



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko

PONOVNA UPORABA ODPADNE VODE NA CENTRALNI ČISTILNI NAPRAVI ŠENTJUR

diplomsko delo

Študentka: Larisa Sevšek
Študijski program: visokošolski strokovni študijski program 1. stopnje Energetika
Mentor: doc. dr. Ivan Žagar
Lektor: Tine Pungarčič

Krško, september 2018



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko

Hočevarjev trg 1
8270 Krško, Slovenija

Številka: 04-347-40/2018 NL
Kraj in datum: Krško, 20.9.2018

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Statut UM - UPB12, Ur. l. RS, št.29/2017) izdajam

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Larisi Sevšek, študentki visokošolskega strokovnega študijskega programa 1. stopnje Energetika se dovoljuje izdelati zaključno delo.

Mentor: **doc. dr. Ivan Žagar**

Naslov zaključnega dela:

PONOVNA UPORABA ODPADNE VODE NA CENTRALNI ČISTILNI NAPRAVI ŠENTJUR

Naslov zaključnega dela v angleškem jeziku:

RE-USE OF WASTE WATER AT THE CENTRAL ŠENTJUR TREATMENT PLANT.

Rok za izdelavo in oddajo zaključnega dela je **30.9.2018**. Zaključno delo je potrebno izdelati skladno z »Navodili za izdelavo zaključnega dela« in ga v 3 spiralno vezanih izvodih oddati v Referat za študentske zadeve FE UM najkasneje 14 dni pred zagovorom. Hkrati se odda tudi izjava mentorja o ustreznosti zaključnega dela.

Pravni pouk:

Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat Fakultete za energetiko v roku 3 delovnih dni.



Dekan Fakultete za energetiko UM:
red. prof. dr. Bojan Štumberger

Obvestiti:

- Larisa Sevšek
- doc. dr. Ivan Žagar
- arhiv

ZAHVALA

*Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju doc. dr. Ivanu Žagarju za vso strokovno pomoč,
nasvete in usmerjanje pri nastajanju diplomskega dela.*

*Prav tako bi se zahvalila podjetju JKP Šentjur d. o. o. , ki so mi omogočili sodelovanje,
vpogled v njihovo delovanje in dostop do podatkov, potrebnih za diplomsko delo.*

*Ne nazadnje se zahvaljujem svoji družini za vso podporo, spodbudo, razumevanje in
potrpežljivost tekom študija.*

PONOVNA UPORABA ODPADNE VODE NA CENTRALNI ČISTILNI NAPRAVI ŠENTJUR

Ključne besede: čistilna naprava, odpadne vode, ponovna uporaba odpadne vode, krožno gospodarstvo.

UDK: 628.179.2:628.32(497.4Šentjur)(043.2)

Povzetek

V Sloveniji je več kot 70 % odpadne vode iz kanalizacijskih sistemov prečiščene, kljub temu pa je skoraj vsa izpuščena v naravo neuporabljena. V letu 2017 so Združeni narodi posebno pozornost namenili ravno ponovni uporabi odpadne vode, na ravni Evropske unije pa so v zadnjih leti pripravili več smernic in predlog za ponovno uporabo odpadne vode. V Sloveniji je zakonodaja o upravljanju z odpadno vodo v smislu ponovne uporabe žal še v povojih.

Zavedanje, da so naravne dobrine končne, nas spodbuja k usmeritvi k trajnostnemu razvoju in krožnemu gospodarstvu. V Sloveniji spada krožno gospodarstvo med strateške razvojne prioritete, katerih osrednji cilj je zagotavljanje kakovosti življenja za vse. Ponovna uporaba odpadne vode tako predstavlja pomemben element naše sedanjosti in prihodnosti, tako iz gospodarskega kakor naravovarstvenega vidika.

V diplomski nalogi bom teoretično predstavila izgradnjo sistema ponovne uporabe prečiščene odpadne vode na primeru Centralne čistilne naprave Šentjur. Namen naloge je prikazati smiselnost izgradnje takšnega sistema iz vidika okoljevarstva, varčevanja z naravnimi viri in stroškovnega vidika. Na podlagi izračunov se naložba povrne v devetnajstih mesecih, hkrati pa prispevamo k manjši obremenjenosti naravnih virov vode.

