

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

UČINKOVITOST IZPIRANJA IZBRANIH GAC FILTROV

KARMEN KOVAČ

VELENJE, 2019

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

UČINKOVITOST IZPIRANJA IZBRANIH GAC FILTROV

WASHING EFFICIENCY OF THE SELECTED GAC FILTERS

KARMEN KOVAČ

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: prof. dr. Viktor Grilc

Somentor: Alenka Štramcar, dipl. inž. kem. teh.

VELENJE, 2019

Številka: 726-31/2017-2

Datum: 16. 10. 2017

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Karmen Kovač** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Učinkovitost izpiranja izbranih GAC filtrov.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Washing efficiency of the selected GAC filters.

Mentor: **izr. prof. dr. Viktor Grile.**

Somentorica: **Alenka Štramcar.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani/a Karmen Kovač, študentka visokošolskega strokovnega študijskega programa varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela z naslovom Učinkovitost izpiranja izbranih GAC filtrov, ki sem ga izdelal/a pod

- mentorstvom prof. dr. Viktorja Grilca,
- somentorstvom Alenke Štramcar, dipl. inž. kem. teh..

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela,
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini,
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO,
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO,
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje,
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO,
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Melita Cvikl Delopst, profesorica slovenščine in sociologije,
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO,
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: 23.10.2019

Podpis avtorice: _____

ZAHVALA

Ob tej priložnosti bi se rada zahvalila mentorju prof. dr. Viktorju Grilcu za odlično usmerjanje pri pisanju diplomskega dela.

Največja zahvala gre somentorici Alenki Štramcar iz Komunalnega podjetja Velenje, ki mi je omogočilo opravljanja študijske prakse, kjer sem pridobila nova znanja in izkušnje od nje in njenih sodelavcev.

Posebna zahvala gre tudi mojim najbližjim, ki so mi ves čas stali ob strani in me spodbujali na poti mojega šolanja.

IZVLEČEK

Z večanjem števila prebivalstva na našem planetu se večja tudi potreba po večjih količinah pitne vode. V ta namen je Komunalno podjetje Velenje v zadnjih šestih letih zgradilo tri naprave za pripravo pitne vode (NPPV), in sicer NPPV Grmov vrh, NPPV Mazej in NPPV Čujež. Na napravah se uporabljajo najnovejše metode priprave pitne vode. Pri praktičnem usposabljanju leta 2016 sem se v omenjenem podjetju osredotočila na izpiranje GAC filtrov na NPPV Grmov vrh. Z večanjem obremenjenosti filtra z organskim materialom se manjša njegova učinkovitost, kar lahko privede do slabše kakovosti pitne vode. Za kakšne razlike v učinkovitosti delovanja filtrov pred in po izpiranju gre, bom predstavila v diplomskem delu.

Filtre, na katerih sem samostojno izvajala vzorčenje in analize vode, smo izbirali glede na obremenjenost; bolj kot je filter obremenjen, bolj je njegove izpiranje smiselno.

Vzorčenje in analize sem izvajala trikrat tedensko na terenu ter v laboratoriju Komunalnega podjetja Velenje. Pri analiziranju vzorčene vode sem se osredotočila na določanje obarvanosti vzorcev ter določanje skupnega števila mikroorganizmov v vzorcih, saj ti parametri najbolje pokažejo učinkovitost izpiranja filtrov ter kakovost filtriranja vode. Opravila sem tudi več drugih kemijskih in mikrobioloških raziskav.

Ugotovitve, pridobljene na podlagi danih podatkov, imajo za podjetje velik pomen, saj so dokazale pravilno delovanje GAC filtrov.

KLJUČNE BESEDE: pitna voda, GAC, filtri, učinkovitost izpiranja, Komunalno podjetje Velenje

UDK: 628.1

ABSTRACT

With the increase of human population on our planet, the need for larger quantities of drinking water has also increased. For this purpose, the Komunalno podjetje Velenje (the Velenje Municipal Utility Company) built three drinking water treatment plants (NPPV) in the last six years, namely the NPPV Grmov vrh, NPPV Mazej in NEK Čujež. The treatment plants use the latest methods of drinking water preparation. During the study practice in 2016, I focused on washing out of the GAC filters at the NPPV Grmov vrh. By increasing the load of the filter with organic material, its efficiency decreases, which can lead to lower quality of drinking water. My Graduation Thesis will present the differences in the efficiency of filters before and after the washing.

Filters, on which the water sampling and analysis were performed independently, were selected according to the load: the more loaded the filter, the more rinsing makes sense.

The sampling and analysis were carried out three times a week on the field and in the laboratory of the Komunalno podjetje Velenje. In analysing the water samples, I focused on determining the coloring of samples and the total number of microorganisms in the samples, since these are the best indicators of filter washing efficiency and the quality of water filtration. I also conducted several other chemical and microbiological studies.

The findings obtained on the basis of the given data are of great importance for the company, because they proved that GAC filters were functioning correctly

KEY WORDS: drinking water, GAC, filters, washing efficiency, Komunalno podjetje Velenje

Kazalo vsebine

1. UVOD	1
1.1. OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA.....	1
1.2. NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA.....	3
1.2.1. Namen	3
1.2.2. Cilj.....	3
1.3. HIPOTEZE	3
2. POJMOVNO-TEORETIČNA IZHODIŠČA	4
2.1. ZAKONODAJA V SLOVENIJI.....	4
2.2. KOMUNALNO PODJETJE VELENJE.....	6
2.2.1. Zgodovina oskrbe s pitno vodo v Šaleški dolini	8
2.2.2. NPPV Grmov vrh in NPPV Mazej.....	9
2.2.3. GAC filtriranje na NPPV Grmov vrh in NPPV Mazej in njihovo izpiranje	10
2.3. GAC FILTRI.....	12
2.3.1. Adsorpcija	12
2.3.2. Aktivni ogljik (aktivno oglje)	12
2.3.3. Filtriranje	14
2.3.4. Izpiranje filtra.....	15
3. PRAKTIČNI DEL	16
3.1. MATERIALI IN METODE DELA.....	18
3.1.1. Materiali dela	18
3.1.2. Metode dela.....	18
4. OVREDNOTENJE DOBLJENIH REZULTATOV	23
4.1. Rezultati vzorčenja pred in po izpiranju	23
4.2. Rezultati vzorčenja med izpiranjem	28
5. RAZPRAVA	32
6. POVZETEK.....	34
7. SUMMARY	35
LITERATURA IN VIRI	36
PRILOGE.....	1

KAZALO SLIK

Slika 1: Pregledna karta vodooskrbnega sistema Velenje-Šoštanj-Šmartno ob Paki.....	7
Slika 2: Primerjava kristalne mreže grafita (a) s kristalno mrežo aktivnega ogljika (b)	13
Slika 3: Makropore, mezopore, mikropore in submikropore v granulih aktivnega oglja	14
Slika 4: Vzorčna mesta (obarvana rdeče) na NPPV Grmov vrh	17
Slika 5: Vzorčno mesto 1–9 na NPPV Grmov vrh (GAC3 in GAC4)	17
Slika 6: pH meter	20
Slika 7: Konduktometer	20
Slika 8: Turbidimeter	21
Slika 9: Spektrofotometer	21
Slika 10: Filtriranje vzorca za bactiquant analizo	22
Slika 11: Primerjava učinka čiščenja filtra GAC 1 pri različnih obremenitvi z organskim materialom	33

KAZALO GRAFOV

Graf 1: pH, izmerjen v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh.....	23
Graf 2: Motnost, izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh.....	23
Graf 3: Električna prevodnost, izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh	24
Graf 4: Izmerjene vrednosti SAK pri 254 nm v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh.....	24
Graf 5: Vrednost SŠM pri 22°C, izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh	25
Graf 6: Vrednost SŠM pri 37°C, izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh	26
Graf 7: Vrednost bactiquant izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh.....	26
Graf 8: Učinek filtriranja na NPPV Grmov vrh (vzorci B, C in D).....	27
Graf 9: Učinek čiščenja na NPPV Grmov vrh (vzorec C).....	28
Graf 10: Obremenitev filtrov pred izpiranjem na NPPV Grmov vrh	28
Graf 11: Količina usedenih snovi v vzorcih, odvzetih med izpiranjem na NPPV Grmov vrh ..	29
Graf 12: Vrednosti pH izmerjene v vzorcih, odvzetih med izpiranjem na NPPV Grmov vrh ..	30
Graf 13: Motnost izmerjena v vzorcih, odvzetih med izpiranjem na NPPV Grmov vrh	30
Graf 14: Prevodnost izmerjena v vzorcih, odvzetih med izpiranjem na NPPV Grmov vrh.....	31
Graf 15: SAK pri 254 nm pred in po izpiranju filtrov na NPPV Grmov vrh.....	32

KAZALO TABEL

Tabela 1: Fizični kazalci vodooskrbnega sistema v letu 2016	7
Tabela 2: Število oskrbovanih prebivalcev	7
Tabela 3: Specifikacije aktivnega oglja Hydrffin CC 8x30.....	11
Tabela 4: Kriteriji za avtomatsko povratno izpiranje GAC filtrov	11
Tabela 5: Izmerjene vrednosti SAK pri 436 nm v vzorcih (A, B, C, D) odvzetih na NPPV Grmov vrh.....	25
Tabela 6: Mikrobiološka dejavnost na posameznem stekelcu	31

RAZLAGA KRATIC

IVZ – Inštitut za varovanje zdravja Republike Slovenije

NPPV – naprava za pripravo pitne vode

LHPS – predpriprava vode z visoko zmogljivim lamelnim usedalnikom (koagulacija, flokulacija, sedimentacija)

GAC – granuliran aktivni ogljik (Granular)

PAC – aktivni ogljik v prahu (Powdered Activated Carbon)

SŠM – skupno število mikroorganizmov

SAK – spektralni adsorpcijski koeficient

EBCT – kontaktni čas (empty bed contact time)

BQ – bactiquant

1. UVOD

1.1. OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

»Voda je naravna dobrina, ki pogojuje človekov obstoj in zdravo življenje, je življenjskega pomena za vsa živa bitja, hkrati je ključnega pomena tudi za gospodarski razvoj. Pitna voda je še posebej dragocena – je naše naravno bogastvo in ponos. Je neprecenljiva in nenadomestljiva dobrina, ki jo uporabljamo pri vsakodnevnih opravilih. Žal se njenega bistvenega pomena za kvaliteten vsakdan zavemo šele takrat, ko tega udobja nimamo na voljo (Čista in ..., 2015).«

Ljudje so se že od pradavnine dalje naseljevali ob vodah, kar nakazuje na našo odvisnost od zalog pitne vode, to je vodilo do razvoja zdravstvene hidrotehnične infrastrukture. Ker se je že v starem veku pokazalo, da bližnji vodni viri ne zadoščajo zadostne oskrbe za širjenje mest ali pa so po kakovosti neustrezni, so začeli iskati vodne vire v večji oddaljenosti od mesta ter jih privedli do naselja. Prvi vodovod je bil zgrajen že v 7. st. pr. n. š. v Ninivah, meril je 17 km (Panjan, 2002 - 3). »Prve vodovode v novem veku so zgradili v Londonu (1582), Parizu (1606), Moskvi (1633), Berlinu (1853), v Ljubljani pa 1890. Kanalizacijska omrežja so začeli graditi precej pozneje (Panjan, 2002 - 6).«

»Eden prvih aktov s področja zdravstvene hidrotehnične je »Bill of Sewers« (kanalščina) v Angliji iz leta 1531 (Panjan, 2002 - 4).«

Dobava pitne vode ni pomembna le za zdravje človeške skupnosti, ampak tudi za obstanek industrije in kmetijstva. Potrebe po pitni vodi se spreminjajo glede na kulturo, klimo in ekonomsko stanje. »Največji pomen vode za ljudi, naselja in še posebej mesta, kot tudi za vso skupnost oziroma posamezno državo, je tako:

- Za posameznika:
 - Kot živilo za osnovne fiziološke potrebe (pitje, prehrana),
 - Kot higiensko sredstvo (umivanje, kopanje, pomivanje, pranje itd.).
- Za skupnost:
 - Za higieno in zdravstveno varnost (izgradnja vodovodnih in kanalizacijskih sistemov – odvod odpadnih voda),
 - Poplavno varnost (izgradnja kanalizacijskih sistemov – odvod padavinskih voda),
 - Za industrijo (oskrba s tehnološko in pitno vodo),
 - Turizem, šport in rekreacijo (zaščita voda),
 - Za energetiko (izgradnja HE),
 - Za kmetijstvo (namakanje),
 - Za plovbo (kanali),
 - Obrambno varnost (predvsem v preteklosti za obrambo mest ali utrjenih obzidij),
 - Estetski videz (vodnjaki, vodometi, bajerji, urejena obrežja rek, jezer in morja) (Panjan, 2002 - 12).«

»Ker imamo vedno večje potrebe za pitno vodo in ker so zaloge podtalnice omejene, se bo za pitje vedno bolj uporabljala tudi površinska voda; (t. j. voda, v katero je največkrat speljana odpadna voda) (Panjan, 2002 - 12).«

»Velika in srednja oskrbovalna območja v Sloveniji, ki oskrbujejo po več kot 1000 ljudi (85 % prebivalcev), imajo praviloma ustrezno kakovost pitne vode. Od tega se petina prebivalcev oskrbuje s pitno vodo, za katero priprava ni potrebna. Iz zdravstveno preventivnega vidika so v splošnem najbolj neurejena mala oskrbovalna območja, ki oskrbujejo po 50–1000 prebivalcev (zlasti s 50–500 prebivalcev), saj so v velikem deležu fekalno onesnažena, podobno tudi oskrbovalna območja s površinsko vodo, med katere, z vidika tveganja za zdravje, prištevamo kraške vire pitne vode (Arso, 2018).« Vodne zaloge so odvisne od padavin, ko količina padavin upada, upadajo tudi zaloge pitne vode in v primeru hude suše

lahko padejo do ničle. Da lahko zagotavljamo zadostne zaloge pitne vode čez celo leto, je potrebno skrbno upravljanje z viri (Gray, 2008 - 78, 79).

Potreba po organizirani dobavi pitne vode se v svetu večja iz dneva v dan. Zato je potrebna gradnja zahtevnih komunalnih infrastruktur, kar je izredno draga investicija, tega si povsod v svetu ne morejo privoščiti. Poleg tega je potrebno upoštevati nezmožnost najdbe zadostnega vodnega vira oziroma zadostno količino pitne vode za oskrbo večjega števila prebivalcev izbranega območja. Prav tako je potrebno upoštevati obratovalne in amortizacijske stroške ter težave pri vzpostavitvi uspešne komunalne službe.

V Sloveniji je registriranih preko 50 podjetij, ki se ukvarjajo s komunalno dejavnostjo. Vsa podjetja na območju naše države so v letu 2016 skupno dobavila 161.821.000 m³ iz javnega vodovoda, samo za gospodinjstva 78.362.000 m³ (Statistični urad, 2018).

Na območju Komunalnega podjetja Velenje je bilo v letu 2016 dnevno porabljenih 187 litrov pitne vode na osebo (vključno z industrijo,) kar na leto znese 68.442 litrov (68,442 m³) pitne vode na osebo in skupno 3.069.897 litrov vode letno (Komunalno podjetje Velenje 1, 2017). Iz tega izračuna je razvidno, da Komunalno podjetje Velenje dobavlja 1,9 % pitne vode v Sloveniji.

Za doseganje visoke kvalitete pitne vode so potrebne kontrolne meritve na vseh točkah njene dobavne verige. Začne se z zajetjem in zaščito vodnih virov, nadaljuje z obdelavo vode, skladiščenjem in distribucijo (Gray, 2008 - 37). Z namenom zagotavljanja kakovostne pitne vode je Komunalno podjetje Velenje je v zadnjih 5-ih letih zgradilo tri nove naprave za pripravo pitne vode, in sicer Naprava za pripravo pitne vode Grmov vrh, Naprava za pripravo pitne vode Mazej in Naprava za pripravo pitne vode Čujež.

Vzdrževanje visoke kvalitete pitne vode je zelo drago in lahko skozi čas postane nepotrebno, če je ugotovljeno, da ne ogroža človeških življenj. Zato morajo biti standardi pitne vode kompromis med stroški in tveganjem do potrošnikov in okolja (Gray, 2008 - 37).

»Voda za pitje mora zadoščati določenim standardom, med katerimi so najpomembnejši, da mora biti temperatura od 7 do 12°C, mora biti brez barve, vonja in okusa, mora biti nevtralna (pH med 6,5 in 9,5) imeti mora določeno trdoto (od 5 do 15 stopinj nemške trdotne skale, ki znaša 10 mg CaO/stopinjo), mora biti kemično, biološko in bakteriološko neoporečna (Panjan, 2002 - 13).«

Najmanjša pogostost vzorčenja in analiz za spremljanje skladnosti vode z zakonom je določena v pravilniku o pitni vodi (priloga I.). Večje velikosti kot je vodooskrbna naprava oziroma večje količine vode, potrebne za distribucijo dnevno, večje je število fizikalno-kemijskih, bakterioloških in bioloških analiz (Panjan, 2002 - 14).

Ker v naravi nimamo vedno primerne vode za pitje, jo moramo pripraviti. »Pripravo vode izvajamo s:

- Popravo pH (nevtralizacija),
- Popravo trdote (dekarbonizacija), vonja in okusa (adsorpcija),
- Prezračevanjem in razplinjanjem (zaradi prevelike količine Fe in Mn),
- Kloriranjem, ozoniranjem, (razkuževanjem),
- Stabilizacijo za preprečevanje korozije (Panjan, 2002 - 37).«

Že od nastanka ljudske vrste je človek ocenjeval čistočo vode glede na njen okus in vonj. Okus in vonj izzovejo različni faktorji, v glavnem organske snovi, prisotne v naravi. Najpogosteje so to gnilo rastlinstvo, alge in industrijske kemikalije. Drugi faktorji so lahko: žveplo, kovine in soli. Organske snovi so bolj pogoste v površinskih vodah, ostali faktorji pa v podzemnih vodah (Stanojević, 2009 - 381). Viri pitne vode se lahko z organskimi snovmi onesnažijo na več načinov: industrijski in kmetijski izlivi v vodo ali ponikanje v podtalnico, odtekanje iz cest in betonskih območij, industrijske odplake, gospodinske odplake, pomešane v dežju, odtekanje iz industrijskih in domačih odlagališč (Gray, 2008 -137).

Vodo, ki je onesnažena do te mere, da le osnovna priprava ne zadošča, moramo dodatno očistiti. Torej takrat, kadar organoleptične lastnosti, suspendirani parametri, mikrobiološki parametri in fizikalno-kemijski parametri presegajo s predpisi dogovorjene meje (Panjan, 2002 - 41).

»Za čiščenje pitnih vod uporabljamo naslednje postopke:

- Flokulacija (s predhodnim dodajanjem kemijskih snovi – koagulantov),
- Usedanje,
- Filtriranje (počasi, hitro),
- Adsorpcija na ogljikovih filtrih,
- Dezinfekcija vode s kloriranjem, z ozoniranjem ali obsevanjem z ultravijolično svetlobo (Panjan, 2002 - 41).«

Pri pripravi pitne vode se za odstranjevanje razgrajenih organskih snovi, pesticidov, herbicidov in insekticidov pogosto uporablja aktivno oglje, skupaj z ostalimi predelovalnimi procesi (Čistilna naprava, 2014 - 62).

Aktivno oglje je unikaten in vsestranski adsorbent, ki se uporablja v glavnem za odstranjevanje nezaželenega vonja, barve, okusa ter drugih organskih in anorganskih nečistoč iz gospodinjstev in industrijskih odpadnih vod, pitnih vod ter za čiščenje zraka v poseljenih prostorih, restavracijah, prehrabnih in kemični industriji (Bansal, Goyal, 2005 - 1).

1.2. NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA

1.2.1. Namen

Namen diplomskega dela je preveriti učinkovitost izpiranja filtrov z aktivnim ogljem na Napravi za pripravo pitne vode Grmov vrh. Želeli smo torej ugotoviti, kakšen je učinek izpiranja GAC filtrov oziroma če učinek čiščenja sploh obstaja. Prav tako nas je zanimalo, kako hitro se GAC filter po izpiranju ponovno zapolni z organskimi snovmi in se tako zopet zmanjša učinkovitost filtriranja.

