v zimskem času.

3.5.4. Ocena merjenja prostega aluminija

Pri drugem merjenju (glej graf 8) so bile vrednosti prostega aluminija zelo visoke, saj so presegale vrednost 1,00 mg/L. Okoli te vrednosti se giblje zgornja meja naprave, zato je na napravi pri tem merjenju izpisalo, da so bile vrednosti pri tem poskusu vrednosti že nad merilnim območjem. V napravi je merilno območje nastavljeno na nižje vrednosti, saj se v vodi ne merijo tako visoke količine aluminija, ker te po Pravilniku o pitni vodi ne smejo presegati 200 µg/L. Vzrok za tako visoke vrednosti je bila prevelika količina dodanega koagulanta. Vrednosti prva in tretja meritev so v grafu 8 manjše, saj sem vzela večje posodice in dodala manjše količine koagulanta.

3.5.5. Ocena merjenja motnosti

Merjenje motnosti nam je povzročalo največ težav, saj jo je težko izmeriti, je pa hitro spremenljiva. Ko smo odvzeli vzorce, smo vodo nalili v priložene stekleničke in izmerili motnost. Ta je bila višja, ko smo postopek ponovili, a smo pred nalivanjem v stekleničke vzorec pretresli. Delci, ki motnost povečujejo, so hitro usedljivi, zato smo izbrali enoten način merjenja le-te pri vseh postopkih. Najprej smo plastenko z vzorcem premešali, nato pa vodo takoj nalili v stekleničke. To smo petkrat stresli, počakali dve sekundi in izmerili vrednost.

4. ZAKLJUČEK

Raziskovalnega vprašanja in dokazovanja hipotez smo se lotili z različnimi metodami. Da bi se prepričali o resničnosti hipotez, smo jih večkrat poskušali dokazati na različne načine. Ukvarjali smo se s težavami ob pripravi pitne vode zaradi slabše obvladljivega vodnega vira in z dokazovanjem/preverjanjem splošnih predlogov strokovnjakov, na primer izpiranje vode.

Motnost je parameter, ki se v vodi zelo hitro spreminja, še posebej ob slabem vremenu. Kakšna bo ta v deževnih dneh, je odvisno tudi od mesta vzorčenja. Na določenih mestih v potoku Bistrica, kjer je tok vode miren in se usedljive snovi posedejo, je motnost nizka, zato smo med drugim vzorčili tudi ob brzicah.

Prvo hipotezo, kjer smo napovedali neodvisnost med motnostjo vode in številčnostjo mikroorganizmov glede na članek iz leta 1986, smo ovrgli. Nasprotovanje smo dokazali z metodo Bactiquant na dva načina, prvi je bil z direktnim merjenjem fluorescence pri različnih motnostih, drugi pa po dodatku natrijevega hipoklorita. Tretji način je bil z metodo prelitja, kjer je pri višjih motnostih nastalo več bakterijskih kolonij.

S slednjo metodo smo potrdili hipotezo o učinku dezinfekcije. V vodovodnem sistemu se je z oddaljenostjo vzorčnih mest od postopka priprave pitne vode prosti klor zmanjševal. Število bakterij je bilo zato večje, a ni preseglo mejnih vrednosti, ki so določene za vodovodni sistem, saj je meja za število kolonij pri 22 °C brez običajnih sprememb in pri 37 °C manj kot 100/mL. Izjema je bil vodohran Videž, ker se število kolonij ni bistveno razlikovalo od vzorca ultrafiltracije pred dezinfekcijo. Surova voda je pred ultrafiltracijo in dezinfekcijo vsebovala koliformne bakterije in *E. coli*, v vodovodnem sistemu pa jih ni bilo.

Mikrobiološka slika vode se izboljšuje z izpiranjem. Kadar je uporaba vode prekinjena, lahko pride do njenega zastajanja v hišnem vodovodnem omrežju. Posledično tako v omrežju prihaja do razmnoževanja mikroorganizmov ali izločanja nevarnih snovi iz omrežja v pitno vodo, kar lahko predstavlja tveganje za zdravje uporabnikov, zato NJIZ in druga podjetja priporočajo dvominutno izpiranje vode za ustrezno kvaliteto vode.

Po zgoraj določenem času izpiranja je bila domača voda mikrobiološko ustrezna glede na referenčni vzorec domačega vodovodnega omrežja dvakrat od treh vzorčenj, ugotovili pa smo, da veliko vlogo odigra pogostost uporabe pip v hiši in oddaljenost od javnega vodovodnega omrežja.

V Zgornji Bistrici se soočajo z visokimi vsebnostmi prostega aluminija v vodi po pripravi, zato je bil namen naslednjega poskusa najti rešitev za prej omenjen problem. Delno smo potrdili hipotezo, da je po Pravilniku o pitni vodi pH tisti indikatorski parameter, ki je vplival na količino prostega aluminija. Z nižanjem le-tega se je zniževala tudi količina kovine v vodi, a le do določene vrednosti, ki smo jo poimenovali optimalni pH.

Glede na različne pH vrednosti smo opazovali, kako se je spreminjala motnost po dodatku koagulanta polihidroksialuminijevega klorida v primerjavi z začetno. Voda s pH blizu optimuma je imela najvišjo motnost, zato lahko potrdimo, da ta ugotovitev pripomore k izboljšanju postopka ultrafiltracije, saj je pomembno, da koagulant pred ultrafiltracijo v surovi vodi združi čim več delcev, kar vodi v povečanje motnosti.

5. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Izbrana tema izpolnjuje osnovna načela družbene odgovornosti, saj se ukvarjamo s temo priprave pitne vode, od katere je odvisno naše zdravje in kvaliteta našega življenja. Želimo opozoriti na dejstvo, da so današnji pitni vodni viri težko obvladljivi in polni pomanjkljivosti. Iz tega razloga je surovo vodo potrebno predhodno pripraviti, ji spreminjati lastnosti, da bi bila po pripravi vode čim bolj prijazna uporabnikom. Večji problem se pojavi pri povišani količini prostega aluminija v vodi po postopku priprave pitne vode, kar škoduje zdravju. Tudi povišane motnosti so vzrok večjemu številu bakterij in drugih organizmov v surovi vodi, ki je zaradi bližine kmetijskih zemljišč onesnažena še z *E. coli* in koliformnimi bakterijami. Ta raziskovalna naloga pripomore k potrditvi oziroma ugotavljanju povezave med nekaterimi vodnimi parametri kot sta motnost in število mikroorganizmov ter izboljšanju postopka koagulacije.

6. SEZNAM VIROV IN LITERATURE

AČKO, Uroš. 2010. Membranska pilotna naprava za deionizirane vode [spletni vir]. [Citirano 25. jan. 2018; 14:42]. Dostopno na spletnem naslovu:

<https://dk.um.si/Dokument.php?id=18848>.

BRENČIČ, J. in LAZARINI, F. 2014. Splošna in anorganska kemija [visokošolski učbenik] – 3. izd., 2. natis. – Ljubljana : Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo. ISBN 978-961-6756-24-2.

FIRBAS, Peter. 2004. Kako zdrava je voda : Priročnik za biološki monitoring vode. Ljubljana: ARA Založba. ISBN 961-6005-50-2

HACH. 2017. Turbidity Meter [spletni vir]. [Citirano 20. jan. 2018; 10:11]. Dostopno na spletnem naslovu:

<https://www.hach.com/turbidity-meter/family?productCategoryId=35547372709>

Hydrovod d. o. o. 2017. Priprava vode [spletni vir]. [Citirano 20. sep. 2017; 13:19]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.hydrovod.si/priprava-vode.html>

IDEXX. 2018. Colilert-18 [spletni vir]. [Citirano 3. nov. 2017; 10:11]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.idexx.com/en/water/water-products-services/colilert-18/>

ISO. 1999. ISO 6222:1999 : Water quality -- Enumeration of culturable micro-organisms -- Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium [spletni vir]. [Citirano 3. nov. 2017; 10:11]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.iso.org/standard/28960.html>

ISO. 2005. ISO 8199:2005 : Water quality -- General guidance on the enumeration of micro-organisms by culture [spletni vir]. [Citirano 3. jan. 2018; 16:40]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.iso.org/standard/37011.html>

Komunala Slovenska Bistrica d. o. o. 2012. Navodila za delo : Ultrafiltracija pitne vode Zgornja Bistrica. Slovenska Bistrica.

KRIŽAN, Janja. 2010. Vpliv obratovalnih pogojev na učinkovitost procesa ultrafiltracije oljno-vodnih emulzij [spletni vir]. [Citirano 25. jan. 2018; 14:42]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=15463> .

MAKCMC. 2017. Dezinfekcija, uv, klordioksid, klor [spletni vir]. [Citirano 21. sep. 2017; 14:42]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.mak-cmc.si/Postopek/10/DEZINFEKCIJA-UV-KLORDIOKSID-KLOR>

McCOY, F. W. in OLSON, B. H. 1986. Relationship among turbidity, particle counts and bacteriological quality within water distribution lines – 8. izd. – Volume 20.

mycometer. 2017. Enzyme activity [spletni vir]. [Citirano 3. nov. 2017; 10:11]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.mycometer.com/?id=473>

NIJZ. 2007. Izpiranje vodovodnega omrežja v javnih objektih [spletni vir]. [Citirano 7. jan. 2018; 18:32]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.nijz.si/sl/izpiranje-vodovodnega-omrezja-v-javnih-objektih>

NIJZ. 2014. Opisi indikatorskih parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi [spletni vir]. [Citirano 19. jan. 2018; 15:11]. Dostopno na spletnem naslovu: http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/indikatorski_parametri_0.pdf

NIJZ. 2014. Opisi mikrobioloških parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi [spletni vir]. [Citirano 20. jan. 2018; 10:11]. Dostopno na spletnem naslovu: http://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/datoteke/mikrobioloski_parametri.pdf

NIJZ. 2017. Parametri, ki jih določamo v pitni vodi [spletni vir]. [Citirano 20. jan. 2018; 10:11]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.nijz.si/sl/parametri-ki-jih-dolocamo-v-pitni-vodi>

OKP Rogaška Slatina d.o.o. 2015. Izpiranje internega vodovodnega omrežja po daljši odsotnosti z doma [spletni vir]. [Citirano 3. feb. 2018; 18:32]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.okp.si/pdf-dopisi/2015/Spremni%20dopisi%20vecstanovanjski%20JUNIJ%202015.pdf>

Opinio. 2017. Glavni parametri odpadnih vod [spletni vir]. [Citirano 12. dec. 2017; 22:19]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.opinio.si/vprasanja-odgovori/cistilne-naprave/31-glavni-parametri-odpadnih-vod>

Pravilnik o pitni vodi. 2004. PIS.

University of Massachusetts Amherst [US]. 2018. Table of Solubility Product Constants (K_{sp} at 25°C) [spletni vir]. [Citirano 3. nov. 2017; 10:11]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://owl.oit.umass.edu/departments/Chemistry/appendix/ksp.html>

Wikipedija. 2016. Spektrofotometrija [spletni vir]. [Citirano 4. feb. 2018; 11:12]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Spektrofotometrija>