RE-USE OF WASTE WATER AT CENTRAL ŠENTJUR TREATMENT PLANT

Key words: wastewater treatment plant, wastewater, wastewater reuse, circular economy.

UDK: 628.179.2:628.32(497.4Šentjur)(043.2)

Abstract

In Slovenia, more than 70% of wastewater from sewerage systems is cleaned at wastewater treatment plants, but almost all of it is left further unused. In 2017, the United Nations paid special attention to the re-use of wastewater and several guidelines and proposals for the re-use of wastewater have also been drawn up at European Union level in recent years. In Slovenia, the legislation on wastewater management in terms of re-use is still in its infancy.

The awareness that natural resources are finite, encourages us to move towards sustainable development and circular economy. In Slovenia, the circular economy is one of the strategic development priorities whose main goal is to ensure the quality of life for all. The reuse of wastewater thus represents an important element of our present and future, both from an economic and environmental point of view.

In the following text we will theoretically present the construction of a system for the re-use of purified waste water on the example of the Central Wastewater Treatment Plant Šentjur. The purpose is to demonstrate the building of such system from the point of view of environmental protection, saving with natural resources and the cost perspective. On the basis of the calculations, the investment is reimbursed in the course of nineteen months, while at the same time we contribute to a lesser burden on natural water resources.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	1
2 PONOVNA UPORABA ODPADNE VODE	2
2.1 ODPADNA VODA	2
2.2 ČIŠČENJE ODPADNIH VOD	3
2.2.1 <i>Postopki čiščenja odpadnih vod.....</i>	<i>3</i>
2.3 ODPADNA VODA IN NJENA PONOVNA UPORABA	4
2.3.1 <i>Upravljanje z odpadno vodo in njena ponovna uporaba na ravni EU.....</i>	<i>4</i>
2.3.2 <i>Upravljanje z odpadno vodo in njena ponovna uporaba v Sloveniji.....</i>	<i>6</i>
2.3.3 <i>Primeri ponovne uporabe odpadne vode v Sloveniji.....</i>	<i>6</i>
2.3.4 <i>Krožno gospodarstvo in voda</i>	<i>7</i>
3 CENTRALNA ČISTILNA NAPRAVA ŠENTJUR.....	9
3.1 OPIS DELOVANJA IN SESTAVE ČISTILNE NAPRAVE.....	10
3.1.1 <i>Primarno čiščenje.....</i>	<i>11</i>
3.1.2 <i>Sekundarno čiščenje.....</i>	<i>11</i>
3.1.3 <i>Obdelava blata.....</i>	<i>12</i>
3.2 MERITVE KEMIJSKIH LASTNOSTI ODPADNE VODE.....	13
3.2.1 <i>Laboratorijske meritve.....</i>	<i>15</i>
3.2.1.1 Navodila za delo s hitrimi kivetnimi testi Hach Lange	17
3.2.1.2 Postopek merjenja kemijske potrebe po kisiku – KPK.....	18
3.2.1.3 Postopek merjenja skupnega fosforja – P.....	19
3.2.1.4 Postopek merjenja amonijaka – NH ₄ -N.....	20
3.2.1.5 Postopek merjenja skupnega dušika – N	20
4 PONOVNA UPORABA ODPADNE VODE NA ČISTILNI NAPRAVI ŠENTJUR	22
.....	22
4.1 PRIMERJAVA POTROŠNJE VODE	22
4.2 IZGRADNJA SISTEMA	25
4.2.1 <i>Ventili.....</i>	<i>27</i>
4.2.2 <i>Rezervoar.....</i>	<i>28</i>