1.2.2. Cilj

Glavni cilj je ugotoviti, kakšna je razlika v učinku čiščenja pitne vode, kadar je filter najbolj obremenjen in po izpiranju le-tega.

Poleg tega cilja sem si zadala tudi več manjših:

- Spremljati čiščenje pitne vode čez celoten cikel,
- Spremljati GAC filtre skozi njihov proces,
- Spoznati prednosti in slabosti tega načina čiščenja pitne vode,
- Ugotoviti morebitne potrebe po spremembi sistema/načina čiščenja.

1.3. HIPOTEZE

1. Periodično čiščenje GAC filtrov je nujno potrebno, saj se s tem odstranijo organske snovi iz filtra, s tem se poveča tudi učinek filtriranja in podaljša življenjska doba filtrov.
2. GAC filtri na NPPV Grmov vrh takoj po izpiranju delujejo bolj učinkovito kot pred izpiranjem le-teh.
3. Učinek izpiranja je pri bolj obremenjenih GAC filtrih večji kot pri manj obremenjenih z organskimi snovmi.

2. POJMOVNO-TEORETIČNA IZHODIŠČA

2.1. ZAKONODAJA V SLOVENIJI

V Sloveniji imamo kar nekaj zakonske podlage na področju pitne vode: Pravilnik o pitni vodi, Pravilnik o oskrbi s pitno vodo, Pravilnik o naravni mineralni vodi, izvirski vodi in namizni vodi, Pravilnik o merjenju radioaktivnosti v pitni vodi, Uredba o oskrbi s pitno vodo; prav tako se tega področja dotikata Zakon o vodah, Zakon o zdravstveni ustreznosti živil in izdelkov ter snovi, ki prihajajo v stik z živilii.

Glavno zakonsko določilo na področju pitne vode je Pravilnik o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17). Pravilnik je izdalo Ministerstvo za zdravje v skladu z Direktivo Sveta 98/83/ES z dne 3. novembra 1998 o kakovosti vode, namenjene za prehrano ljudi, v veljavo pa je vstopil 16. 3. 2004. Do današnjega dne je bil Pravilnik o pitni vodi spremenjen/dopolnjen že 6-krat, nazadnje 19. 9. 2017. Tukaj so določene zahteve, ki jih mora izpolnjevati pitna voda z namenom varovanja zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zaradi onesnaženja pitne vode.

V Pravilniku o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17) je pitna voda opredeljena kot:

1. » Voda v njenem prvotnem stanju ali po pripravi, namenjena pitju, kuhanju, pripravi hrane ali za druge gospodinjske namene, ne glede na njeno poreklo in ne glede na to, ali se dobavlja iz vodovodnega omrežja sistema za oskrbo s pitno vodo, cistern ali kot predpakirana voda;
2. Vsa voda, ki se uporablja za proizvodnjo in promet živil (Pravilnik o pitni, 2017).«

Na podlagi zgoraj omenjenega pravilnika je pitna voda zdravstveno ustrežna, kadar:

1. » Ne vsebuje mikroorganizmov, parazitov in njihovih razvojnih oblik v številu, ki lahko predstavlja nevarnost za zdravje ljudi;
2. Ne vsebuje snovi v koncentracijah, ki same ali skupaj z drugimi snovmi lahko predstavljajo nevarnost za zdravje ljudi;
3. Je skladna z zahtevami, določenimi v delih A in B Priloge I, ki je sestavni del tega pravilnika (Pravilnik o pitni, 2017).«

V prilogi I. so v delu A predstavljene mejne vrednosti mikrobioloških parametrov, v delu B mejne vrednosti kemijskih parametrov, v delu C pa mejne vrednosti indikatorskih parametrov.

Skladnost in zdravstveno ustrežnost pitne vode mora zagotavljati upravljavec sistema za oskrbo vode, zagotovljena mora biti:

1. » Na pipah oziroma mestih, kjer se voda uporablja kot pitna voda,
2. V objektih za proizvodnjo in promet živil: na mestih, kjer se voda uporablja v proizvodnji in prometu živil,
3. V objektih za pakiranje pitne vode: na mestu, kjer se voda pakira,
4. V primeru oskrbe s pitno vodo s cisternami, na mestu iztoka iz cisterne (Pravilnik o pitni, 2017).«

Notranji nadzor

Upravljavec je dolžen izvajati notranji nadzor, ki mora biti vzpostavljen na osnovah HACCP sistema, kar omogoča prepoznavanje mikrobioloških, kemičnih in fizikalnih agensov, ki lahko predstavljajo potencialno nevarnost za zdravje ljudi, izvajanje potrebnih ukrepov ter vzpostavljanje stalnega nadzora na tistih mestih (kritičnih kontrolnih točkah) v oskrbi s pitno

vodo, kjer se lahko pojavijo tveganja lahko. Izvaja ga v skladu s predpisi, ki urejajo zdravstveno ustreznost živil.

Spremljanje (monitoring)

Nosilec monitoringa (preverjanja, ali pitna voda izpolnjuje zahteve tega pravilnika) je Zavod za zdravstveno varstvo Maribor. Za izvajalca monitoringa, Minister, pristojen za zdravje, izmed javnih zdravstvenih zavodov, ki imajo laboratorij za mikrobiološka in kemijska preskušanja pitne vode, akreditiran v skladu s standardom SIST EN ISO/IEC 17025, imenuje tisti javni zdravstveni zavod, ki ima največ akreditiranih metod za preskušanje pitne vode. Le-ta pripravi letni program monitoringa vode na podlagi priloge II., ki določa parametre in pogostost monitoringa, oceno tveganja ter metode vzorčenja in mesta vzorčenja.

Raziskovalna dela

»Pred vključitvijo novega vodnega vira v sistem za oskrbo s pitno vodo mora upravljavec najmanj eno leto spremljati skladnost vode vodnega vira (Pravilnik o pitni, 2017).« Kar pomeni, da mora najmanj štirikrat, v približno enakih časovnih intervalih, zagotoviti vzorčenje in preskuse parametrov iz priloge I, Prav tako mora upravljavec pred ponovno uporabo vodnega vira, ki ni bil v uporabi najmanj 6 mesecev, zagotoviti, da se opravi enkratno preskušanje parametrov iz priloge I.

Laboratorijsko preskušanje

»Laboratorijsko preskušanje vzorcev pitne vode za namene notranjega nadzora, katerega rezultati bodo predstavljeni javnosti in v okviru raziskovalnih del, izvajajo laboratoriji, ki:

1. Izpolnjujejo splošna merila za delovanje preskusnih laboratorijev, predpisana po standardu SIST EN ISO/IEC 17025 in

2. Redno sodelujejo v medlaboratorijskih primerjalnih preskusih (Pravilnik o pitni, 2017).« Navodila za odvzem vzorcev pripravi IVZ. Najbolj pomembno je, da se od odvzema, konzerviranja, prevoza in hrambe do začetka preskušanja ohrani enaka kakovost vzorca. Laboratorijsko preskušanje je vezano na prilogo III iz Pravilnika o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17), ki določa metode in značilnosti njihove izvedbe (standardi, merilna negotovost, pravilnost, natančnost, meja zaznavnosti).

Ukrepi za odpravo vzrokov neskladnosti in omejitve uporabe pitne vode

»Kadar se v okviru izvajanja notranjega nadzora ali monitoringa ugotovi, da pitna voda ni skladna, mora upravljavec nemudoma ugotoviti vzroke neskladnosti in izvesti ukrepe za njihovo odpravo. Ukrepi morajo upoštevati stopnjo prekoračitve mejne vrednosti parametra in potencialno nevarnost za zdravje ljudi (Pravilnik o pitni, 2017).« Uspešnost ukrepov upravljavec dokazuje z laboratorijskim preskušanjem v ustreznem laboratoriju.

»Ne glede na to, ali je prišlo do neskladnosti ali ne, mora upravljavec prenehati z dobavo pitne vode ali omejiti njeno uporabo ali pa sprejeti ukrep, ki je potreben za varovanje zdravja ljudi, če uporaba pitne vode predstavlja potencialno nevarnost za zdravje ljudi.« V tem primeru je upravljalec dolžen takoj obvestiti uporabnike in jim posredovati ustrezna priporočila. Prav tako mora upravljavec v 24. urah obvestiti ZIRS, območni zavod za zdravstveno varstvo in IVZ.

Zagotavljanje kakovosti priprave vode, opreme in materialov

»Priprava vode je obdelava vode, s katero se zagotovi njena skladnost in zdravstvena ustreznost (Pravilnik o pitni, 2017).« Ker snovi, ki se uporabljajo za pripravo vode, ne smejo biti v pitni vodi v višji koncentraciji, kot določa ta pravilnik in ne smejo vplivati na zdravje ljudi, ima pri izbiri vode za oskrbo s pitno vodo prednost voda, za katero priprava ni potrebna. Prav tako je pri razkuževanju, kot delu priprave ali distribucije pitne vode, potrebno zagotoviti, da je vsako onesnaženje s stranskimi produkti razkuževanja kolikor mogoče na nizki ravni, ne da bi pri tem ogrožen učinek razkuževanja. Potrebno je uporabljati takšne materiale in snovi, ki so

v stiku s pitno vodo, da na skladnost pitne vode glede fizikalnih, kemijskih ali mikrobioloških lastnosti vplivati ne vplivajo.

Zbirke podatkov in obveščanje

Upravljavec mora zbirati in hraniti podatke o rezultatih laboratorijskih preskusov pitne vode in o skladnosti, ugotovljeni v okviru notranjega nadzora ter jih vsaj enkrat na leto javno objaviti. Poleg tega morajo upravljavci sistemov za oskrbo s pitno vodo pripraviti letno poročilo preteklega leta, ki ga posredujejo IVZ. Z letnim poročilom morajo seznaniti uporabnike preko sredstev javnega obveščanja.

IVZ je upravljavec zbirke podatkov o sistemih za oskrbo s pitno vodo in o skladnosti pitne vode, kar predstavljajo podatki, dobljeni z monitoringom.

Na podlagi teh podatkov IVZ pripravi letno poročilo o pitni vodi za preteklo leto in ga pošlje ministrstvu, pristojnemu za zdravje ter ga objavi na svojih spletnih straneh. Ministrstvo, pristojno za zdravje, poročilo, ki zajema tri koledarska leta, pošlje Evropski komisiji v dveh mesecih od njihove objave.

2.2. KOMUNALNO PODJETJE VELENJE

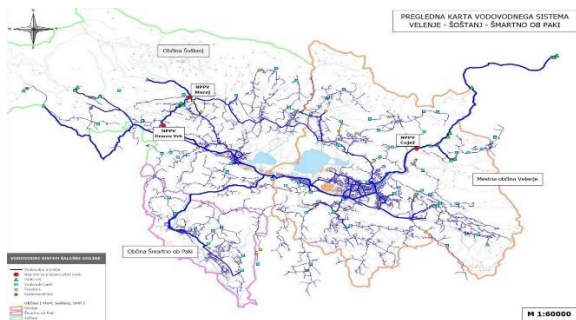
Komunalno podjetje Velenje, p. o., je bilo ustanovljeno leta 1993 v skladu z Aktom o ustanovitvi javnega podjetja Skupščine občine Velenje, leta 1998 se je družba preoblikovala v Komunalno podjetje Velenje, d. o. o.. »Ustanoviteljice družbe in hkrati družbeniki družbe so Mestna občina Velenje, Občina Šoštanj in Občina Šmartno ob Paki (Komunalno podjetje Velenje 2, 2017).«

»Družba oskrbuje uporabnike s komunalnimi dobrinami na območju občin lastnic družbe in opravlja naslednje dejavnosti gospodarske javne službe in dejavnosti, ki so z njo neposredno povezane:

- oskrba s toplotno energijo in hladom,
- oskrba z zemeljskim plinom,
- oskrba s pitno vodo,
- odvajanje in čiščenje komunalne in padavinske odpadne vode,
- pokopališko-pogrebna dejavnost,
- izvajanje inženiringa pri izgradnji objektov ter projektiranje objektov komunalne rabe,
- vzdrževanje omrežja infrastrukturnih objektov in naprav, črpališč, čistilnih naprav,
- administrativne in druge strokovne naloge ter
- druge dejavnosti, ki dopolnjujejo izvajanje gospodarske javne službe (Komunalno podjetje Velenje 2, 2017).«

Dejavnosti PE Komunala

»Osnovni nalogi PE Komunala sta zanesljiva, kvalitetna ter cenovno ugodna oskrba prebivalcev in industrije s komunalnimi dobrinami in storitvami ter širjenje dostopnosti do komunalnih dobrin in storitev z izgradnjo manjkajočih delov omrežja v mestni občini Velenje, občini Šoštanj in občini Šmartno ob Paki ter delih sosednjih občin Polzela, Žalec, Mozirje, Mislinja in Dobrna (Komunalno podjetje Velenje1, 2017).«



Slika 1: Pregledna karta vodooskrbnega sistema Velenje-Šoštanj-Šmartno ob Paki
Vir: Komunalno podjetje Velenje 1, 2017

Tabela 1: Fizični kazalci vodooskrbnega sistema v letu 2016

Vodooskrbni sistem	2016
Skupna dolžina cevovodov v metrih	702.950
Število naprav za pripravo pitne vode (NPPV)	3
Skupna zmogljivost NPPV v l/s	270
Število vodohranov	71
Skupni volumen vodohranov v m ³	14.536
Število črpališč	49
Število razbremenilnikov	13
Število oskrbovanih prebivalcev	43.841
Število vodovodnih priključkov	7.750

Vir: Komunalno podjetje Velenje 1, 2017

Tabela 2: Število oskrbovanih prebivalcev

Občina	Št. vseh prebivalcev	Št. priključenih prebivalcev	Št. ne priključenih prebivalcev	% priključenosti
MO Velenje	32.892	32.498	394	98,8
Občina Šoštanj	8.657	7.922	735	91,5
Občina Šmartno ob Paki	3.305	2.790	515	84,4
Skupaj	44.854	43.210	1.644	96,3

Vir: Komunalno podjetje Velenje 1, 2017

Tehnologije in nadzor

»Služba za tehnologije in nadzor v podjetju izvaja nadzor nad tehnologijo v procesih priprave pitne vode, čiščenju odpadne vode in pripravi hladilne in systemske vode. V sklopu službe deluje tudi tehnološki laboratorij, v katerem se izvajajo analize za potrebe notranjega nadzora nad kvaliteto pitne vode, tehnološkega monitoringa odpadnih vod in analize systemske ter hladilne vode ter kalibracije prenosnih in on-line merilnikov v podjetju. Izdelujejo se predlogi za izboljšanje tehnologij po posameznih procesih, aktivno se sodeluje pri razvojnih projektih in vzpostavlja stike s potencialnimi naročniki storitev na področju stabilizacije biološkega blata. Prav tako se za zunanji in notranji trg izvajajo dezinfekcije vodovodnih sistemov (Komunalno podjetje Velenje 3, 2017).«

»Služba za tehnologije in nadzor izvaja naslednje naloge za potrebe podjetja:

- Notranji nadzor nad kvaliteto pitne vode in ogrete pitne vode
- Notranji nadzor nad izvajanjem SHP in sistemom kakovosti HACCP,

- Tehnološki nadzor v fazah priprave pitne vode,
- Tehnološki nadzor v procesu odvajanja in čiščenja odpadnih voda,
- Izvajanje obratovalnega monitoringa odpadnih, podzemnih in izcednih voda,
- Vzorčenje in izvajanje analiz za tehnološke monitoringe za potrebe podjetja,
- Sodelovanje na medlaboratorijskih primerjavah AQUACHECK (International Proficiency Testing for Chemical Analytical Laboratories) in QWAS (Water Analysis Scheme) ter na Kemijskem inštitutu,
- Naročila, spremljanje in nadzor nad izvajanjem zakonsko predpisanih emisijskih monitoringov na področju odpadnih vod in odpadkov,
- Spremljanje zakonodajnih zahtev na vseh področjih delovanja podjetja in apliciranje le teh v delovne procese,
- Kalibracija meril iz II. skupine merilnikov v skladu s standardom ISO 9001,
- Sodelovanje z inšpekcijskimi službami,
- Vzdrževanje standardov ISO 14001, SIST EN ISO/IEC 17025 in sistem kakovosti HACCP,
- Izvajanje notranjih presoj za vse standarde v skladu s Planom notranjih presoj,
- Izvajanje dezinfekcij vodovodnih naprav in objektov za notranje in zunanje naročnike,
- Vodenje razvojnih projektov in izvajanje del za razvojne projekte.
- Pregled delovanja malih čistilnih naprav,
- Možnosti sprejema in obdelave biološko razgradljivih odpadkov,
- Vodenje skupin na ogledih CČN Šaleške doline in naprav za pripravo pitne vode (Komunalno podjetje Velenje 3, 2017).«

2.2.1. Zgodovina oskrbe s pitno vodo v Šaleški dolini

Kratek pregled pomembnih zgodovinskih prelomnic v zgodovini oskrbe s pitno vodo v Šaleški dolini:

- 1928 - sklep mestnega odbora Šoštanj, ki je določil izgradnjo prvega javnega vodovoda iz vodnega vira na Razpodovnikovem posestvu, imenovanega »Tajhtov izvir«, ki je imel takrat izdatnost 7 l/s;
- 1930 - pričeli so z izgradnjo zajetja in cevovodov v dolžini 14 kilometrov ter vodohrana na Gorici s prostornino 150 m³, s pitno vodo so pričeli oskrbovati približno 1700 prebivalcev;
- 1931 – se šteje za uradni začetek delovanja javnega vodovoda, s katerim je gospodarila občina Šoštanj; dokončana so bila vsa dela in je bil izveden tudi kolovdacijski pregled opravljenega dela, obenem pa še posvetitev vrelca;
- 1950 (po II. svetovni vojni) – pričetek javne vodooskrbe v Velenju (v okviru organizacije Rudnika lignita Velenje);
- 1955 - ustanovljeno je bilo prvo komunalno obrtno podjetje v Velenju z imenom VEKO (iz katerega se je kasneje razvilo gradbeno podjetje Vegrad):
- 1961 - delavski svet zadevnega podjetja je februarja sprejel sklep o ustanovitvi Komunalnega podjetja Velenje-Šoštanj s sedežem v Velenju, na Celjski cesti 73 a, ki je začelo uradno poslovati 9. maja leta 1961, ko je bilo vpisano v sodni register Okrožnega gospodarskega sodišča v Celju (Komunalno podjetje Velenje 4, 2017).

»Z izvedbo kohezijskih projektov »Celovita oskrba s pitno vodo v Šaleški dolini« in »Odvajanje in čiščenja odpadnih voda v Šaleški dolini« so dvignili nivo oskrbe s komunalnimi dobrinami na področjih vseh treh občin. Z izvedbo projekta »Celovita oskrba s pitno vodo v Šaleški dolini« so zgradili še manjkajoče dele vodovodnega omrežja in s tem zagotovili skoraj 100-odstotno priključenost uporabnikov na vodovodne sisteme, v treh novih napravah za pripravo pitne vode pa zagotavljajo še zanesljivejše čiščenje pitne vode (Komunalno podjetje Velenje 4, 2017).«

Operacija Celovita oskrba s pitno vodo v Šaleški dolini je bila namenjena učinkoviti oskrbi prebivalstva s kakovostno pitno vodo na območju mestne občine Velenje, občine Šoštanj in občine Šmartno ob Paki, izvajala se je v okviru Operativnega programa razvoja okoljske in prometne infrastrukture za obdobje 2007–2013 (Čista in..., 2015).