4.2.3	<i>Črpalka</i>	29
4.2.4	<i>Filter</i>	30
4.2.5	<i>Hidrofor</i>	31
4.2.6	<i>Električni načrt</i>	32
4.3	STROŠKI IZGRADNJE	33
4.4	POVRNITEV INVESTICIJE.....	35
4.4.1	<i>Amortizacija in ponavljajoči se stroški</i>	35
5	UPORABA OČIŠČENE ODPADNE VODE NA CČN ŠENTJUR ZA NAMAKANJE KMETIJSKIH POVRŠIN	37
5.1	PARAMETRI VODE ZA NAMAKANJE KMETIJSKIH POVRŠIN.....	37
5.1.1	<i>Ustreznost prečiščene odpadne vode glede na trenutne meritve</i>	38
5.2	VZPOSTAVITEV SISTEMA ČIŠČENJA ODPADNE VODE ZA NAMAKANJE KMETIJSKIH POVRŠIN	38
5.3	KOLIČINA OČIŠČENE VODE ZA NAMAKANJE KMETIJSKIH POVRŠIN	40
6	SKLEP	42
	LITERATURA IN VIRI	43
	PRILOGE.....	46
	PRILOGA A: IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA	46

KAZALO SLIK

Slika 2.1: Mala Čistilna naprava RusaLCA v občini Šentrupert [13]	7
Slika 3.1: Centralna čistilna naprava Šentjur [16].....	9
Slika 3.2: Tloris CČN Šentjur	10
Slika 3.3: Primerjava povprečnih kemijskih lastnosti odpadne vode ob vstopu in izstopu iz čistilne naprave	15
Slika 3.4 Kivetni test [18].....	16
Slika 3.5: Navodila za delo s kivetnimi testi [19].....	18
Slika 3.6: Kiveta Hach Lange LCK 314 [19]	19
Slika 4.1: Poraba vode na merilnem mestu	23
Slika 4.2: Tloris modela izgradnje sistema ponovne uporabe odpadne vode.....	26
Slika 4.3: Ventil [22]	28
Slika 4.4: Izbrani rezervoar [23].....	29
Slika 4.5: Izbrana potopna črpalka [24].....	30
Slika 4.6: Dvojni vodni filter [25]	31
Slika 4.7: Hidrofor [29]	32
Slika 4.8: Električni načrt	33
Slika 5.1: Tloris CČN Šentjur z dodatnim postopkom čiščenja za namene namakanja....	39
Slika 5.2: Kapljično namakanje na Ptujskem polju [35]	40

KAZALO TABEL

Tabela 3.1: Biološke obremenitve CČN [16]	10
Tabela 3.2: Kemijske lastnosti odpadnih vod ob vходу v CČN	13
Tabela 3.3: Kemijske lastnosti odpadnih vod ob izhodu iz CČN.....	14
Tabela 3.4: Primerjava dovoljenih mejnih vrednosti in izmerjenih vrednosti na iztoku...	15
Tabela 4.1: Stroški porabe vode na merilnem mestu pred vgradnjo sistema	23
Tabela 4.2: Stroški porabe vode na merilnem mestu po vgradnji sistema	24
Tabela 4.3: Fiksni in variabilni stroški porabe vode pred in po izgradnji sistema	24
Tabela 4.4: Stroški materiala	33
Tabela 4.5: Stroški del	34
Tabela 4.6: Skupni stroški	34
Tabela 4.7: Stroški investicije in povrnitev vložka	35
Tabela 4.8: Amortizacija sredstev	35
Tabela 4.9: Ponavljajoči se letni stroški	36
Tabela 5.1: Mejne vrednosti parametrov vode za namakanje [32].....	37

UPORABLJENI SIMBOLI

%	–	odstotek
Σ	–	vsota
mm	–	milimeter
cm	–	centimeter
m	–	meter
m ³	–	kubični meter
l	–	liter
s	–	sekunda
h	–	ura
d	–	dan
kg	–	kilogram
W	–	watt
°C	–	stopinja celzija
μ S	–	mikrosiemens
pH	–	merilo za koncentracijo oksonijevih ionov v raztopini
ha	–	hektar
€	–	evro