»Izvedba operacije je potekala v obdobju 2011–2015 in je vključevala:

- Izgradnjo dveh novih naprav za pripravo pitne vode,
- Obnovo in rekonstrukcijo obstoječe naprave za pripravo pitne vode Grmov vrh,
- Izgradnjo 43,5-km magistralnega in primarnega vodovodnega omrežja,
- Izvedbo sistema za daljinski nadzor s hidravlično analizo (Čista in..., 2015).«

Z dokončanjem operacije so izpolnili naslednje cilje po sklepu Evropske unije:

- »Zagotavljanje varne, zanesljive in trajnostne oskrbe s pitno vodo za približno 45.000 prebivalcev Šaleške doline,
- Povečanje števila prebivalcev, priključenih na omrežje za oskrbo z vodo na območju izgradnje vodovodnega omrežja,
- Zmanjšanje vodnih izgub na manj kot 25 %,
- Zmanjšanje števila prebivalcev, ki so neposredno izpostavljeni neustrezni pitni vodi,
- Medsebojna povezava treh obstoječih sistemov oskrbe z vodo v en integrirani sistem, ki obratuje varneje, učinkoviteje in je v primerjavi z obstoječim tudi cenejši za vzdrževanje (Čista in ..., 2015).«

2.2.2 NPPV Grmov vrh in NPPV Mazej

NPPV Grmov vrh

»Naprava za pripravo pitne vode Grmov vrh deluje od leta 1983 in predstavlja najpomembnejšo vodooskrbno napravo na celotnem sistemu. Na napravi za pripravo pitne vode Grmov vrh se pripravlja pitna voda iz vodnega vira Ljubija, ki je zaradi odprtosti in kraškega izvora podvržen pogostim onesnaženjem (Čista in ..., 2015).«

»Izvir Ljubija je tipičen površinski izvir. Zato prihaja do manjših oz. večjih motnosti. Pri močnejših padavinah motnost pogosto naraste do 100 NTU, v ekstremnih primerih lahko motnost znaša 1000 NTU. Značilno za izvir je mikrobiološko onesnaženje (E-coli, enterokoki, koliformne bakterije, občasno Clostridium perfringens) in prisotnost sestavin iz potoka (listje, pesek) (Tehnološki načrt Grmov Vrh..., 2012 - 5).«

Rekonstrukcijo naprave je bilo potrebno izvesti zaradi tehnološke zastarelosti in dotrajanosti. »Nova naprava za pripravo pitne vode ima kapaciteto čiščenja 120 l/s in uporablja tehnologijo čiščenja po metodi ultrafiltracije (Čista in ..., 2015).«

»Naprava za pripravo pitne vode obsega naslednje objekte:

- Zgradbo za predpripravo pitne vode,
- Zgradbo za glavno pripravo pitne vode,
- Zgradba za elektrotehniko,
- Upravna stavba (Čista in ..., 2015).«

Predpriprava pitne vode

»Predpriprava je izvedena z visoko zmogljivim lamelnim usedalnikom (LPHS).

LPHS je sestavljen iz treh reakcijskih in obdelovalnih con:

- Koagulacijski rezervoar, kjer se dodaja FeCl₃ in se tvorijo mikroflokule,
- Flokulacijski rezervoar za tvorbo usedalnih flokul,

- Lamelni usedalnik (Tehnološki načrt Grmov Vrh..., 2012 - 9).«

Filtracija z aktivnim ogljem

»Filtracija prečiščene vode poteka preko 4 GAC filtrov, kjer ima vsak filter površino 12,5 m² (premera 4,0 m). Višina filtra je 1,8 m. Pri maksimalnem toku je hitrost vode skozi filter 10,4 m/h, kontaktni čas (EBCT – empty bed contact time) pa 10,4 min (Čistilna naprava..., 2014 - 59).«

Ultrafiltracija

Kot zadnja faza čiščenja vode na NPPV Grmov vrh se uporablja membranska filtracija, skozi polprepustno membrano, ki ima velikost por 0,02 mikrometra. Ultrafiltrirne membrane so nameščene v INGE Dizzer enote z navpično postavitvijo. Ploščina ene enote je 60 m² (Čistilna naprava ..., 2014 - 63). Na NPPV Grmov vrh obratuje 96 enot.

»Ultrafiltracija dosega izredno dobre učinke, saj iz vode odstrani parazite, bakterije in viruse ter koloidne snovi in frakcije visoko molekularnih organskih snovi v vodi, zato tako prečiščena voda ohranja prvotni, naravni okus (Čista in ..., 2015).«

NPPV Mazej

Novo zgrajena naprava za pripravo pitne vode Mazej, s kapaciteto čiščenja 30l/s, zagotavlja nemoteno oskrbo s pitno vodo na območju naselij Topolšica in Lom ter severnega območja Šaleške doline do Škal in Hrastovca (velenjsko pojezerje). Pitna voda, ki je pripravljena na tej NPPV, izvira iz kakovostno spremenljivega vodnega vira Mazej (Čista in ..., 2015).

»Z izgradnjo večjega in višje lociranega rezervoarja Topolšica ter povezovalnega cevovoda so se na navedenem območju zagotovile ustrezne tlačne karakteristike, bistveno se je povečala požarna varnost območja, intenzivno razvijajočem naselju Topolšica pa so se zagotovile možnosti za nadaljnji turistični razvoj (Čista in ..., 2015).«

Tehnologiji priprave pitne vode na napravi za pripravo pitne vode Mazej sta:

- Filtracija skozi aktivno oglje

»Filtracija prečiščene vode poteka preko 2 GAC filtrov, kjer ima vsak filter površino 12,5 m² (premera 4,0 m). Višina filtra je 1,8 m. Pri maksimalnem toku je hitrost filtracije 10,4 m/h, kontaktni čas (EBCT – empty bed contact time) pa 10,4 min (Čistilna naprava..., 2014 - 59).«

- Ultrafiltracija

Kot zadnja faza čiščenja vode se tudi na NPPV Mazej uporablja membranska filtracija skozi polprepustno membrano, ki ima velikost por 0,02 mikrometra. Ultrafiltrirne membrane so nameščene v INGE Dizzer enote z navpično postavitvijo. Ploščina ene enote je 60 m² (angleška navodila, str.63/80). Na NPPV Mazej obratuje 24 enot.

2.2.3. GAC filtriranje na NPPV Grmov vrh in NPPV Mazej in njihovo izpiranje

Na NPPV Grmov vrh in NPPV Mazej se uporablja zrnasto aktivno oglje Donau Carbon Hydriffin CC8x30. Hydriffin CC8x30 je zrnasto aktivno oglje iz kokosovih lupin izjemne trdote z visoko adsorpcijsko kapaciteto za široko paleto spojin (Čistilna naprava ..., 2014 - 62). »Zadostuje zahtevam za odstranjevanje substanc iz vode po evropskem standardu EN 12 915 in ga lahko uporabljamo za pripravo pitne vode (Čistilna naprava ..., 2014 - 62).«

Tabela 3: Specifikacije aktivnega oglja Hydrffin CC 8x30

Granulacija (mreža)	8x30 (0,6 – 2,36 mm)
Nasipna gostota (kg/m ³)	480 ± 30
Vsebnost vlage (%)	<5
Vsebnost pepela (%)	<4
Vsebnost joda v gramu aktivnega oglja (mg/g)	>1000

Vir: Čistilna naprava ..., 2014 - 62

Izpiranje GAC filtrov

Kriteriji za povratno izpiranje filtrov:

- Izgube zaradi trenja, ki so odvisne od hitrosti pretoka skozi filter (ki je spremenljiva), in je tako parameter, ki ne daje direktne informacije o statusu mehanske zamašitve filtra. Iz tega razloga se računajo specifične izgube zaradi trenja, kjer se upošteva tudi hitrost pretoka skozi filter. Podatek o specifičnih izgubah zaradi trenja služi kot splošna informacija za določitev izpiranja določenega filtra. Torej takrat, ko specifične izgube presežejo maksimalno dovoljeno vrednost.
- Dosežen maksimalni volumen filtrirne vode.
- Ročno izpiranje, ki ga določi operater (Čistilna naprava ..., 2014 - 65).
- Obremenitev filtra z organskimi snovmi t. j. teža organskega materiala, ki se je adsorbiral na granule aktivnega ogljika v filtru. Obremenitev je izražena v kilogramih in se meri od zadnjega izpiranja filtra dalje. Izračunamo jo tako, da teži obremenjenega filtra odštejemo težo neobremenjenega filtra (t. j. teža granuliranega aktivnega oglja takoj po spiranju).

Tabela 4: Kriteriji za avtomatsko povratno izpiranje GAC filtrov

Avto. izpiranje	Grmov vrh	Mazej
Maks. volumen prefiltrirane vode	18000 m ³	23000 m ³
Maks. obremenitev filtra z organskim materialom	22 kg	9 kg
Tlak	0,25 bar	0,25 bar
Maks. čas delovanja	25000 min	20000 min
Čas mirovanja	480 min	48 min

Vir: WinCC scada sistem

»Povratno izpiranje GAC filtrov se uporablja za obnovitev filtracijske postelje v primeru visoke motnosti, presežen specifičen padec tlaka ali dosežen limit volumna filtracije. Odločitev, kateri filter se bo povratno izpiral, se izvrši glede na prioriteto (Čistilna naprava ..., 2014 - 66).«

»Za povratno izpiranje se uporablja prečiščena voda iz ultrafiltracije, ki je shranjena v bazenih čiste vode (Čistilna naprava ..., 2014 - 72).«

Za nadzorovanje procesov na napravah za pripravo pitne vode uporabljajo WinCC scada sistem, kjer so določeni naslednji koraki izpiranja :

1. Start izpiranja,
2. Praznjenje filtra do kanala za odvod vode,,
3. Start čiščenja z zrakom,
4. Povratno izpiranje z zrakom,
5. Povratno izpiranje zrak voda nizek pretok,
6. Povratno izpiranje zrak voda visok pretok,
7. Odvajanje zraka,
8. Izpiranje,
9. Polnjenje filtra z vodo,
10. Konec izpiranja,

11. Preklop v filtracijo,
12. Filtracija.

Pred vsakim izpiranjem lahko operater izbere le določene korake ali pa vse korake izpiranja. Sama sem se osredotočila na samo izpiranje, tekom katerega so bili odvzeti vzorci 1–8.

»Odpadna voda povratnega izpiranja je zbrana in odvedena iz filtrov v sedimentacijski bazen zunaj čistilne naprave. Sedimentacijski bazen služi kot rezervoar za vodo za izpiranje filtra z aktivnim ogljem. Po spremenljivem zadrževalnem času se bazen izprazni (Čistilna naprava ..., 2014 - 73).«

2.3. GAC FILTRI

2.3.1. Adsorpcija

»Adsorpcija je proces akumulacije snovi iz raztopine na primerni površini. Adsorpcija je proces masnega prenosa, pri katerem se komponenta (sestavina) iz tekoče faze prenese na trdno fazo. Adsorbat je snov, ki se odstranjuje iz tekoče faze na mejno površino. Adsorbent je trdna, tekoča ali plinska faza, v katero se adsorbat akumulira (Roš, Zupančič, 2010 - 182).«

Prednost adsorpcije z aktivnim ogljem kot metode čiščenja vode so:

- Visoka učinkovitost odstranitve organskih snovi,
- Sistemi so prilagodljivi raznolikem pretoku in koncentraciji onesnaževal,
- Odstranjuje hidrofobne organske frakcije (Sillanpaa, 2014).

Slabosti adsorpcije kot metode čiščenja vode so:

- Zahtevana je večkratna regeneracija in delna zamenjava adsorbenta,
- V primerih, ko se adsorbent ne regenerira, ga je potrebno odstraniti, kar povzroča sekundarno onesnaževanje okolja in visoke stroške,
- Zahtevana je predpriprava vode z namenom odstranjevanja suspendiranih delcev,
- Učinkovitost je odvisna od temperature in pH (Sillanpaa, 2014 - 9).

Izvedba adsorpcijskega procesa je odvisna od več faktorjev:

- Kvadratura filtra,
- Povprečne in maksimalne koncentracije adsorbata,
- pH raztopine,
- Temperature,
- Vrsta in količina adsorbenta (Sillanpaa, 2014 - 218).

2.3.2. Aktivni ogljik (aktivno oglje)

Aktivni ogljik je v širšem pomenu izraz, ki vključuje širšo izbiro amorfnih ogljikovih materialov z visoko stopnjo poroznosti in obširno interpartikularno površino (Bansal, Goyal, 2005 - 1).

Adsorpcijske lastnosti ogljikovih materialov (npr. lesno oglje, kostno oglje) so bile znane že tisočletja, vendar se je šele ob začetku dvajsetega stoletja ta vrsta materiala začela izboljševati s posebnimi aktivacijskimi procesi (Worch, 2012 - 12). Egipčani so oglje uporabljali že okrog leta 1500 pr. n. št. kot adsorbent v medicinske namene in kot čistilno sredstvo. Antični Hinduji v Indiji so čistili pitno vodo s filtracijo skozi oglje. Prva industrijska priprava aktivnega oglja se je začela okrog leta 1900 v rafineriji sladkorja (Bansal, Goyal, 2005 - 1). Aktivni ogljik je lahko proizveden iz različnih surovih materialov, ki vsebujejo ogljik, ter z različnimi aktivacijskimi

procesu. Najbolj pogosti surovi materiali so les, lesno oglje, šota, vse vrste premoga in koks, prav tako tudi odvečni material kot npr. kokosove lupine in žagovina (Worch, 2012 - 12).

Za surovi organski material, kot je les, žagovina, šota ali kokosove lupine je nujen predhodni proces karbonizacije (pooglenitve) za preoblikovanje celuloznih struktur v ogljične materiale (Worch, 2012 - 12). Oglje se pripravlja s segrevanjem osnovnega materiala pri rdečem žaru (manj kot 700°C) v kopi za odstranjevanje ogljikovodikov, ob majhni oskrbi s kisikom, ki vzdržuje delno zgorevanje. Karbonizacija ali proizvodnja oglja je v bistvu proces pirolize. Delce oglja se potem aktivira tako, da jih izpostavimo oksidiranim plinom, kot sta para in CO₂ pri visoki temperaturi, med 800 in 900°C. Ti plini razvijejo porozno strukturo v oglju, ki tvori veliko površino (Roš, Zupancič, 2010 - 183).

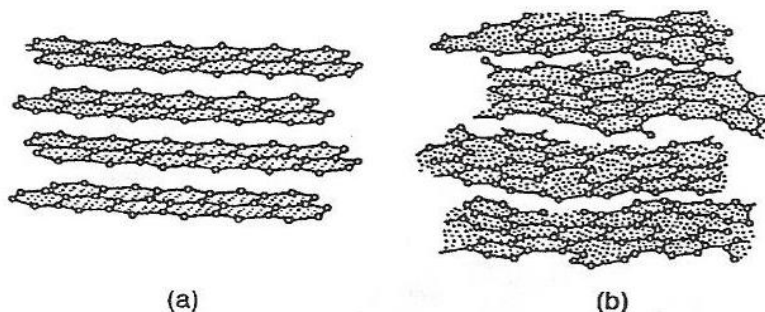
Aktivno oglje se uporablja v dveh različnih oblikah, kot granulirano aktivno oglje (GAC), katerega delci so velikosti med 0,5 in 4 mm in aktivno oglje v prahu (PAC) z delci velikosti <40 µm (Worch, 2012 - 13). GAC ima večjo notranjo površino in manjši premer por, PAC pa večji premer por in manjšo notranjo površino (Bansal, Goyal, 2005 - 1). Različne velikosti delcev so povezane z različno metodo uporabe: reaktorji z goščo za uporabo PAC in reaktor s strnjenim slojem za GAC (Worch, 2012 - 13).

Aktivno oglje ima obširen izbor notranjih kvadratur v razponu od nekaj sto m²/g do več kot tisoč m²/g, kar je odvisno od surovega materiala in uporabljenega aktivacijskega postopka. Notranja kvadratura aktivnega oglja, uporabljenega v postopku priprave pitne vode, je običajno v območju 800–1000 m²/g (Worch, 2012 - 13).

Ogljik je glavna sestavina aktivnega ogljika, saj je le-ta prisoten med 85 in 95 %. poleg tega aktivni ogljik sestavljajo še drugi elementi, kot so vodik, dušik, žveplo in kisik. Ti heteroatomi izhajajo iz surovega materiala ali pa so z ogljikom postali povezani med aktivacijskem procesom in drugimi postopki priprave. Elementarna sestava tipičnega aktivnega ogljika je 88 % C, 0,5 % H, 0,5 % N, 1 % S in 6-7 % O ter anorganske sestavine - pepela (Bansal, Goyal, 2005 - 2).

Kristalna struktura aktivnega ogljika

Aktivni ogljik ima mikro kristalno strukturo, ki se začne graditi med karbonizacijskim postopkom. Kristalna struktura aktivnega ogljika se od grafita razlikuje po razmiku med plastmi, ki pri grafitu znaša 0,335 nm, pri aktivnem ogljiku pa je v območju med 0,34 in 0,35 nm. Različna je tudi orientacija mikro kristalnih slojev, saj so v aktivnem ogljiku manj urejeni. Takšno neurejenost v mikro kristalnih slojih povzroči prisotnost heteroatomov, kot so kisik in ogljik ter kristalne napake mreže, kar pomeni, da je mreža neurejena oziroma obstaja praznina v kristalni strukturi (Bansal, Goyal, 2005 - 3).



Slika 2: Primerjava kristalne mreže grafita (a) z kristalno mrežo aktivnega ogljika (b)

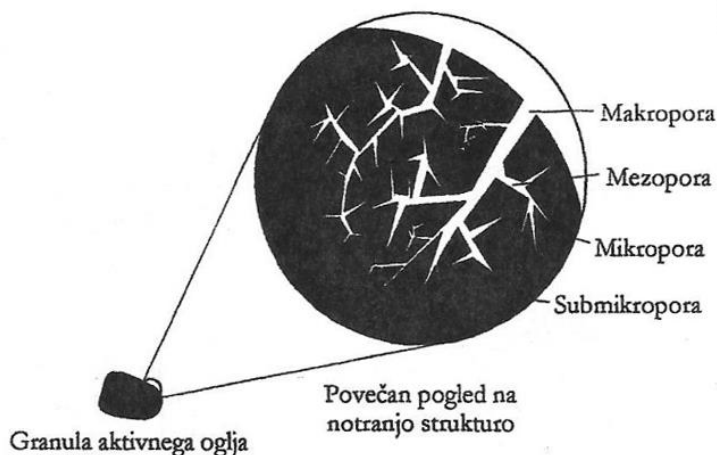
Vir: Bansal, Goyal, 2005 - 3

Ta porozna strukturna oblika, ki se oblikuje med karbonizacijskim postopkom, se skozi aktivacijski postopek še bolj razvije, saj se prostor med elementarnimi kristali očisti ogljičnih

materialov. Aktivacijski proces poveča volumen in razširi premer por. Struktura por in njihova porazdelitev velikosti sta v veliki meri odvisni od narave surovega materiala in načina karbonizacije (Bansal, Goyal, 2005 - 4).

Velikost por definiramo, kot sledi:

- makropore > 25 nm,
- mezopore < 1 nm in < 25 nm,
- mikropore < 1 nm (Roš, Zupančič, 2010 - 183).



Slika 3: Makropore, mezopore, mikropore in submikropore v granuli aktivnega oglja
Vir: Roš, Zupančič, 2010 - 183

Kemična struktura aktivnega ogljika

Motnja v elementarni mikro kristalni strukturi aktivnega ogljika zaradi prisotnosti nepopolnih ali delno zgorelih grafitnih plasti v kristalih povzroči spremembo v postavitvi elektronskih orbital v ogljikovem skeletu, posledično nastanejo poškodovani elektroni in nepopolno nasičene valence, kar vpliva na adsorpcijske sposobnosti aktivnega ogljika, še posebno pri polarnih in polariziranih spojinah (Bansal, Goyal, 2005 - 7).

Organske spojine, ki so prisotne v vodi, so lahko tako polarne kot nepolarne, zato imajo pomembno vlogo tako elektrostatična kot porazdelitvena interakcija. Poleg tega ima v nekaterih primerih pomemben dejavnik tudi vodikova vez. Zaradi veliki razlik v velikosti organskih molekul je struktura por aktivnega ogljika, kar vključuje obstoj mezo por in mikro por, pomemben dejavnik pri adsorpciji organskih spojin, ker je možno, da določen del mikroporoznosti ne bi bil dostopen zelo velikim organskim molekulam. Zato je težko oceniti vlogo površinske obremenitve oglja na adsorpcijo organskih snovi iz vodnih raztopin. Ravno zaradi tega se adsorpcija organskih snovi iz vodnih raztopin z aktivnim ogljem različno interpretira (Bansal, Goyal, 2005 – 434, 435).

2.3.3. Filtriranje

»GAC (Granular Activated Carbon) filtriranje je filtriranje preko filtrov z aktivnim ogljem z veliko površino, ki adsorbira veliko spojin, tudi strupenih. GAC filtriranje se običajno uporablja v regijah z organskim onesnaženjem (okus, barva) (Čistilna naprava ..., 2014 - 59).«

»Med procesom oksidant katalitično reagira na zunanji površini aktivnega oglja. Zaradi izjemne trdote je aktivno oglje iz kokosovih lupin odlično za takšne aplikacije (Čistilna naprava ..., 2014 - 62).«

2.3.4. Izpiranje filtra

Med izpiranjem poteka proces desorpcije, kjer s čisto vodo speremo v filtru nakopičene nečistoče in delce (Hassler, 1974 - 64).

»Ekonomična uporaba aktivnega oglja je odvisna od učinkovite regeneracije in reaktivacije po tistem, ko je dosežena adsorpcijska kapaciteta. Regeneracija je izraz, ki se uporablja za vse procese, ki se uporabljajo za ponovno dobivanje adsorpcijske kapacitete izrabljenega oglja, izključno za reaktivacijo, ki vsebuje:

- Kemijsko oksidacijo adsorbiranega materiala,
- Tok za odstranjevanje adsorbiranega materiala,
- Topila,
- Biološke postopke pretvorbe (Roš, Zupančič, 2010 - 184).«

»Pri regeneraciji se izgubi del adsorptivne kapacitete (4 do 10 %), odvisno od komponent, ki se adsorbirajo in uporabljene regeneracijske metode, za reaktivacijo aktivnega oglja se v osnovi uporablja enake procese, kot se uporabljajo za tvorbo aktivnega oglja (Roš, Zupančič, 2010 - 184).«

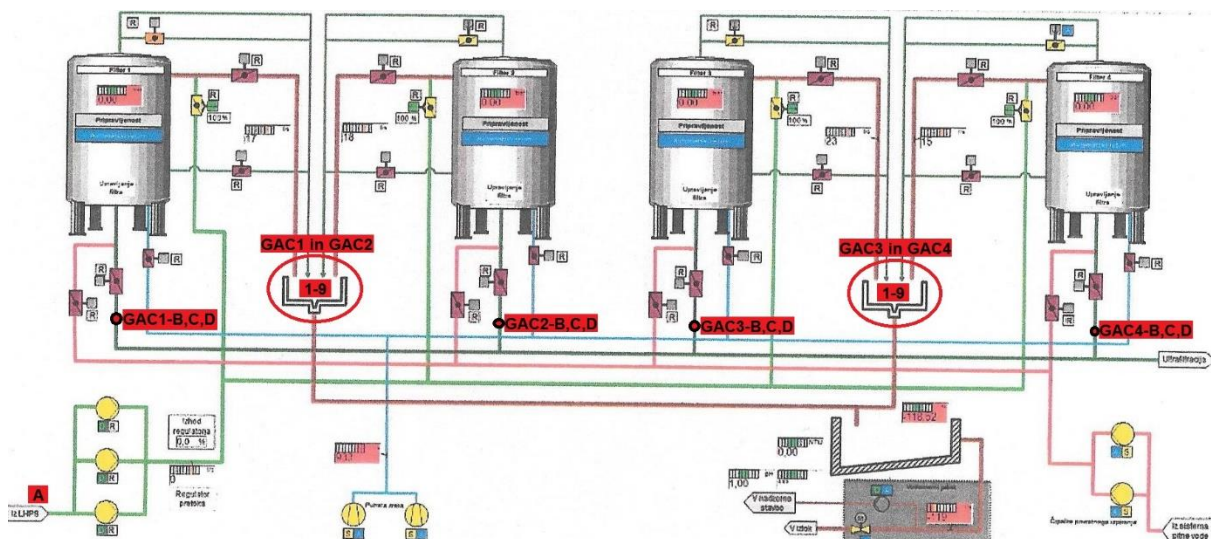
3. PRAKTIČNI DEL

Z večanjem števila prebivalstva na našem planetu se večja tudi potreba po večjih količinah pitne vode. V ta namen je Komunalno podjetje Velenje v zadnjih šestih letih zgradilo tri naprave za pripravo pitne vode (NPPV), in sicer NPPV Grmov vrh, NPPV Mazej in NPPV Čujež. Na napravah se uporabljajo najnovejše metode priprave pitne vode, in sicer: sedimentacija, flokulacija, koagulacija, absorpcija z aktivnim ogljem, ultrafiltracija in kloriranje. Pri praktičnem usposabljanju v omenjenem podjetju sem dobila priložnost podrobnega spoznavanja le-teh. Osredotočila sem se na absorpcijo z granuliranim aktivnim ogljem (GAC filtri) na NPPV Grmov vrh. Primarna funkcija GAC filtrov je odstranjevanje organskih snovi iz vode, njihov učinek je mogoče preveriti z več metodami, v tem primeru z merjenjem UV-absorpcije vode pri valovni dolžini 254 nm. Moja delo se bo osredotočilo na izpiranje (regeneracijo) GAC filtrov, saj se z večanjem obremenjenosti filtra manjša njegova učinkovitost. Za kakšne razlike v učinkovitosti delovanja in regeneracije filtrov gre, bom predstavila v nadaljevanju diplomskega dela.

Praktično delo sem opravila dokaj samostojno. Vzorčenje se je izvajalo na več lokacijah, in sicer na terenu – NPPV Grmov vrh in NPPV Mazej, analize sem opravljala v laboratoriju Komunalnega podjetja Velenje. V diplomskem delu se bom osredotočila le na raziskave opravljene na NPPV Grmov Vrh, saj so le-te zaradi širokega obsega podatkov bolj primerne za nadaljnjo analizo.

Filtre, na katerih sem samostojno izvajala vzorčenje in analize vode, smo izbirali glede na obremenjenost filtra z organskimi snovmi, se pravi bolj kot je filter obremenjen, bolj je njegovo izpiranje smiselno. Vzorčenje vode je po predhodnem dogovoru z delovnim mentorjem potekalo v naslednjih korakih:

1. Priprava vseh potrebnih pripomočkov za vzorčenje – vzorčne posodice, razkužilo, vžigalnik, pisalo, torba/škatla za prenos vzorcev;
2. Pridobitev rezultatov iz nadzorne plošče – obremenitev filtra izražena v kg, maksimalna količina prefiltrirane vode do avtomatskega izpiranja filtra izražena v m³, čas delovanja filtra izražen v urah;
3. Vzorčenje vode na NPPV Grmov vrh pred izpiranjem GAC filtrov:
 - **Vzorčno mesto A** – vzorčenje vode iz predpriprave, in sicer en vzorec za kemijske analize ter en za mikrobiološke analize;
 - **Vzorčno mesto B** – vzorčenje vode, prefiltrirane skozi GAC filter pred njegovim izpiranjem oziroma ob visoki obremenjenosti le tega. Tudi tukaj sem odvzela en vzorec za kemijske analize in enega za mikrobiološke analize;
4. Sledilo je izpiranje GAC filtrov, ki je daljinsko vodeno iz nadzorne sobe na NPPV Grmov vrh. Izpiranje ima več korakov, trajanje je odvisno od njegove obremenjenosti in časa delovanja (8–12 min). Filter se izpira povratno (protitočno), in sicer najprej z zrakom (2–5 min) s pretokom 700 Nm³/h, nato se nadaljuje izpiranje z vodo (5–10 min) s skupno 30–70 m³ pralne vode. Pralna voda odteka v usedalni bazen.
 - **Vzorčno mesto 1–9** – Tekom izpiranja sem odvzela 6–9 vzorcev, vsakega po 1 liter za kemijsko analizo;
5. Vzorčenje vode po izpiranju GAC filtrov:
 - **Vzorčno mesto C** – vzorčenje vode, prefiltrirane skozi GAC filter takoj po koncu njegovega izpiranja, odvzem enega vzorca za kemijske analize ter enega za mikrobiološke analize;
 - **Vzorčno mesto D** – vzorčenje vode, prefiltrirane skozi GAC filter po 2 urah njegovega delovanja, odvzem enega vzorca za kemijske analize ter enega za mikrobiološke analize;



Slika 4: Vzorčna mesta (obarvana rdeče) na NPPV Grmov vrh
Vir: Čistilna naprava ..., 2014 - 50



Slika 5: Vzorčno mesto 1–9 na NPPV Grmov Vrh (GAC3 in GAC4)
Vir: Čistilna naprava, ..., 2014 - 45

Vzorčila sem 2–3x tedensko, in sicer ob ponedeljkih in torkih (vzorci A, B, C, D) za kemijsko in mikrobiološko raziskavo ter ostale dni v tednu samo za kemijske raziskave (vzorci 1–9). Vzorčenja sem opravljala tedensko, v času od 24. 6. 2017 do 11. 8. 2017.

V laboratoriju sem z vzorci samostojno opravila kemijske in mikrobiološke analize. Vzorce A, B, C, D sem vzorčila v dveh plastenkah prostornine 250 ml, in sicer ne razkužena plastenka je bila namenjena določevanju kemijskih parametrov – pH, prevodnost, motnost, SAK 436, SAK 254; razkužena plastenka s prostornino 250 ml pa določanju mikrobioloških parametrov – SŠM pri 22°, SŠM pri 37° in bactiquant. Pri vzorcih 1–9 pa sem analizirala samo kemijske parametre – količina usedenih snovi v enem litru vzorca (po 30 minutah in po 2 urah), pH, prevodnost, motnost. Občasno sem opravila tudi mikroskopski pregled ob pomoči nadrejene osebe.

Pred začetkom projekta sem poskusila najti že obstoječe raziskave na izbrano temo, vendar sem kmalu ugotovila, da podobnih raziskav v Sloveniji ni izvajal še nihče oziroma le-te niso

javno objavljene. Prav tako ne obstajajo javno podatki o predhodnih raziskavah za izbrane GAC filtre, kar je tudi razlog zakaj smo se tega projekta sploh lotili. Raziskave iz tujine temeljijo na meritvah TOC, ker so vrednosti TOC boljši pokazatelj učinkovitosti izpiranja od spektrofotometrije. V našem primeru meritev TOC ni bilo mogoče izvesti.

3.1. MATERIALI IN METODE DELA

3.1.1. Materiali dela

- Voda (surova ali pripravljena pitna voda Šaleške doline)
- Mikroorganizmi
- Nečistoče v vodi
- Merilniki nečistoč
- Prostor dela: Šaleška dolina

3.1.2. Metode dela

Diplomska naloga je sestavljena iz dveh delov, in sicer iz prvega empiričnega dela, ki zajema zbiranje teoretičnih podatkov, potrebnih za razumevanje raziskav ter rezultatov v diplomskem delu, vzorčenje na NPPV Grmov Vrh, opravljanje analiz vzorcev v laboratoriju KP Velenje ter drugega dela, ki zajema obdelavo dobljenih rezultatov, statistična obdelava le-teh ter predstavitev ugotovitev.

Uporabljene metode so naslednje:

- Opazovalna metoda (ogled laboratorija in naprav na terenu),
- Zgodovinska metoda (preučevanje zgodovine Komunalnega podjetja Velenje ter oskrbe pitne vode v Šaleški dolini skozi zgodovino),
- Opisna metoda (pridobivanje teoretične podlage o GAC filterih, analiznih postopkih, Komunalnem podjetju Velenje, zakonodaji ...),
- Eksperimentalna metoda (vzorčenje pri različnih obremenitvah filtra, različnih filterih ...),
- Analitska metoda (analiziranje vod, zapisovanje podatkov),
- Deduktivna metoda (rezultati analiz so omogočili oblikovanje rezultatov raziskave ter zaključkov oz. ugotovitev, s katerimi sem potrdila oziroma ovrgla hipoteze),
- Statistična metoda (analiza rezultatov raziskave s pomočjo programov Rcmdr in Excel),
- Primerjalna metoda (primerjanje rezultatov analiz vzorcev vode z različnih odvzemnih mest ter primerjanje rezultatov z enakih odvzemnih mest pred izpiranjem GAC filtrov in po izpiranju le teh).

Vse uporabljene metode (razen bactiquant) so standardne, kar pomeni, da so preverjene ter dobro poznane. Bactiquant metoda določanja števila mikroorganizmov v vodi je novejša in ni primerljiva z drugimi metodami (dokazana je le linearnost Bactiquant števila v odvisnosti od števila bakterijskih kolonij na ml). Pri tej metodi zagotovo vemo, da se vrednosti na določenem odvzemnem mestu ne smejo drastično povečati, ker to nakazuje na večjo dejavnost mikroorganizmov, torej onesnaženje. Njena ogromna prednost je, da so rezultati pridobljeni hitro (lahko tudi v roku slabe ure), posledično pa je v primeru nevarnosti možno tudi hitro ukrepanje.

Vzorčenje vode

Prva metoda, s katero sem se srečala pri opravljanju praktičnega dela diplomske naloge, je vzorčenje. Pri vzorčenju je pomembna priprava – za določanje kemijskih parametrov v vzorcih A, B, C, D sem potrebovala ne sterilizirane plastične posodice s prostornino 250 ml, za določanje mikrobioloških parametrov v vzorcih A, B, C, D sem potrebovala sterilizirane plastične posodice s prostornino 250 ml ter za določanje kemijskih parametrov v vzorcih 1–9 ne sterilizirane plastične posodice, prostornine 1 l. Poleg posodic sem potrebovala tudi alkoholni flomaster za označitev vzorcev ter razkužilo in vžigalnik za razkuževanje vzorčnega mesta pred odvzemom vzorcev za določanje mikrobioloških parametrov. Na mestu odvzema vzorcev sem se prepričala, da je vzorec svež, tako da sem pustila vodo, namenjeno vzorčenju, najprej par sekund teči, izmerila temperaturo in šele nato odvzela vzorec – najprej za določanje kemijskih parametrov in nato po razkuženju vzorčnega mesta še vzorec za določanje mikrobioloških parametrov. Vsak vzorec sem takoj po odvzemu ustrezno označila po vnaprej dogovorjenem načinu (A-D, 1–9). Vse vzorce sem prepeljala v laboratorij na nadaljnjo analizo.

Metoda vzorčenja, standard: SIST ISO 5667(1996)

Kot sem že omenila, sem v laboratoriju samostojno opravljala kemijske in mikrobiološke analize.

Kemijske analize

1. Najprej sem vzorcem izmerila pH z elektronskim pH metrom. Naprava poleg pH meri tudi temperaturo vzorca. Z destilirano vodo dobro oprano elektrodo pH metra sem vstavila v vzorec ter nastavila odštevalnik na 5 minut, po preteku tega časa sem izpisala vrednosti iz ekrana naprave v svojo tabelo. Istočasno (izmenjaje) sem vzorcem merila električno prevodnost s konduktometrom, ki prav tako meri še temperaturo vzorca. Tudi tukaj je bilo pomembno, da sem elektrodo pred začetkom dobro očistila z destilirano vodo, nato sem jo vstavila v vzorec in po preteku 5 minut (oziroma ko se vrednost ustali) odčitala vrednost iz ekrana naprave ter jo vpisala v svojo tabelo. Po končanem merjenju sem obe elektrodi dobro sprala za destilirano vodo.

Metoda merjenja pH, standard: ISO 10523 (1996)

Predmeti dela: vzorci, elektronski pH meter, destilirana voda, odštevalnik, zaščitne rokavice;

»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 (Kraški vodovod Sežana, 2017).« V Pravilniku o pitni vodi je za pitno vodo določena mejna vrednost med 6,5 in 9,5. »Spremljanje vrednosti parametra pH v pitni vodi omogoča hitro in enostavno zaznavanje sprememb lastnosti vode na terenu. 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. V kolikor pH doseže vrednosti pri porabniku manj kot 4 ali več kot 11, je potrebna prekinitev dobave (Kraški vodovod Sežana, 2017).«



Slika 6: pH meter

Vir: SI Analytics, 2017

2. Metoda merjenja električne prevodnosti, standard: ISO 27888 (1998)

Predmeti dela: vzorci, konduktometer, destilirana voda, zaščitne rokavice;

»Električna prevodnost pitne vode je lastnost vode, da prevaja električni tok. Odvisna je od prisotnosti ionov v vodi: od njihove koncentracije, gibljivosti in naboja ter od temperature vode ob merjenju. Električna prevodnost pitne vode se na oskrbovalnem območju običajno ne spreminja, kot tudi ne vrsta in koncentracija prisotnih ionov. Je indikatorski parameter in njena sprememba kaže na morebitno onesnaženost pitne vode (Kraški vodovod Sežana, 2017).«



Slika 7: Konduktometer

Vir: Medmrežje A, 2017

3. Nato sem izmerila motnost vzorca, in sicer s pomočjo turbidimetra. Napravo sem najprej vključila, nato sem iz dobro premešanega vzorca odmerila 10 ml v stekleno kiveto, zaprla pokrov, dobro premešala, obrisala in vstavila v napravo. Vrednost se je na ekranu izpisala par sekund po stisku tipke READ. Izmerjeno vrednost sem vpisala v svojo tabelo, kiveto pa očistila z destilirano vodo.

Metoda merjenja motnosti, standard: SIST EN ISO 7027 (2000)

Predmeti dela: vzorci, turbidimeter, kiveta, zaščitne rokavice;

»Motnost vode je pokazatelj prisotnosti delcev velikosti od 1 nm do 1 mm. Delce tvorijo anorganske in organske snovi ter mikroorganizmi. Metoda merjenja motnosti temelji na primerjavi sipanja svetlobe pri prehodu skozi vzorec vode in skozi standardno suspenzijo z znano motnostjo. Motnost izražamo v nefelometrični turbidimetrični enoti (NTU, nephelometric turbidity unit) (Laboratorij ..., 2017).«



Slika 8: Turbidimeter

Vir: Laboratorij ..., 2017

4. Določanje obarvanosti vzorca sem zaradi kompleksnosti analize opravljala ob pomoči nadrejene osebe, s katero sva z uporabo spektrofotometra pridobili SAK (spektralni absorpcijski koeficient) pri 254 nm in SAK pri 436 nm. Dobljeno vrednost sem vpisala v svojo tabelo.

Metoda spektrofotometrija, standard: SIST EN 26777 (1996)

Predmeti dela: vzorec, spektrofotometer, kiveta, destilirana voda, zaščitne rokavice;

Obarvanost v vzorcih vode izmerimo z absorbanco pri dveh valovnih dolžinah: $\lambda = 254$ nm in $\lambda = 436$ nm. »Za merjenje absorbance v vidnem delu spektra med 380 in 800 nm, uporabimo steklene kivete, v UV območju med 100 in 380 nm, uporabljamo kivete iz kvarčnega stekla. Pri 254 nm v glavnem absorbirajo organske substance, pri 436 nm pa anorganske (Simonič, 2004).«



Slika 9: Spektrofotometer

Vir: Simonič, 2004

5. Vzorce 1–9 sem najprej močno premešala, da so se usedene snovi dvignile in jih nato vsakega posebej prelila v pravokotno postavljen Imhoffov lij do oznake 1000 ml. Po 30 minutah sem prvič odčitala volumen usedenih snovi izražen v ml, nato še enkrat po 2 urah. Rezultate sem vpisala v svojo tabelo.

Metoda določanja volumna usedenih snovi, standard: DIN 38 409-H9 (1980)

Predmeti dela: vzorec, lij za sedimentacijo po Imhoff-u, stojalo za lij, odštevalnik, zaščitne rokavice;

Mikrobiološke analize

1. Iz sterilnega vzorca sem z elektronsko pipeto odmerila 4 ml. Nato sem odstranila pokrov IDEXX diska in vzorec nanesa navpično na disk ter pri tem pazila, da se je vsrkal v vse kanale. Zaprte diske sem postavila v inkubatorja – iz vsakega vzorca po dva diska, in sicer enega na 37°C za 44 ± 4 ur in drugega na 22°C za 68 ± 4 ur. Po pretečenem inkubacijskem času sem diske postavila pod UV žarnico in preštela prostorčke na disku, ki so se svetili. Dobljeno število sem poiskala v tabeli najverjetnejšega števila heterotrofnih bakterij. Rezultati so izraženi v MPN/ml. Dobljene rezultate sem vpisala v svojo tabelo.