UPORABLJENE KRATICE

MOP	–	Ministrstvo za okolje in prostor
EK	–	Evropska komisija
EU	–	Evropska unija
JRC	–	Joint Research Centre, Evropski skupni raziskovalni center
CČN	–	centralna čistilna naprava
PE	–	populacijski ekvivalent
KPK	–	kemijska potreba po kisiku
BPK	–	biokemijska potreba po kisiku
BPK ₅	–	biokemijska potreba po kisiku po preteku dobe 5 dni
SS	–	neraztopljene (suspendirane) snovi
N	–	dušik
P	–	fosfor
SBR	–	zaporedno biološko čiščenje
NH ₄ -N	–	amonijev dušik
H ₂ O ₂	–	vodikov peroksid
UV	–	ultravijolično valovanje
MPN	–	most probable number, najbolj verjetno število
DDV	–	davek na dodano vrednost

1 UVOD

Naraščanje števila prebivalcev, pospešen gospodarski razvoj z visoko stopnjo industrializacije in hitra urbanizacija povečujejo onesnaženost naravnega okolja, količino odpadnih vod in intenzivnost njihove onesnaženosti. Gospodarjenje z odpadnimi vodami je pri tem še posebej zapostavljeno, odpadna voda pa je slabo izrabljena kot dobro dostopen trajnostni vir vode, energije, hranil ter ostalih uporabnih snovi. Glede tega bo potrebna sprememba gledišča na osnovi uvida, da odpadna voda ni breme, ki se ga je treba zgolj znebiti, temveč dragocen vir, ki ga lahko ponovno uporabimo v različne namene [1].

V diplomskem delu predstavljam način ponovne uporabe odpadne vode na čistilni napravi, tako da raziskujem možnosti izgradnje sistema uporabe odpadne vode z vidika delovanja in sestave ter ugotavljam razmerje med stroški izgradnje in stroški porabe.

2 PONOVDNA UPORABA ODPADNE VODE

V svetu se več kot 80 % odpadnih voda izpusti v ekosistem neočiščenih ali ne znova uporabljenih [1]. V Sloveniji je delež neprečiščene odpadne vode iz kanalizacijskih sistemov v letu 2016 znašal 31 %, v letu 2017 pa 28 % [2 in 3]. Kljub temu, da se v Sloveniji odstotek prečiščene odpadne vode iz kanalizacijskih sistemov povečuje, je potrebno vzeti v obzir, da je v Sloveniji po podatkih iz leta 2015 priključenega na komunalne in skupne čistilne naprave le 58 % prebivalstva, preostalo predstavljajo greznice ter male komunalne čistilne naprave (z zmogljivostjo do 50 PE). V primerjavi z Nemčijo, Avstrijo, Italijo, Španijo in Nizozemsko, kjer je na čistilne naprave priključenega več kot 90 % prebivalstva, smo žal še daleč od zelenega stanja [5].

Do leta 2030 lahko pričakujemo 50 % povečanje potrebe po vodi v svetu, predvsem v mestih ter za potrebe kmetijstva [1]. Trenutno se vsa prečiščena odpadna voda v Sloveniji steka v vodotoke, podtalnico ter v morje [3], hkrati pa imamo danes na razpolago že veliko postopkov in sistemov čiščenja, ki omogočajo ponovno uporabo odpadnih voda. Ti postopki in sistemi lahko pripomorejo k zadovoljevanju vse večjih potreb po vodi, h krepitvi trajnostnega kmetijstva, industrije in turizma.

2.1 ODPADNA VODA

»Odpadna voda je voda, ki se po uporabi ali kot posledica padavin onesnažena odvaja v javno kanalizacijo ali vode [5]«. Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo tako razdeli odpadne vode na tri glavne skupine [5]:

- komunalna odpadna voda,
- industrijska odpadna voda ter
- padavinska odpadna voda.