Metoda določanja skupnega števila mikroorganizmov, standard: SIST ISO 6222 (1999)

Predmeti dela: vzorec, Quanti-Disc IDEXX, pipeta, inkubator, UV žarnica, zaščitne rokavice;

Skupno število živih oziroma za reprodukcijo sposobnih mikroorganizmov določamo z metodo štetja kolonij na trdih gojiščih ali v z metodo najverjetnejšega števila mikroorganizmov. »Določitev števila živih mikroorganizmov pri temperaturi inkubacije 25–30°C je lahko indikator higiene živilskega obrata ali pri temperaturah inkubacije 30–37°C indikator potencialnega zdravstvenega tveganja (Jeršek, 2013).«

2. Iz ostanka sterilnega vzorca sem opravila tudi bactiquant analizo. Vsak vzorec sem najprej stehtala in si vrednost tudi zapisala. Nato sem vzorec prefiltrirala skozi priložene filtre s pomočjo črpalke. Prazne posodice sem znova stehtala, da sem izračunala količino prefiltrirane vode (podane v g). Filter sem prepojila z reagentom in le-tega pustila delovati toliko časa, kolikor je prikazal izračun v danem programu (na podlagi količine prefiltriranega vzorca). Nato sem vse skupaj iztisnila iz filtra v kiveto, katero sem očiščeno položila v napravo za analizo. Dobljeno vrednost sem vnesla v program, ki je na podlagi temperature v prostoru in količine prefiltrirane vode sam izračunal vrednost bactiquant.

Metoda dela: Bactiquant (nestandardizirana metoda)

Predmeti dela: vzorec, črpalka, filter, kiveta, naprava za analizo vzorca, zaščitne rokavice;

Bactiquant metoda za hitro zaznavanje bakterij v pitni vodi temelji na preverjanju encimske aktivnosti v živih bakterijskih celicah. Gre za specifično zaznavanje prisotnosti bakterij in ne vključuje drugih taksonomskih skupin. Zato žive ali mrtve celice gliv, rastlin ali živali in posamezni deli teh celic ne motijo oziroma ne podajo lažno pozitivnega rezultata. Prisotnost klora v vzorcu ravno tako ne vpliva na Bactiquant rezultat (Zupin, 2015).



Slika 10: Filtriranje vzorca za bactiquant analizo

Vir: Environmental ..., 2011

3. Imela sem priložnost mikroskopskega pregleda usedenih snovi v vzorcih 1–9. Zaradi pomankanja teoretične podlage in izkušenj je pregled opravila nadrejena oseba, sama pa sem le opazovala organizme skozi objektiv. Mikrobiološka dejavnost je bila majhna, saj tu ne gre za odpadno vodo, več je bilo le alg.

Metoda dela: mikroskopiranje hišna metoda

Predmeti dela: usedene snovi, mikroskop, mikroorganizmi, zaščitne rokavice;

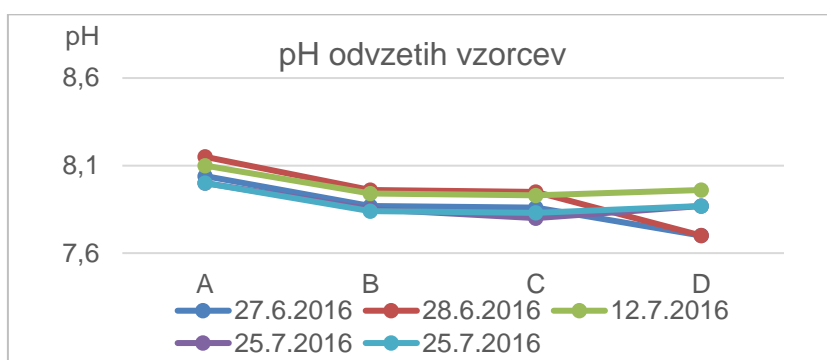
4. OVREDNOTENJE DOBLJENIH REZULTATOV

4.1. Rezultati vzorčenja pred in po izpiranju

Ker je primarna funkcija GAC filtrov odstranjevanje organske snovi iz vode, je bil najpomembnejši podatek pri analizi vzorcev izračunan spektralni absorpcijski koeficient – SAK pri 254 nm, saj je le-ta pokazatelj prisotnosti organskih snovi v vzorcih. Na podlagi SAK je izračunan učinek filtriranja in čiščenja filtra.

4.1.1. pH

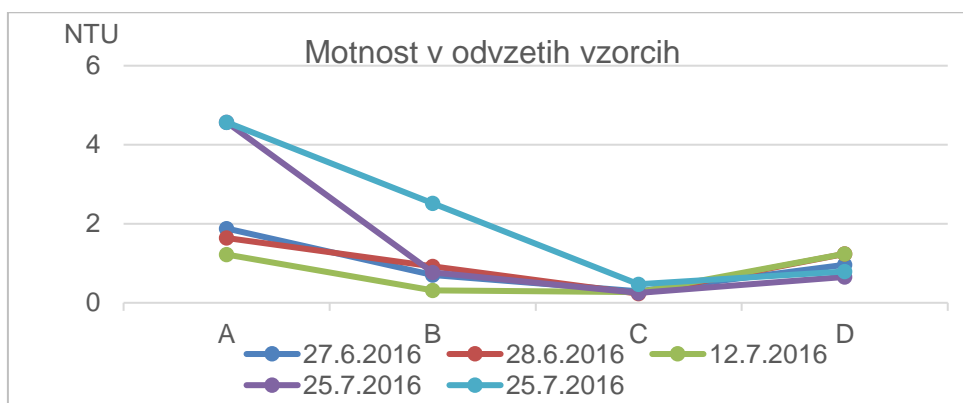
Vrednosti pH se v odvzetih vzorcih gibljejo od 7,7 do 8,2. Voda vzorčena pred vstopom v filter (vzorec A) ima pH 8,00–8,2, medtem ko ima voda vzorčena po filtraciji čez delujoč filter (vzorci B, C, D) za 1,6–5,5 % nižji pH (7,7–7,9). Izmerjene vrednosti kažejo na to, da je voda več ali manj nevtralna ter v območju mejnih vrednosti določenih v Pravilniku o pitni vodi.



Graf 1: pH izmerjen v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.1.2. Motnost

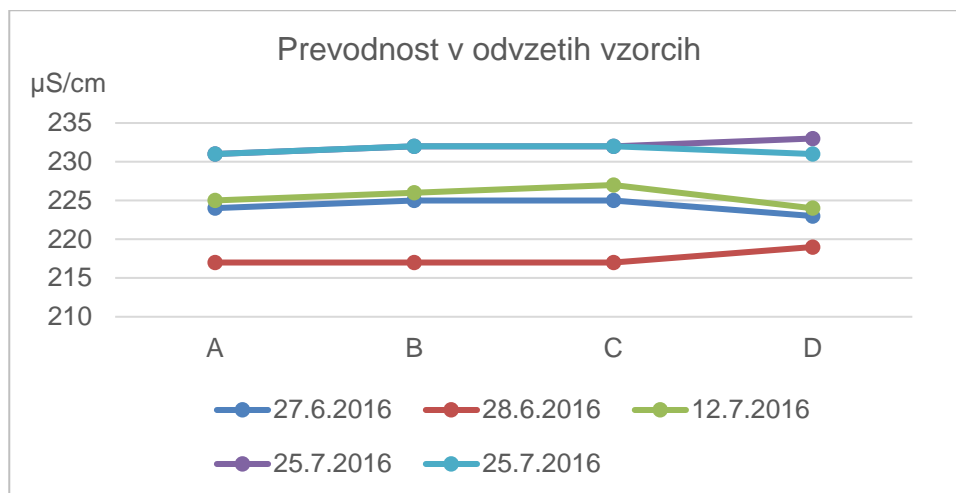
Maksimalna izmerjena motnost v vzorcih vode je bila izmerjena v vodi iz LPHS (vzorec A), in sicer 4,57 NTU. Maksimalna motnost vode v vzorcih prefiltriranih skozi filter (vzorci B, C, D) je bila 2,52 NTU. Minimalna vrednost motnosti vzorca pa je bila izmerjena v vzorcu, odvzetem takoj po izpiranju filtra (vzorec C), in sicer 0,23 NTU. Dani rezultati lepo kažejo zmanjševanje motnosti vzorcev glede na čas odvzema, najbolj moten je vzorec vode iz LPHS, po filtriranju skozi obremenjene filtre se motnost zmanjša, vendar ne za toliko kot po filtriranju skozi izpran filter.



Graf 2: Motnost izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.1.3. Električna prevodnost

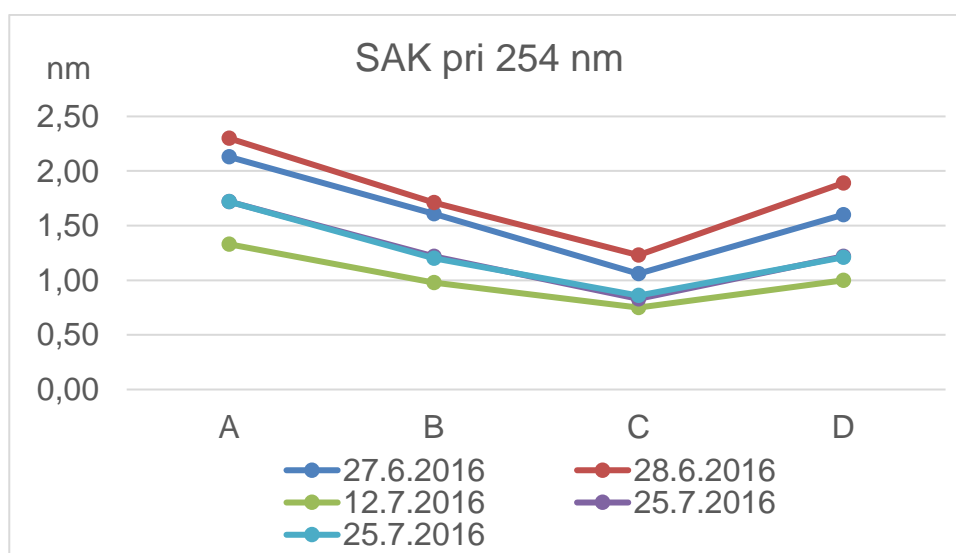
Prevodnost elektrike se skozi celoten proces vzorčenja bistveno ne spreminja. Njene vrednosti so odvisne od vrednosti vstopne vode (LPHS) in se skozi proces spreminjajo le za 1 %. Maksimalna izmerjena vrednost električne prevodnosti vzorca je bila 233 uS/cm, minimalna izmerjena vrednost pa 217 uS/cm.



Graf 3: Električna prevodnost izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.1.4. Spektralni absorpcijski koeficient

Najvišje vrednosti so bile izmerjene v vzorcih A (2,30–1,33), najmanjše pa v vzorcih C (0,75–1,23). Vrednosti izmerjene v vzorcih B in D se vrednosti gibljejo med 1,89 in 0,98.



Graf 4: Izmerjene vrednosti SAK pri 254 nm v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

Vrednosti SAK pri 436 nm so izredno majhne (0,41–0,00). Najvišje so izmerjene v vzorcih A (0,41 – 0,20), najnižje pa v vzorcih C (0,00). V vzorcih B in C so se vrednosti gibale med 1,21 in 0,02.

Tabela 5: Izmerjene vrednosti SAK pri 436 nm v vzorcih (A, B, C, D) odvzetih na NPPV Grmov vrh

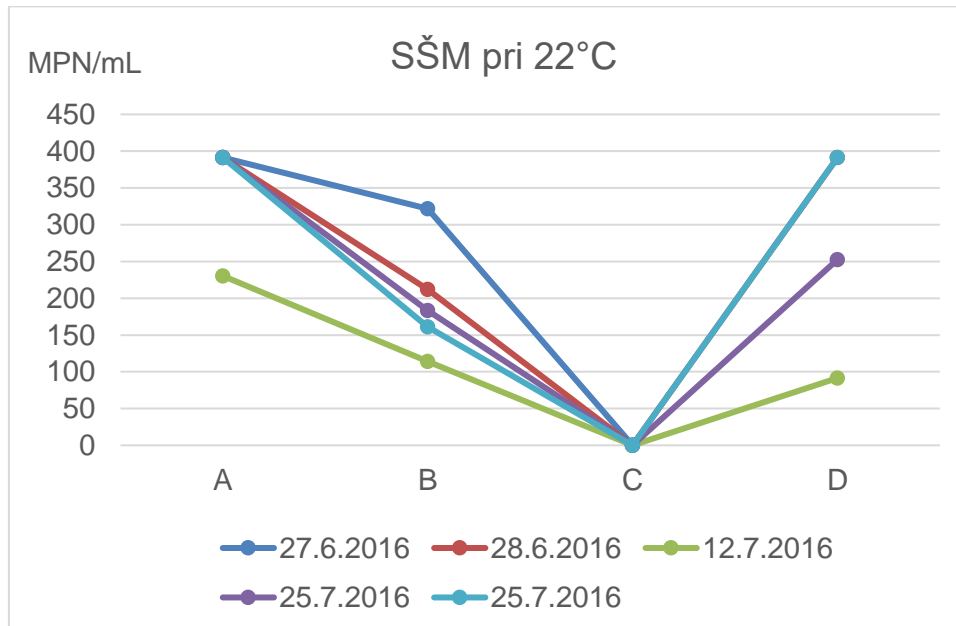
VZOREC	GAC1	GAC1	GAC2	GAC3	GAC4
A	0,41	0,29	0,20	0,40	0,29
B	0,13	0,05	0,02	0,11	0,07
C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	0,15	0,07	0,04	0,21	0,07

Vir: osebni arhiv

4.1.5. Mikrobiološki parametri

Skupno število mikroorganizmov pri 22°C

Skoraj v vseh vzorcih A je bila izmerjena najvišja možna vrednost SŠM (391,2 MPN/ml) ali celo več (>391,2 MPN/ml), v vseh vzorcih C pa najmanjša (<1,8 MPN/ml). V vseh drugih vzorcih (B in D) pa so se vrednosti gibale od 391,2 MPN/ml do 91,6 MPN/ml. Vrednosti izmerjene v vzorcih B, C in D (prefiltrirana voda) so od tistih izmerjenih v vzorcih A (voda iz LPHS) manjše za najmanj 17,7 %.



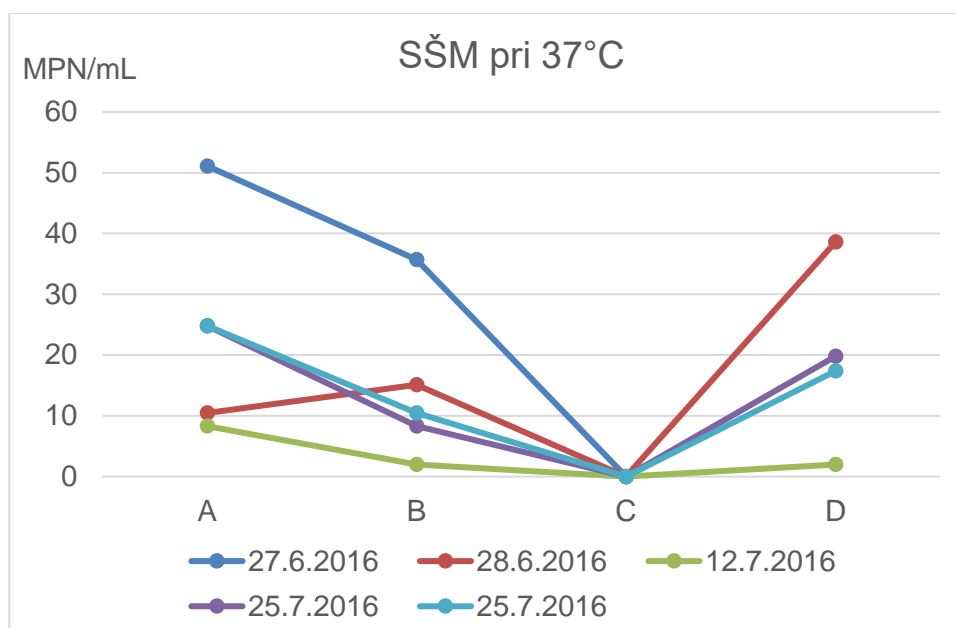
Graf 5: Vrednost SŠM pri 22°C izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh

Vir: osebni arhiv

Skupno število mikroorganizmov pri 37°C

Najvišje vrednosti so bile izmerjene v vzorcih A (voda iz LPHS), in sicer od 51,1 MPN/ml do 8,3 MPN/ml. V vzorcih B–D (voda prefiltrirana skozi GAC filter) pa so se vrednosti gibale od

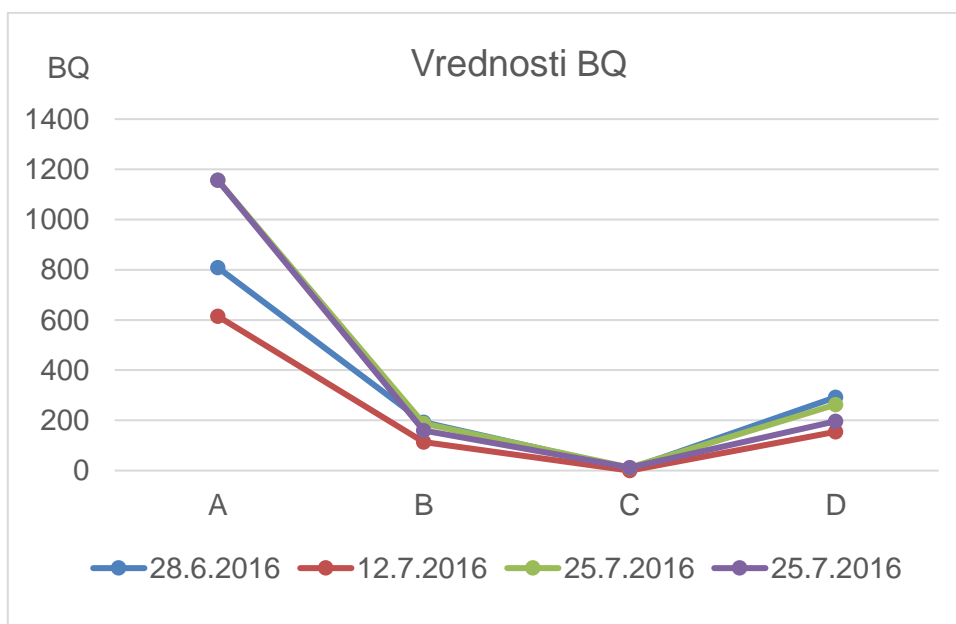
38,6 MPN/ml do <1,8 MPN/ml. Najnižja vrednost je bila pri vseh vzorčenjih izmerjena v vzorcu C (odvzet takoj po izpiranju). V večini primerov je zmanjšanje vrednosti po filtriranju vsaj 20 %.



Graf 6: Vrednost SŠM pri 37°C izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

Bactiquant

Iz grafa je razvidno, da je krivulja bactiquant po obliki izredno podobna krivulji SŠM, prav tako so vrednosti bactiquant v vzorcih A znatno višje kot v ostalih vzorcih (za najmanj 64 %). Tudi v tem primeru imajo najnižje izmerjene vrednosti bactiquant vzorci C, vzorci B in D pa imajo razmeroma podobne vmesne vrednosti.



Graf 7: Vrednost bactiquant izmerjena v vzorcih (A, B, C, D), odvzetih na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.1.6. Učinek filtriranja

Učinek filtriranja sem izračunala na podlagi vrednosti SAK pri 254 nm. Izračuni so za vzorce B–D podani glede na vzorec A. Vse izračunane vrednosti nakazujejo na učinkovito delovanje filtrov. Najbolj je bilo filtriranje učinkovito v vzorcih, odvzetih takoj po izpiranju (vzorci C), kjer je bil učinek filtriranja 51,7–43,6 %. V vzorcih odvzetih pred izpiranju filtra (vzorci B) je bila izračunana 30,2–24,4 % učinkovitost delovanja filtra, podobne vrednosti pa tudi v vzorcu, odvzetem 2 ure po izpiranju (vzorec D), od 29,7 do 17,8 % učinkovitost delovanja filtra. To nakazuje, da se filter nasiti z organskimi snovmi že do 2 ure po izpiranju.

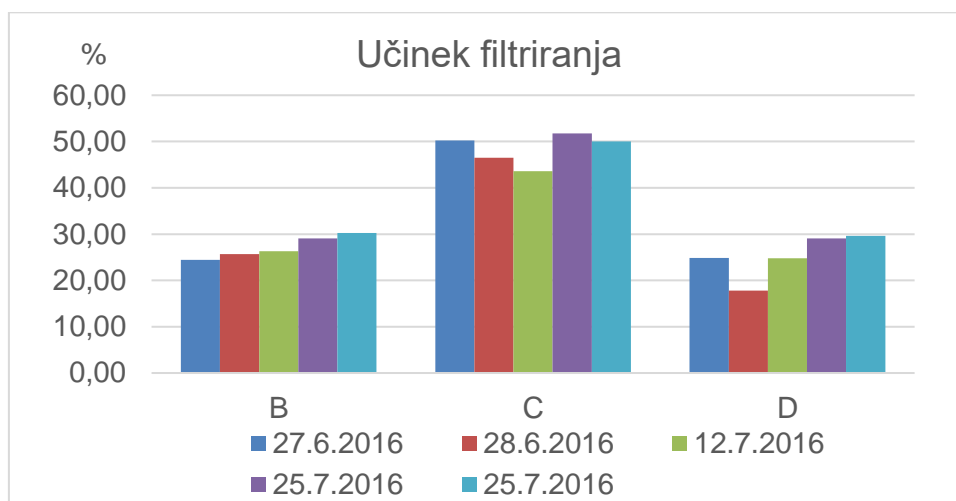
Formula:

$$\% \text{ filtriranja} = \frac{SAK A - SAK B, C, D}{SAK A}$$

Legenda:

SAK A – vrednost SAK pri 254 nm v vzorcu A (voda iz LHPS)

SAK B, C, D – vrednost SAK pri 254 nm v vzorcu B, C ali D (prefiltrirana voda)



Graf 8: Učinek filtriranja na NPPV Grmov vrh (vzorci B, C in D)

Vir: osebni arhiv

4.1.7. Učinek izpiranja

Prav tako sem na podlagi vrednosti SAK pri 254 nm izračunala učinek izpiranja. Dobljeni rezultati so pokazali, da je bil vzorec, odvzet takoj po končanem izpiranju (vzorec C), za 34,2–23,5 % bolj očiščen organskih snovi glede na vzorec, odvzet pred izpiranjem filtra (vzorec B).

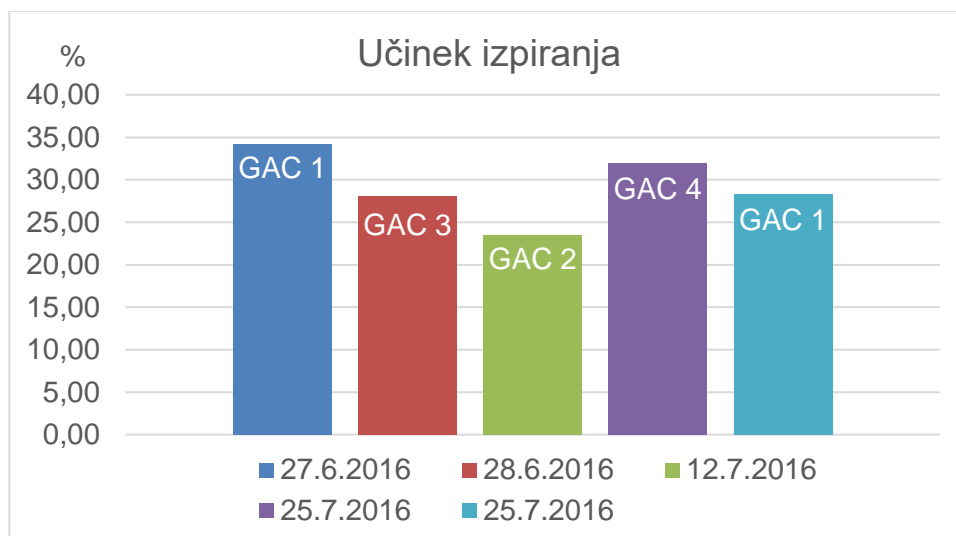
Formula:

$$\% \text{ izpiranja} = \frac{SAK B - SAK C}{SAK B}$$

Legenda:

SAK B – vrednost SAK pri 254 nm v vzorcu B (prefiltrirana voda – pred izpiranjem)

SAK C – vrednost SAK pri 254 nm v vzorcu C (prefiltrirana voda – takoj po izpiranju)



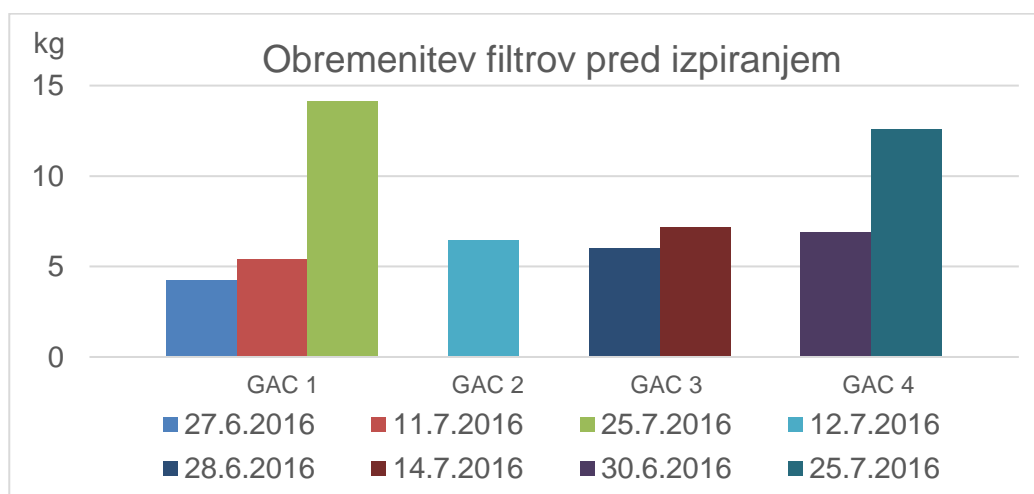
Graf 9: Učinek čiščenja na NPPV Grmov vrh (vzorec C)
Vir: osebni arhiv

4.2. Rezultati vzorčenja med izpiranjem

Avtomatsko izpiranje se vključi, ko je dosežen eden izmed treh pogojev – dosežena obremenitev, prefiltrirana zadostna količina vode ali pretečen čas delovanja. Najvišja dovoljena obremenitev z organskimi snovmi je 22 kg, najdaljši čas delovanja je 25.000 min in največja količina prefiltrirane vode med dvema izpiranjema je 18.000 m³.

Zaradi časovne omejitve sem na NPPV Grmov vrh vzorčila 8 krat, od tega 3 krat GAC 1, 1 krat GAC 2, 2 krat GAC 3 in 2 krat GAC 4. Tukaj so upoštevani tako vzorci odvzeti med izpiranjem – pralna voda (vzorci 1–8), kot tudi vzorci, odvzeti pred in po izpiranju – prefiltrirana voda (vzorci A–D).

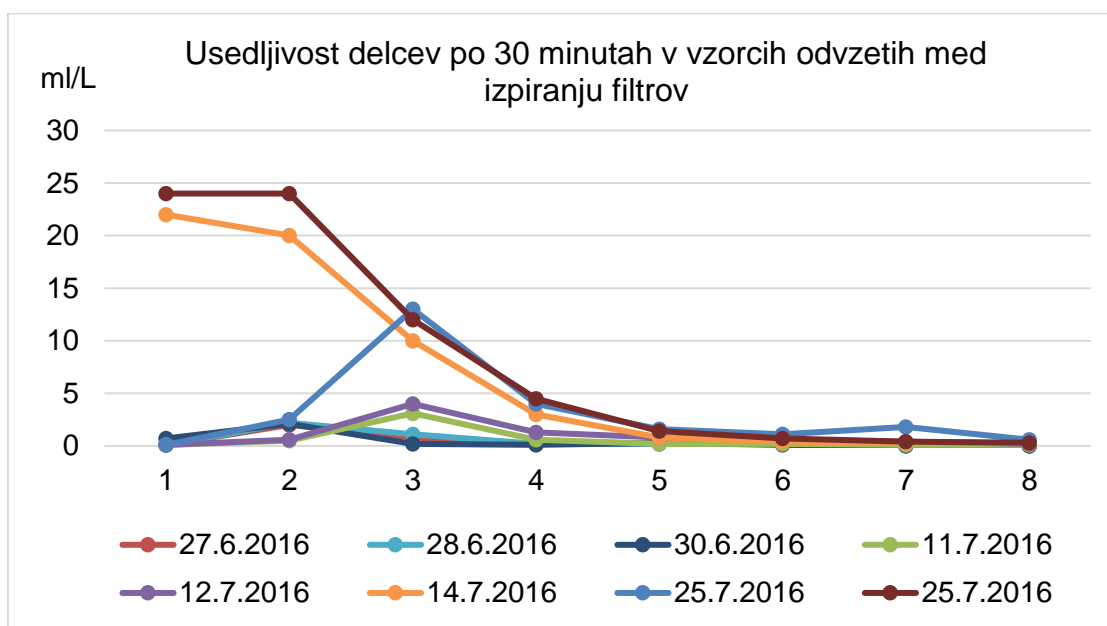
Izpiranje je bilo vnaprej dogovorjeno in ročno sproženo. Pri izbiri filtra smo se osredotočili na obremenjenost z organskimi snovmi. Večja kot je obremenjenost filtra, bolj smotno naj bi bilo filter izpirati. Vrednosti obremenitev so se gibale med 4,2 kg in 14,1 kg.



Graf 10: Obremenitev filtrov pred izpiranjem na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.2.1. Usedene snovi

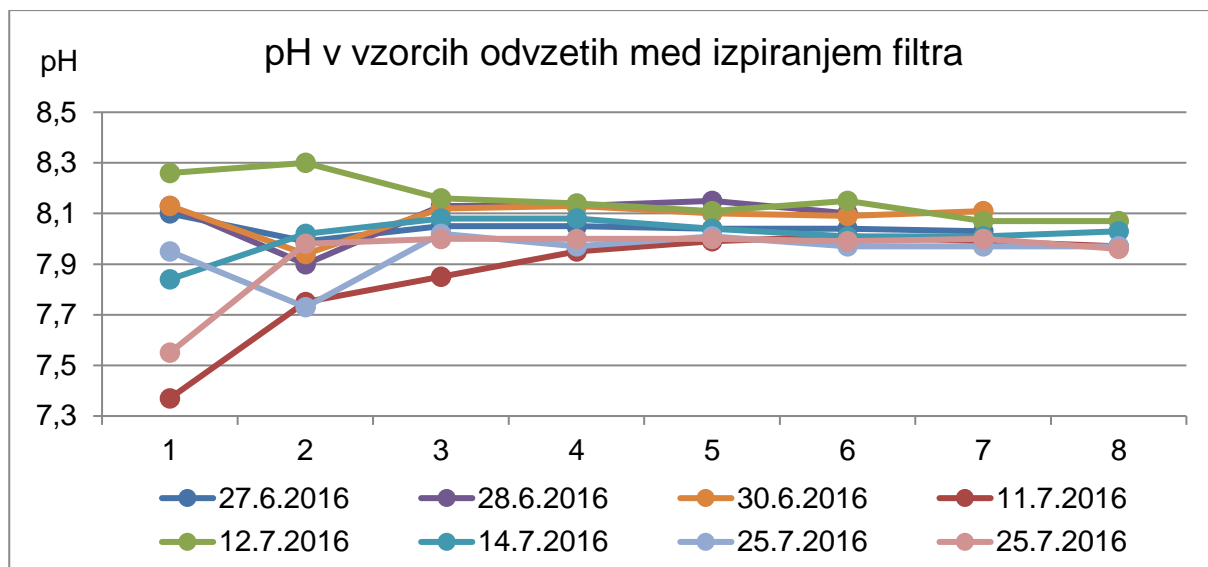
Vzorci so bili odvzeti v intervalu ca. 1,5–2 minute. Iz grafa »Usedljivost delcev po 30 minutah v vzorcih, odvzetih med izpiranju filtrov«, je razvidno, da z večinoma organskimi snovmi iz filtra odstrani v prvi polovici izpiranja. Maksimalni izmerjen volumen usedenih snovi je bil 24 ml/L, v nekaj vzorcih pa s prostim očesom ni bilo zaznati usedenih snovi. Večjo količino usedenih snovi sem izmerila v prvih štirih vzorcih, v zadnjih štirih pa se količina zmanjšuje ali ostaja enaka. Razlog vidim v tem, da se v začetku odstrani precej aktivnega oglja (delci, ki se odluščijo od stene granul), katerega delci so veliki in težki, kar pomeni, da jih malo zasede veliko prostora in se hitro usedejo (30 minut). Menim, da se največ organskih snovi odstrani iz filtra v času 2–5 minut izpiranja, kar dokazuje podatek, da sem v tem času izmerila največjo količino usedenih snovi pri vseh vzorčenjih. Tukaj gre za organske snovi, ki so usedljive, saj se je večina usedla že po 30 minutah, po 2 urah pa ni bilo zaznati drastične razlike.



Graf 11: Količina usedenih snovi v vzorcih, odvzetih med izpiranjem na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.2.2. pH

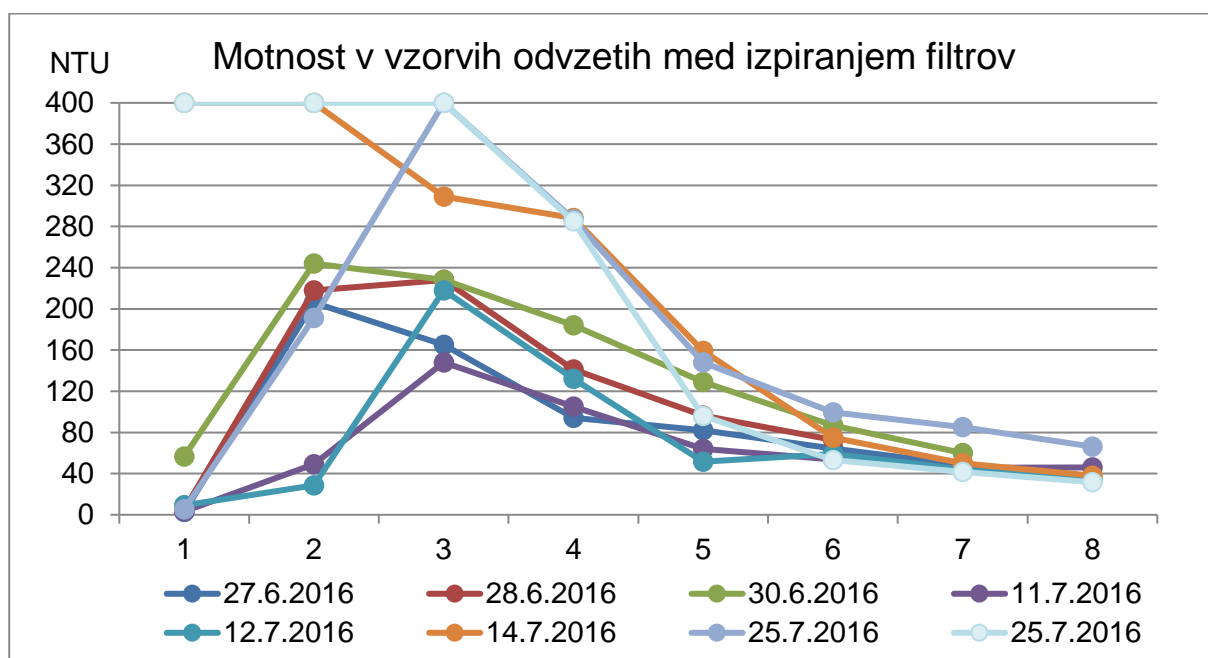
pH vode je odvisen od temperature. »Pri višji temperaturi bo več molekul vode ioniziralo, kar bo vplivalo na koncentracijo oksonijevih in hidroksidnih ionov (Zmazek in sod., 2017).« Vse vrednosti so bile izmerjene v temperaturnem območju 10,6°C–18,1°C. pH čiste pralne vode je v povprečju 8,0, tekom izpiranja filtrov pa je vrednost pH nihala med 7,4 in 8,3, kar pomeni, da je voda v območju nevtralnosti.



Graf 12: Vrednosti pH izmerjene v vzorcih, odvzetih med izpiranjem na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.2.3. Motnost

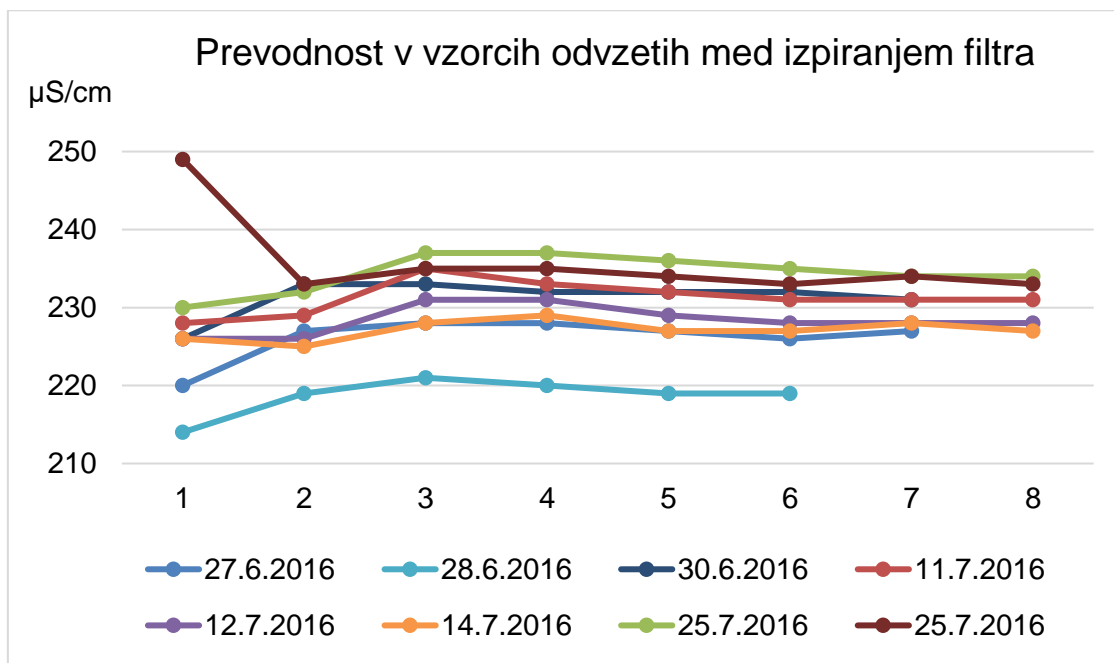
Motnost pralne vode je pogojena z obremenitvijo filtra z organskimi snovmi – več organskih snovi se je tekom izpiranja odstranilo, bolj motna je bila pralna voda. Njene vrednosti so se gibale med 2,68 NTU in 400 NTU. Najnižje vrednosti sem izmerila v vzorcih, odvzetih takoj na začetku izpiranja (vzorci 1), saj se takrat iz filtra izperejo večji delci (granule aktivnega ogljika) sama pralna voda pa ni motna. Večje vrednosti sem izmerila v vzorcih 2 in 3, vendar v teh primerih vrednosti niso dovolj natančne, saj je 400 NTU najvišja možna izmerjena vrednost na merilni napravi.