Odpadna voda je tako posledica kakršne koli uporabe vode v gospodinjstvih, proizvodnih, storitvenih ali drugih dejavnostih, industriji in obrti, poleg pa štejemo tudi meteorno vodo, ki se izteka v kanalizacijski sistem. Narava je sposobna sama očistiti skoraj vse odpadne vode, vendar je pri gosti poseljenosti, intenzivnem kmetijstvu in industriji to nemogoče, saj bi se zaradi intenzitete onesnaženosti vode porušilo naravno ravnovesje favne in flore vodotokov ter širše okolice [6].

2.2 ČIŠČENJE ODPADNIH VOD

Odpadno vodo, ki se izteka iz kanalizacijskih sistemov, čistimo na čistilnih napravah. Definicija čistilne naprave po [5] je naprava za čiščenje odpadne vode, ki zmanjšuje ali odpravlja njeno onesnaženost. Čistilne naprave v osnovi ločimo glede na vrsto odpadne vode, ki jo čistijo – komunalne čistilne naprave, industrijske čistilne naprave, čistilne naprave padavinske odpadne vode ter skupne čistilne naprave (za čiščenje mešanice odpadnih voda).

2.2.1 Postopki čiščenja odpadnih vod

Odpadna voda se od čiste vode razlikuje v fizikalnih, kemijskih in bioloških lastnosti. Tako lahko delimo čiščenje vode glede na postopke [6]:

- fizikalni postopki,
- fizikalno-kemijski postopki,
- kemijski postopki,
- biološki postopki,
- elektrokemijski postopki in
- dezinfekcija.

Čiščenje odpadnih vod pa delimo tudi na [6]:

- predčiščenje (odstranjevanje večjih delcev),
- primarno čiščenje (odstranjevanje usedljivih snovi),
- sekundarno čiščenje (biološko čiščenje, razgrajevanje organskih snovi, dušikovih in fosforjevih spojin),

- terciarno čiščenje (nadaljnje odstranjevanje dušikovih in fosforjevih spojin, preostalih organskih snovi, suspendiranih snovi in bakterij) ter
- napredno čiščenje (odstranjevanje mikroonesnaževal).

Posamezne stopnje čiščenja lahko zajemajo več postopkov čiščenja, intenzivnost čiščenja odpadnih vod pa je pogojena z zmožnostmi čistilne naprave ter predpisanimi minimalnimi standardi čiščenja v [5].

V Sloveniji se je v letu 2015 s postopki terciarnega čiščenja prečistilo 55 % odpadnih vod, odstotek pa vsako leto narašča – predvsem zaradi načrtovanega širjenja kanalizacijskega omrežja, gradnje malih komunalnih čistilnih naprav ter nadgradnje obstoječih [4].

2.3 ODPADNA VODA IN NJENA PONOVNA UPORABA

Odpadne vode predstavljajo naravni vir, njihova ponovna uporaba pa po ustreznem čiščenju lahko zagotovi tudi gospodarsko korist. Odpadno vodo lahko med drugim uporabimo za namakanje kmetijskih in zelenih površin, v industriji kot hladilno vodo, za polnjenje podtalnice in injiciranje vodonosnikov podzemne vode, bogatenje pretokov rek in izboljšanje močvirij. Omenjeni načini uporabe vode so precej razširjeni, veliko manj pa je čiščenja vode do te stopnje, da bi se uporabljala tudi kot pitna voda [1 in 6].

Evropska komisija (EK) je že leta 2014 začela z javnim posvetovanjem o možnih spodbudah za ponovno uporabo prečiščene odpadne vode, ki danes iz čistilnih naprav še vedno najpogosteje odteka v ekosisteme. Bolj aktivna ponovna uporaba odpadne vode bi preprečevala nastajanje vse večjih težav s pomanjkanjem vode ter zmanjšala negativne učinke na okolje, ki so posledica pridobivanja iz drugih virov, kot so medregionalno preusmerjanje in razsoljevanje voda [8].