Graf 13: Motnost izmerjena v vzorcih, odvzetih med izpiranjem na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.2.4. Električna prevodnost

Prevodnost vode, vzorčene med izpiranjem (pralne vode), se giblje med 214 uS/cm in 249 uS/cm. Na podlagi tega lahko sklepamo, da so bile tekom izpiranja odstranjene predvsem raztopine organskih snovi, saj so le-te slabši prevodniki električnega toka. Pralna voda in surova voda imata približno enako vrednost električne prevodnosti, saj filtracija skozi GAC filtre nanjo ne vpliva.



Graf 14: Prevodnost izmerjena v vzorcih, odvzetih med izpiranjem na NPPV Grmov vrh
Vir: osebni arhiv

4.2.5. Mikroskopski pregled blata

Mikroskopski pregled blata na NPPV Grmov vrh sem opravila 5 krat, D

dvakrat blato, vzorčeno med izpiranjem filtra GAC 1 (11.7.2016) in trikrat blato, vzorčeno med izpiranjem filtra GAC 2 (12.7.2016).

Tabela 6: Mikrobiološka dejavnost na posameznem stekelcu

Filter	Vzorec	Mikrobiološka dejavnost
GAC 1	2	<i>Aspidisca cicada</i> , <i>cephalodella</i> , diatomeje
	3	Praživali iz skupine <i>stihotriha</i> , večcelični organizmi iz rodu <i>rotatoria</i> in organizmi iz rodu <i>cephalodella</i> , diatomeje
GAC 2	3	2x kotačnik, diatomeje
	4	2x kotačnik, diatomeje, zrno cvetnega praha
	8	Diatomeje

Vir: osebni arhiv

V vseh analiziranih vzorcih so bile prisotne alge iz skupine diatomej, v dveh vzorcih sta bila na površini enega stekelca prisotna 2 večcelična organizma iz rodu *rotatoria* (kotačnik), *aspidisca cicada* ter zrno cvetnega praha pa sta se pojavila le po enkrat v celotnem pregledu. Največja mikrobiološka dejavnost je bila opažena v vzorcu 3, odvzetem med izpiranjem filtra GAC 1, kjer so bili na površini dveh stekelc prisotni 4 osebki praživali iz skupine *stihotriha* ter 4 večcelični organizmi iz rodu *rotatoria* in organizmi iz rodu *cephalodella*. Prisotne so bile tudi alge iz skupine diatomej v povprečni pogostosti 2 celic na vidno polje.

5. RAZPRAVA

V tem poglavju bom predstavila glavne ugotovitve ter potrdila ali ovrgla zgoraj navedene hipoteze.

1. *Hipoteza: Periodično čiščenje GAC filtrov je nujno potrebno, saj se s tem odstranijo organske snovi iz filtra, s tem pa se poveča tudi učinek filtriranja in podaljša življenjska doba filtrov.*

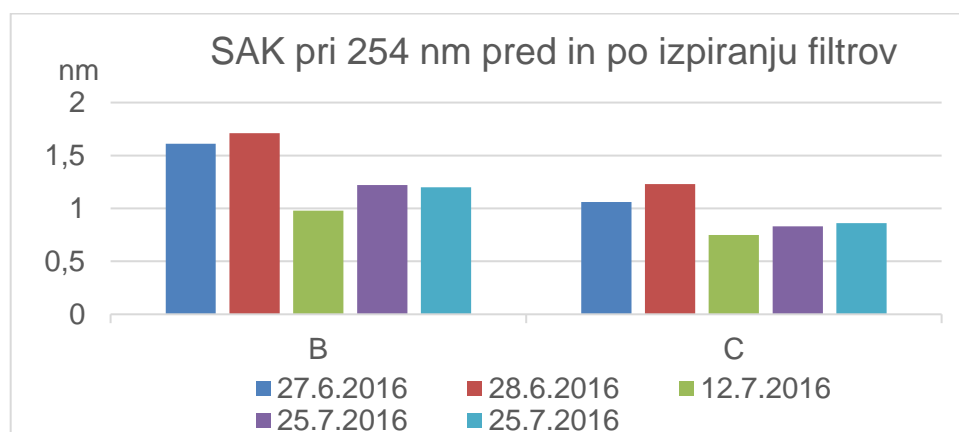
Hipotezo lahko potrdimo, saj so vrednosti SAK, izmerjene v vzorcih prefiltrirane vode odvzetih pred izpiranjem, za 34,2-23,5 % večje kot tiste, izmerjene v vzorcih prefiltrirane vode odvzetih takoj po izpiranju (učinek izpiranja).

Bolj primerna metoda za raziskavo tega vprašanja bi bila TOC analiza, vendar ta v tistem trenutku ni bila izvedljiva, saj merilnik TOC ni deloval. Zato bi podjetju svetovala, da raziskave ponovijo na podlagi TOC analize, ki bi pokazala bolj zanesljive rezultate, poleg tega pa bi se lepo pokazala tudi verodostojnost moje raziskave na podlagi SAK vrednosti.

Tukaj bi rada omenila, da se vrednosti SAK po 2 urah delovanja filtra zopet povečajo na podobno vrednost kot pred izpiranjem, kar kaže na to, da se filter hitro zasiti z organskimi snovmi.

2. *Hipoteza: GAC filtri na NPPV Grmov vrh takoj po izpiranju delujejo bolj učinkovito kot pred izpiranjem le-teh.*

Izmerjene količine SAK pri 254 nm so dokaz, da je bil filter pred izpiranjem nasičen z organskimi snovmi, takoj po izpiranju pa so vrednosti SAK zelo majhne, kar nakazuje, da se je večina organskih snovi odstranila tekom izpiranja. Kot sem že zgoraj ugotovila, je učinek čiščenja na podlagi odvzetih vzorcev 34,2–23,5 %, kar pomeni, da se je izmerjena SAK pri 254 nm po izpiranju zmanjšala za tolikšen odstotek glede na izmerjeno vrednost pred izpiranjem filtra (graf 10).



Graf 15: SAK pri 254 nm pred in po izpiranju filtrov na NPPV Grmov vrh

Vir: osebni arhiv

Hipotezo potrjuje tudi graf 12, ki prikazuje količino usedenih organskih in anorganskih snovi v vzorcih, odvzetih med izpiranjem filtra, saj s tem dokazujemo fizično odstranitev snovi tekom izpiranja.

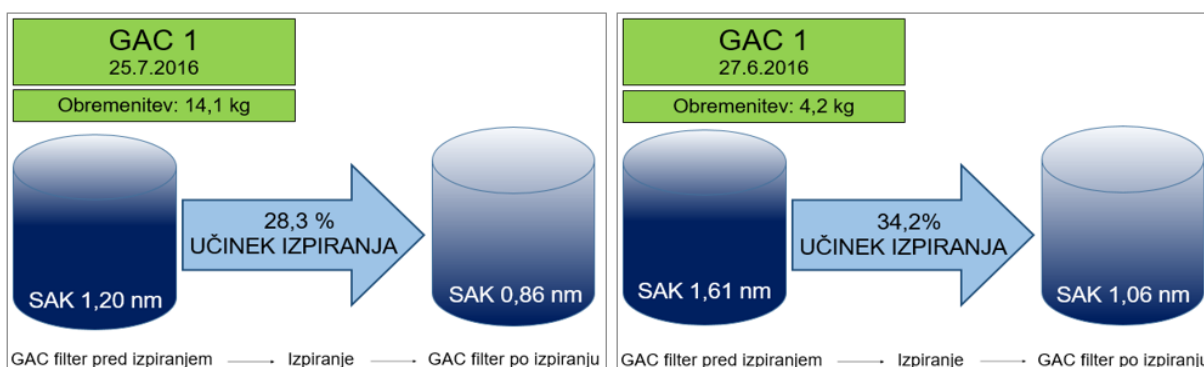
Glede na mikroskopski pregled usedenih snovi, ki je pokazal prisotnost alg in kotačnikov, je izpiranje nujno potrebno za dovolj kakovostno filtriranje vode, saj si ne želimo prisotnosti večjih delcev oz. mikroorganizmov v vodi pred vstopom v ultrafiltracijo.

3. *Hipoteza: Učinek izpiranja je pri bolj obremenjenih GAC filterih večji kot pri manj obremenjenih z organskimi snovmi.*

Glede na to, da se masa materiala, s katerim je obremenjen GAC filter, giblje med 4,2 in 14,1 kg, bi se morale pokazati bistvene razlike v učinku izpiranja. Ker pa se učinek izpiranja giblje med 34,2 in 23,5 %, lahko to hipotezo takoj ovržemo.

Če pogledamo bolj podrobno, je filter, ki je bil najmanj obremenjen z organskim materialom, dosegel najvišji učinek izpiranja, medtem ko je filter z največjo obremenjenostjo dosegel nizek odstotek učinkovitosti izpiranja.

Za primerjavo sem si izbrala filter GAC 1, ko je bil najbolj obremenjen in ko je bila obremenjenost z organskimi snovmi najmanjša. Kot prikazuje slika 11, je bil v primeru večje obremenjenosti učinek nižji za 5,9 % kot pa pri manjši obremenjenosti izbranega filtra.



Slika 11: Primerjava učinka čiščenja filtra GAC 1 pri različnih obremenitvi z organskim materialom
Vir: osebni arhiv

V obeh primerih je filter takoj po izpiranju deloval s ca. 50 % učinkovitostjo filtriranja vode (bolj obremenjen 50,0 %, manj obremenjen 50,2 %).

Kot je bilo že večkrat omenjeno, sem učinkovitost izpiranja izračunala glede na SAK vrednost prefiltrirane vode, kar za sabo potegne veliko spremenljivk. Najpomembnejše je dejstvo, da je SAK prefiltrirane vode odvisen od SAK surove vode v trenutku odvzema vzorca, kar je razlog, da je SAK manj obremenjenega filtra večji kot SAK bolj obremenjenega (slika 11).

Tekom vzorčenja sem naletela na veliko ovir. Največji problem je bil čas, saj je bilo vzorčenje omejeno na trajanje mojega praktičnega usposabljanja. Zaradi časovne stiske sem pridobila premalo vzorcev prefiltrirane vode, saj je izpiranje filtrov pri minimalni obremenjenosti nesmiselno in neekonomično, filtri se ne nasičijo tako hitro, saj v vodi ni toliko organskih snovi, da bi se filtri hitreje nasičili. Ne glede na to, da se tekom izpiranja odstranijo tudi delci ogljikovih granul, filtri na NPPV Grmov vrh niso tako stari in ogljikove granule še opravljajo svojo vlogo – niso toliko poškodovane, da ne bi mogle več absorbirati zelene količine organskih snovi. Najbolj smotrno bi bilo filtre izpirati ob maksimalni obremenjenosti z organskim materialom.

Ker sem želela dobiti čim več podatkov v omejenem času, sem si raziskavo zastavila preveč široko in s tem dobila ogromno različnih podatkov, od tega pa mi mnogi med njimi sploh niso bili v pomoč. Istočasno sem odvzela premalo »pravih« vzorcev, kot na primer vzorec vode iz LHPS istočasno kot vzorec prefiltrirane vode 2 ure po izpiranju, saj bi tako pridobili bolj točne podatke o učinkovitosti filtriranja.

Glede na pridobljene izkušnje podjetju predlagam, da ponovijo raziskavo, vendar tokrat na podlagi TOC vrednosti ter da odvzamejo večje število vzorcev prefiltrirane vode po posameznih GAC filterih (vzorci A–D) ter manj vzorcev med izpiranjem le-teh.

6. POVZETEK

V tem diplomskem delu je predstavljena tehnologija delovanja GAC filtra nasploh in moje analize glede filtriranja vode in izpiranja GAC filtrov na NPPV Grmov vrh in NPPV Mazej. Ker je pred obnovitvijo objekta na NPPV Grmov vrh deloval peščen filter za filtriranje vode, se je Komunalno podjetje Velenje za GAC tehnologijo čiščenja odločilo zato, ker naj bi ta tehnologija imela boljši učinek čiščenja pitne vode kot prej obstoječi peščeni filtri. Ker vodo črpajo iz zajetij površinskih rek, je učinkovita odstranitev organskih snovi v vodi, ki je namenjena pitju, nujna. Aktiviran ogljik je za takšen način čiščenja pitne vode idealen, saj v majhnem prostoru zaradi svoje porozne strukture nudi veliko površino za oprijem organskim snovem. Ko se filter zasiti, torej se v njem nabere toliko organske snovi, da filter ne more več izvajati svoje funkcije, t. j. učinkovitega filtriranja, je potrebno tak filter izpirati. Filtri na izbranih NPPV se izpirajo protitočno z zrakom in vodo, pralna voda pa se zbira v sedimentacijskih bazenih.

Za izvajanje raziskave smo se odločili, ker 3 leta po vgradnji GAC filtrov takšna raziskava ali tej raziskavi podobna analiza v Komunalnem podjetju Velenje še ni bila opravljena. Ker se v Komunalnem podjetju Velenje zavedajo, da je notranji nadzor in monitoring ključnega pomena za zagotavljanje visoke kakovosti pitne vode, smo se reševanja zadanih vprašanj lotili sedaj. Spremljali smo GAC filtre na NPPV Grmov vrh in NPPV Mazej pred in po pranju, da bi ugotovili, ali tehnologija deluje kot smo pričakovali in če je ta tehnologija čiščenja sploh primerna za naše potrebe.

Glavni cilj diplomskega dela je bil izpolnjen, saj smo na podlagi rednega odvzema vzorcev in analiz teh vzorcev pridobili rezultate, ki so potrdili in ovrgli postavljene hipoteze. Za vse hipoteze smo pričakovali, da jih bomo lahko na koncu potrdili, vendar se je pri eni izkazalo obratno. Iz tega razloga mislim, da bi bilo za doseganje optimalnega delovanja GAC filtrov potrebno postopek izpiranja bolj podrobno spremljal ter analizirati.

Na začetku smo želeli opraviti čim več vzorčenj, ne glede na parametre obremenitve, nato smo se opredelili le na bolj zasitene filtre, saj smo predvidevali, da je to bolj smiselno. Naše predvidevanje smo tudi navedli v tretji hipotezi, ki pa se je na koncu izkazala za napačno, saj obremenitev filtra z organskim materialom nima nobene povezave z učinkovitostjo izpiranja filtra. Prav tako se je izkazalo, da najvišja popisana vrednost obremenitve filtra z organskim materialom (14,1 kg) ni vplivala na učinek filtriranja pitne vode.

Ker v našem primeru meritve TOC ni bilo mogoče izvesti zaradi nedelovanja merilnika, smo dobljene rezultate filtriranja in izpiranja filtra ovrednotili na podlagi vrednosti SAK. Rezultati analiz kažejo, da:

- GAC filtri delujejo pravilno,
- GAC filtri zagotavljajo ustrezno raven čistosti prefiltrirane vode,
- Po izpiranju GAC filtra ima le-ta večji učinek čiščenja kot pred izpiranjem,
- Izpiranje GAC filtrov je nujno potrebno za zagotavljanje ustreznih ravni čistosti vode,
- So vrednosti kemijskih parametrov v prefiltrirani vodi v območju mejnih vrednosti, določenih s Pravilnikom o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17),
- Največ organskega materiala se iz filtra izpere v prvi tretjini izpiranja filtra, skupaj z manjšimi koščki granul aktivnega oglja,
- Večja obremenjenost filtra z organskim materialom ne vodi v bistveno slabši učinek filtriranja kot manjša obremenjenost filtra,
- Obremenitev filtra z organskim materialom nima povezave z učinkovitostjo izpiranja filtra.

Če povzamemo vse ugotovitve, lahko rečemo, da je tehnologija GAC filtriranja za naš način priprave pitne vode primerna in dosega svoj namen.

7. SUMMARY

The thesis presents the technology of operating the GAC filter in general and my analysis of the filtration of water and the washing of GAC filters at the NPPV Grmov Vrh and the NPPV Mazej. Prior to the facility restoration at the NPPV Grmov Vrh, a sand filter was used for water filtration. However, the Velenje Municipal Utility Company opted for the GAC purification technology, because this technology is expected to have a better drinking water treatment effect than pre-existing sand filters. As water is pumped from surface catchments, effective removal of organic matter in drinking water is essential. Activated carbon is ideal for this type of drinking water treatment, because its porous structure provides a large surface area in a small space for organic matter adhesion. When the filter is saturated – which means that so much organic matter is accumulated in it that the filter can no longer perform its function, i.e. effective filtering -, it has to be washed. The filters on the selected NPPVs are washed counter-current with air and water, and the washing water is collected in sedimentation basins.

We have decided to carry out the study because three years after the GAC filter installation no such or similar study was done at the Velenje Utility Company. Since the Velenje Utility Company is aware that internal control and monitoring are crucial for ensuring high quality of drinking water, the issues are being addressed now. We monitored GAC filters at NPPV Grmov Vrh and NPPV Mazej before and after the washing to determine if the technology was working as expected and if this cleaning technology was at all appropriate for our needs.

The main goal of the diploma thesis has been fulfilled, since we have obtained results from the regular sampling and analyses of these samples, which both confirmed and refuted the hypotheses. We expected to be able to confirm all the hypothesis in the end, however, one proved to be the opposite. For this reason, I think that, in order to achieve optimal performance of GAC filters, the washing process should be more closely monitored and analysed.

Initially, we wanted to do as many samplings as possible, regardless of the load parameters; then we focused only on the more saturated filters, as we assumed it made more sense. We also stated our prediction in the third hypothesis, which in the end turned out to be incorrect, since the loading of the filter with organic material has nothing to do with the efficiency of the filter washing. Furthermore, it turned out that the highest recorded value of the loading of the filter with organic material (14.1 kg) did not influence the effect of filtering the drinking water.

Since, in our case, the TOC measurement could not be made due to meter failure, the obtained filtering and filter washing results were evaluated according to the SAK value. The results of the analyses show that:

- GAC filters work properly
- GAC filters provide adequate levels of purity of the filtered water
- after washing the GAC filter, it has a greater cleaning effect than before washing
- washing the GAC filters is essential to ensure an adequate level of water purity
- the chemical parameter values in the filtered water are in the range of the limit values determined by the Rules on Drinking Water (Official Gazette RS, No.19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 and 51/17)
- most of the organic material is washed out of the filter in the first third of the filter wash, together with smaller pieces of activated carbon granules
- increasing the filter load with organic material does not lead to significantly worse filtering effect than lower filter loading
- the loading of the filter with organic material has no relation to the efficiency of the filter washing

Summing up all the findings, we can say that GAC filtration technology is appropriate for our drinking water treatment and is achieving its purpose.

LITERATURA IN VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje. Medmrežje:

http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=827, 20. 3. 2018

Bansal, R. C., Goyal M. (2005). Activated carbon adsorption. Boca Raton, Taylor & Francis, str.: 1, 2, 3, 4, 7, 434, 435

Čista in zdrava pitna voda. Naš zaklad in naš ponos. 2015

Čistilna naprava za pitno vodo Grmov vrh: navodila za obratovanje in vzdrževanje. Esotech, 2014, str.: 45, 50, 59, 62, 63, 65, 66, 72, 73

Environmental Technology Verification Report. U.S., Environmental Protection Agency 2011

Gray N. F. (2008). Drinking water quality: Problems and solutions. Cambridge, Cambridge University Press, str. 37, 78, 79, 137

Hassler, J. W. (1974). Purification with activated carbon: industrial, commercial, environmental. New York, Chemical Publishing str. 64

Jeršek, B. (2013). Mikrobiološka analiza: Navodila in delovni zvezek za laboratorijske vaje, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Komunalno podjetje Velenje: Medmrežje 1: https://www.kp-velenje.si/images/vsebina/Predstavitev_PE_KOMUNALA_2017.pdf, 23. 11. 2017

Komunalno podjetje Velenje: Medmrežje 2: <https://www.kp-velenje.si/index.php/o-podjetju>, 23. 11. 2017

Komunalno podjetje Velenje: Medmrežje 3: <https://www.kp-velenje.si/index.php/dejavnosti/tehnologije-in-nadzor>, 23. 11. 2017

Komunalno podjetje Velenje: Medmrežje 4: https://www.kp-velenje.si/images/vsebina/zgodovina_podjetja.pdf, 23. 11. 2017

Kraški vodovod Sežana. Medmrežje: http://www.kraski-vodovod.si/?stran=voda-indikatorski-parametri#Električna_prevodnost (10. 7. 2017)

Laboratorij za kemijo in okoljevarstvo. Medmrežje: <http://lko.fs.um.si/sl/equipment> (10. 7. 2017)

Medmrežje A: <http://profobr.club/jpgipng-inkolab.html> (10. 7. 2017)

Panjan, J. (2002). Osnove zdravstveno hidrotehnične infrastrukture. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, str. 3, 4, 6, 12, 13, 14, 37, 41

Pravilnik o pitni vodi (Ur. l. RS, št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06, 25/09, 74/15 in 51/17)

Roš, M., Zupančič, G. D. (2010). Čiščenje odpadnih voda. Velenje, Visoka šola za varstvo okolja str. 182, 183, 184

SI Analytics. Medmrežje: <http://www.si-analytics.com/en/products/laboratory-electrodes/blueline-electrodes.html> (10. 7. 2017)

Sillanpaa, M. (2014) Natural Organic Matter in Water: Characterization and Treatment Methods, Laboratory of Green Chemistry, Lappeenranta University of Technology, Mikkeli, Finland, str.: 9, 218

Simonič, M. (2004) Tehnologija vod: Laboratorijske vaje. Medmrežje: http://www.fkkt.um.si/egradiva/fajli/tehnologija_vod_vaje.pdf (10. 7. 2017)

Stanojević, M. (2009). Tretman pijaće vode. Beograd, Građevinska knjiga, str. 381

Statistični urad Republike Slovenije. Medmrežje: <http://www.stat.si/statweb>, 20. 3. 2018

Tehnološki načrt: tehnično poročilo: Čistilna naprava za pitno vodo Grmov vrh, 2012, str.: 5, 9

WinCC scada sistem

Worch, E. (2012). Adsorption technology in water treatment: Fundamentals, processes, and modeling, Dresden University of Technology, Institute of Water Chemistry, Dresden, str.: 12, 13

Zmazek, B., Smrdu, A., Ferk Savec, V., Glažar, S., Vrtačnik, M.:Kemija 2: i-učbenik za kemijo v 2. letniku gimnazij, Medmrežje: <https://eucbeniki.sio.si/kemija2/606/index2.html>,

Zupin, G. (2015). Metoda Bactiquant za zaznavanje bakterij v pitni vodi. Aquaintelligence, Ljubljana

PRILOGE

REZULTATI ODVZEMA VZORCEV VODE PRED PRANJEM GAC FILTROV TER PO PRANJU GAC FILTROV NA NPPV GRMOV VRH

DATUM	VZOREC	pH	MOTNOST		PREVODNOST μS/cm	SAK				BQ	SŠM		
			NTU	μS/cm		254 nm	% Filtriranja	% čiščenja	436 nm		37°	22°	
27.6.2016	A	8,04	1,88	224	2,13			0,41	/	51,1	> 391,2	Obremenitev: 4,20 kg	
PON	B	7,87	0,7	225	1,61	24,41		0,13		35,7	321,9		
GAC1	C	7,86	0,29	225	1,06	50,23	34,16	0,00		<1,8	<1,8		
	D	7,7	0,96	223	1,60	24,88	0,62	0,15					
28.6.2016	A	8,15	1,64	217	2,30			0,40	809	10,5	> 391,2	Obremenitev: 6,008kg Do izpiranja: 8495 m3 Čas delovanja: 5230 ur	
TOR	B	7,96	0,92	217	1,71	25,65		0,11	192	15,1	212		
GAC3	C	7,95	0,23	217	1,23	46,52	28,07	0,00	7	<1,8	<1,8		
	D	7,7	1,24	219	1,89	17,83	-10,53	0,21	292	38,6	> 391,2		
12.7.2016	A	8,1	1,22	225	1,33			0,20	615	8,3	230,3	Obremenitev: 6,46 kg Do izpiranja: 3187 m3 Čas delovanja: 9494 ur	
TOR	B	7,94	0,31	226	0,98	26,32		0,02	113	2	113,9		
GAC2	C	7,93	0,27	227	0,75	43,61	23,47	0,00	0	<1,8	<1,8		
	D	7,96	1,24	224	1,00	24,81	2,04	0,04	155	2	91,6		
25.7.2016	A	8,00	4,57	231	1,72			0,29	1157	24,8	391,2	Obremenitev: 12,602 kg Do izpiranja: 1335 m3 Čas delovanja: 10942 ur 0,35 bar	
PON	B	7,85	0,77	232	1,22	29,07		0,07	187	8,3	183,3		
GAC4	C	7,8	0,25	232	0,83	51,74	31,97	0,00	12	<1,8	<1,8		
	D	7,87	0,65	233	1,22	29,07	0,00	0,07	263	19,8	252,6		
25.7.2016	A	8,00	4,57	231	1,72			0,29	1157	24,8	391,2	Obremenitev: 14,139 kg Do izpiranja: -131m3 Čas delovanja: 12011 ur 0,05 bar	
PON	B	7,84	2,52	232	1,20	30,23		0,05	159	10,5	160,9		
GAC1	C	7,83	0,47	232	0,86	50,00	28,33	0,00	12	<1,8	<1,8		
	D	7,87	0,79	231	1,21	29,65	0,83	0,07	197	17,4	391,2		

Priloga 1: Rezultati odvzema vzorcev vode pred pranjem GAC filtrov ter po pranju GAC filtrov na NPPV Grmov vrh

Vir: osebni arhiv

REZULTATI ODVZEMA VZORCEV VODE PRED PRANJEM GAC FILTROV TER PO PRANJU GAC FILTROV NA NPPV MAZEJ

DATUM	VZOREC	pH	MOTNOST NTU	PREVODNOST μS/cm	SAK				SŠM					
					254	%	%	436	BQ	22°	37°			
					nm	Filtriranja	čiščenja	nm						
4.7.2016 PON GAC1	A	7,58	1,52	304	0,47			0,04	29	321,9	15,1	obremenitev: 3,317 kg čas delovanja: 4638 min čas mirovanja: 111 min do izpiranja: 15696 m3		
	B	7,51	0,53	304	0,44	6,38		0,03	71	321,9	6,2			
	C	7,50	0,37	303	0,31	34,04	29,55	0,00	12	<1,8	<1,8			
	D	7,37	0,59	295	0,31	34,04	29,55	0,00	75	<1,8	<1,8			
5.7.2016 TOR GAC2	A	7,58	1,22	301	0,37			0,01	33	321,9	10,5	obremenitev: 0,1176 kg čas delovanja: 129 min čas mirovanja: 31 min do izpiranja: 19075 m3		
	B	7,54	0,27	299	0,31	16,22		0,03	71	171,5	10,5			
	C	7,54	0,25	301	0,22	40,54	29,03	0,00	1	<1,8	<1,8			
	D	7,34	0,71	296	0,31	16,22	0,00	0,01	0	230,3	2			
2.8.2016 TOR GAC1	A	7,58	0,32	299	0,26			0,01	22	32,9	2	surova voda	tor	2.8.
	B	7,51	0,47	298	0,19	26,92		0,00	48	32,9	4,1	pred pranjem	tor	2.8.
	C	7,53	0,19	299	0,16	38,46	15,79	0,00	75	61,6	<1,8	takoj po pranju	tor	2.8.
	D	7,51	0,33	299	0,14	46,15	26,32	0,00	10	<1,8	<1,8	po 2h	tor	2.8.
	E	7,37	0,74	298	0,18	30,77	5,26	0,00	26	4,1	<1,8	po 24h	sre	3.8.
	F	7,20	0,67	318	0,33	26,92	-73,68	0,00	260	15,1	<1,8	po 48h	čet	4.8.
	G	7,44	0,33	291	0,32	23,08	-68,42	0,00	54	12,8	<1,8	po 72h	pet	5.8.
	H	7,44	0,42	315	0,24	7,69	-26,32	0,00	160	15,1	<1,8	po 144h	pon	8.8.
	I	7,44	0,58	301	0,29	11,54	-52,63	0,00	90	19,8	10,5	po 236h	čet	11.8.
	J	7,47	0,39	308	0,25	3,85	-31,58	0,00	46	15,1	10,5		tor	16.8.

Priloga 2: Rezultati odvzema vzorcev vode pred pranjem GAC filtrov ter po pranju GAC filtrov na NPPV Mazej

Vir: osebni arhiv

REZULTATI ODVZEMA VZORCEV VODE MED PRANJEM GAC FILTRA 1 NA NPPV GRMOV VRH

DATUM	VZOREC	USEDLJIVE SNOVI		pH	MOTNOST	PREVODNOST	Čas odvzema vzorca
		30 min	2h				
27.6.2016 PON	1	<0,1	<0,1	8,1 (13,3)	2,68	220 (12,6)	Obremenitev: 4,20 kg
	2	2	2,2	7,99 (12,6)	206	227 (13,2)	
	3	0,8	0,9	8,05 (14,5)	165	228 (13,8)	
	4	0,2	0,2	8,05 (13,7)	94,1	228 (14,6)	
	5	0,2	0,4	8,04 (15,1)	82,1	227 (14,8)	
	6	0,2	0,4	8,04 (14,4)	64,3	226 (15,1)	
	7	0,1	0,1	8,03 (15,9)	48,6	227 (16,5)	
11.7.2016 PON	1	<0,1	<0,1	7,37 (14,0)	3,24	228 (14,1)	0
	2	0,5	0,9	7,75 (14,5)	49	229 (14,1)	1
	3	3,1	3,5	7,85 (14,6)	148	235 (15,6)	3
	4	0,6	0,7	7,95 (15,2)	105	233 (14,6)	5
	5	0,2	0,4	7,99 (14,6)	64	232 (15,4)	7
	6	0,2	0,3	8,01 (14,5)	53,6	231 (14,5)	9

Priloga 3: Rezultati odvzema vzorcev vode med pranjem GAC filtra 1 na NPPV Grmov vrh

Vir: osebni arhiv

	7	0,1	0,2	7,99 (15,1)	45,7	231 (15,9)	dveh stekelc); prisotne so bile tudi alge iz skupine diatomej A v povprečni pogostosti 2 celic na vidno polje	11
	8	0,1	0,1	7,97 (16,0)	46,1	231 (15,8)		11:30
25.7.2016	1	<0,1	<0,1	7,95 (15,3)	5,27	230 (14,9)	Obremenitev: 14,139 kg Do izpiranja: -131m3 Čas delovanja: 12011 ur 0,05 bar	0
PON	2	2,5	3,5	7,73 (14,0)	191	232 (14,8)		1
	3	13	10	8,02 (15,5)	602	237 (15,0)		3
	4	4	4	7,97 (15,1)	287	237 (15,7)		04:30
	5	1,6	2	8,01 (16,6)	148	236 (17,0)		6,5
	6	1,1	1,5	7,97 (17,2)	99,5	235 (16,6)		08:30
	7	1,8	1,5	7,97 (16,9)	85,2	234 (17,3)		10:15
	8	0,6	0,7	7,97 (17,2)	66,3	234 (16,9)		11:45

REZULTATI ODVZEMA VZORCEV VODE MED PRANJEM GAC FILTRA 2 NA NPPV GRMOV VRH

DATUM	VZOREC	USEDLJIVE SNOVI		pH	MOTNOST	PREVODNOST		Čas odvzema
		30 min	2h					vzorca
		ml	ml		NTU	μS/cm		min
12.7.2016 TOR	1	<0,1	<0,1	8,26 (13,2)	9,17	226 (12,5)	Obremenitev: 6,46 kg Do izpiranja: 3187 m ³ Čas delovanja: 9494 ur	0
	2	0,6	0,8	8,30 (12,4)	28,6	226 (13,1)		1
	3	4	4,2	8,16 (16,6)	218	231 (16,0)	Mikroskopiranje: 2x kotačnik, alge, diatomeje, zrno cvetnega praha	02:30
	4	1,3	1,4	8,14 (15,7)	132	231 (16,1)		04:30
	5	0,8	1	8,11 (14,3)	51,6	229 (13,5)		06:30
	6	0,5	0,8	8,15 (13,3)	58,9	228 (14,4)		08:30
	7	0,4	0,7	8,07 (15,2)	44	228 (14,4)		10:30
	8	0,2	0,2	8,07 (15,7)	33,6	228 (16,3)		11:40

REZULTATI ODVZEMA VZORCEV VODE MED PRANJEM GAC FILTRA 3 NA NPPV GRMOV VRH

DATUM	VZOREC	USEDLJIVE SNOVI		pH	MOTNOST	PREVODNOST		Čas odvzema
		30 min	2h					vzorca
		ml	ml		NTU	μS/cm		min
28.6.2016 TOR	1	<0,1	<0,1	8,13 (12,0)	5,01	214 (11,6)	Obremenitev: 6,008kg Do izpiranja: 8495 m ³ Čas delovanja: 5230 ur	
	2	2,2	2,6	7,90 (11,3)	218	219 (12,0)		
	3	1,1	2	8,13 (12,9)	228	221 (12,4)		
	4	0,2	0,2	8,13 (12,4)	141	220 (13,0)		
	5	0,2	0,4	8,15 (13,8)	96,2	219 (13,5)		
	6	0,3	0,3	8,10 (14,1)	72,8	219 (14,4)		
14.7.2016 ČET	1	22	16	7,84 (14,2)	912	226 (14,6)	Obremenitev: 7,157kg Do izpiranja: 2262 m ³ Čas delovanja: 9918 ur	0
	2	20	16	8,02 (14,3)	>1000	225 (13,8)		01:30
	3	10	8,5	8,08 (14,7)	309	228 (15,1)		3
	4	3	3	8,08 (14,6)	288	229 (14,3)		04:30
	5	0,8	1,1	8,04 (14,2)	159	227 (14,0)		06:30
	6	0,4	0,5	8,01 (13,6)	75	227 (14,2)		08:30
	7	0,3	0,3	8,01 (14,3)	50	228 (15,0)		10:15
	8	0,3	0,3	8,03 (15,0)	38	227 (14,9)		11:45

Priloga 5: Rezultati odvzema vzorcev vode med pranjem GAC filtra 3 na NPPV Grmov vrh

Vir: osebni arhiv

REZULTATI ODVZEMA VZORCEV VODE MED PRANJEM GAC FILTRA 4 NA NPPV GRMOV VRH

DATUM	VZOREC	USEDLJIVE SNOVI		pH	MOTNOST	PREVODNOST		Čas odvzema
		30 min	2h					vzorca
		ml	ml		NTU	μS/cm		min
30.6.2016 ČET	1	0,7	0,7	8,13 (11,5)	56,6	226 (10,8)	Obremenitev: 6,87kg Do izpiranja: 6669 m3 Čas delovanja: 6743 ur	1
	2	2,1	2,6	7,94 (10,6)	244	233 (11,4)		02:15
	3	1,5	2,1	8,12 (12,3)	228	233 (11,6)		03:40
	4	0,2	0,3	8,13 (11,6)	184	232 (12,5)		5
	5	<0,1	0,2	8,10 (13,9)	129	232 (12,7)		06:30
	6	0,3	0,6	8,09 (12,6)	86,7	232 (13,7)		9
	7	<0,1	0,1	8,11 (14,8)	59,9	231 (14,8)		11:30
25.7.2016 PON	1	24	20	7,55 (16,4)	>1000	249 (16,4)	Obremenitev: 12,602 kg Do izpiranja: 1335 m3 Čas delovanja: 10942 ur 0,35 bar	0
	2	24	18	7,98 (16,1)	>1000	233 (15,5)		1
	3	12	8,9	8,00 (16,0)	671	235 (16,8)		3
	4	4,5	4,2	8,00 (17,2)	285	235 (16,1)		04:30
	5	1,4	1,5	8,00 (18,0)	96	234 (17,6)		06:30
	6	0,7	0,8	7,99 (17,5)	53	233 (17,4)		08:30
	7	0,4	0,5	8,00 (18,1)	41,5	234 (17,5)		10:15
	8	0,3	0,4	7,96 (17,8)	31,6	233 (19,0)		11:45

Priloga 6: Rezultati odvzema vzorcev vode med pranjem GAC filtra 4 na NPPV Grmov vrh

Vir: osebni arhiv

REZULTATI ODVZEMA VZORCEV VODE MED PRANJEM GAC FILTRA 1 NA NPPV MAZEJ

DATUM	VZOREC	USEDLJIVE SNOVI		pH	MOTNOST NTU	PREVODNOST μS/cm	Čas odvzema vzorca min
		30 min ml	2h ml				
24.6.2016 PET	1	0,5	0,7	7,67	83	325	obremenitev: 2,2 kg
				(14,2)		(12,8)	
				7,65		327	
				(13,3)		(13,3)	
				7,62		327	
				(14,4)		(12,9)	
				7,62		327	
(15,4)	(13,1)						
4.7.2016 PON	1	<0,1	0,1	7,58	3,92	306	obremenitev: 3,317 kg čas delovanja: 4638 min čas mirovanja: 111 min do izpiranja: 15696 m3
				(14,0)		(13,6)	
				7,48		311	
				(13,3)		(14,0)	
				7,55		312	
				(14,8)		(14,4)	
				7,56		310	
(14,1)	(14,8)						
7.7.2016 ČET	1	<0,1	<0,1	7,60	20,3	291	obremenitev: 0,1897 kg čas delovanja: 1960 min čas mirovanja: 0 min
				(14,4)		(14,1)	
				7,52		296	

Priloga 7: Rezultati odvzema vzorcev vode med pranjem GAC filtra 1 na NPPV Mazej

Vir: osebni arhiv

	2	<0,1	<0,1	(13,7) 7,58	21,9	(14,2) 298	do izpiranja: 18176 m3	1
	3	0,1	0,1	(15,1) 7,59	27,2	(14,6) 298	Mikroskopiranje: kotačnik 3x	2,5
	4	0,1	0,1	(14,4) 7,55	28,9	(15,0) 298		4
	5	0,1	0,1	(15,5) 7,57	30,8	(15,0) 298		5,5
	6	0,1	0,1	(14,9) 7,56	31,8	(15,5) 300		6,4
	7	0,1	0,1	(15,4) 7,53	30,4	(16,1) 292		7,2
2.8.2016 PET	1	0,5	0,7	(15,6) 7,37	57,9	(15,3) 296	obremenitev: 1,2 kg 0,4 bar	0
	2	0,2	0,3	(15,1) 7,56	44,3	(15,6) 299		1
	3	0,3	0,4	(15,8) 7,54	47,6	(15,7) 299		2,5
	4	0,4	0,4	(15,5) 7,54	38,9	(16,3) 299		4
	5	0,2	0,2	(16,7) 7,54	32,1	(16,6) 301		5,5
	6	0,2	0,2	(16,9) 7,54	29,6	(17,2) 299		7

REZULTATI ODVZEMA VZORCEV VODE MED PRANJEM GAC FILTRA 2 NA NPPV MAZEJ

DATUM	VZOREC	USEDLJIVE SNOVI		pH	MOTNOST NTU	PREVODNOST $\mu\text{S/cm}$	Čas odvzema vzorca min
		30 min ml	2h ml				
5.7.2016 TOR	1	<0,1	<0,1	7,66 (15,1)	14,7	295 (14,5)	Obremenitev: 0,1176 kg Čas delovanja: 129 min Čas mirovanja: 31 min Do izpiranja: 19075 m ³
	2	<0,1	<0,1	7,63 (14,1)	24,5	301 (14,5)	
	3	<0,1	<0,1	7,58 (15,8)	30,2	303 (15,4)	
	4	<0,1	<0,1	7,60 (15,2)	31,4	303 (15,7)	
	5	<0,1	<0,1	7,55 (15,2)	34,5	301 (15,0)	
	6	<0,1	<0,1	7,55 (14,9)	34,0	301 (15,4)	
							0
							1
							2,5
							4
							5,5
							7

Priloga 4: Rezultati odvzema vzorcev vode med pranjem GAC filtra 2 na NPPV Mazej

Vir: osebni arhiv