2.3.1 Upravljanje z odpadno vodo in njena ponovna uporaba na ravni EU

Na ravni EU potekajo različne aktivnosti z namenom razširjanja ponovne uporabe odpadne vode. Prepoznavanje pomena ponovne uporabe očiščene odpadne vode je EK izrazila že v

Načrtu za zaščito evropskih vodnih virov leta 2012 ter v sporočilu *Zapiranje zanke - akcijski načrt EU za krožno gospodarstvo* iz leta 2015 opozorila, da se prečiščena odpadna voda uporablja premalo. Na podlagi tega je EK načrtovala sprejem vrste ukrepov, ki bi spodbudili ponovno uporabo vode, vključno z zakonodajnim predlogom o minimalnih zahtevah za ponovno uporabljeni vodo. Leta 2016 je sprejela strokovno navodilo *Smernice za integracijo ponovne uporabe vode v načrtovanje in upravljanje voda* v okviru vodne direktive, kjer je državam članicam kot pomoč podala informacije za podporo načrtovanja ponovne uporabe odpadnih voda. Evropski skupni raziskovalni center (JRC) je v letu 2017 pripravil tehnični dokument o minimalnih zahtevah za ponovno uporabo očiščene odpadne vode za namakanje in bogatenje podzemne vode, EK pa pripravlja zakonodajni predlog za minimalne tehnične zahteve na ravni regulacije oziroma sklepa, ki bo v državah članicah prešel direktno v uporabo [8].

Maja 2018 je EK izdala *Predlog uredbe o minimalnih zahtevah za ponovno uporabo vode*. EK pri tem prednostno obravnava ponovno uporabo prečiščene vode v kmetijstvu oziroma za namakanje, saj ima kmetijsko namakanje največji potencial za povečano uporabo ponovno uporabljenе vode in lahko največ prispeva k zmanjševanju pomanjkanja vode v Evropi. Kot ključni vidik za spodbujanje zaupanja uporabnikov in tudi širše javnostjo glede varnosti reciklirane vode pri tem EK predpostavlja preglednost in dostop do informacij. Poudarek *Predloga za regulacijo glede minimalnih zahtev za ponovno uporabo vode* je tako na obveščanju javnosti in ne le na tradicionalnih obveznostih poročanja. Zahteve za spremljanje se bodo primarno naložile upravljavcem melioracijskih obratov, države članice pa bodo morale zagotoviti javni elektronski dostop do informacij. Predlagana uredba vključuje dodatne zahteve za spremljanje kakovosti predelane vode. Države članice naj bi na osnovi teh zahtev preverile skladnost z dovoljenimi pogoji na podlagi podatkov za spremljanje, pridobljenih v skladu s predlagano uredbo in drugimi direktivami. Države članice bodo nato objavile izide preverjanja skladnosti in zagotovile, da bo imela EK dostop do ustreznih podatkov [9].

2.3.2 Upravljanje z odpadno vodo in njena ponovna uporaba v Sloveniji

Zakonodajni okvirji glede ponovne uporabe vode so v Sloveniji trenutno še v izgradnji. V slovenski zakonodaji ponovno uporabo odpadne vode za zdaj omenjata Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Uradni list RS, št. 98/2015) in Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo (Uradni list RS, št. 98/2015). 27. člen [10] določa, da mora izvajalec javne službe voditi evidenco o količinah ponovno uporabljenе komunalne odpadne vode, evidenco o čistilnih napravah, iz katerih se ponovno uporabljena komunalna odpadna voda odvaža ter namenu njene uporabe. 13. člen [5] pa ponovno uporabo vode določa kot obvezen ukrep pri nastajanju industrijske odpadne vode. Ponovno uporabo odpadne vode urejajo še nekatere druge uredbe, ki so vezane na specifične dejavnosti, na primer rejo domačih živali (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz objektov reje domačih živali, Uradni list RS, št. 41/04), proizvodnjo farmacevtskih izdelkov (Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadne vode iz naprav za proizvodnjo farmacevtskih izdelkov in učinkovin, Uradni list RS, št. 94/07), proizvodnjo naprav za hlajenje in segrevanje vode (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz naprav za hlajenje ter naprav za proizvodnjo pare in vroče vode (Uradni list RS, št. 41/04) in podobno. Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 21/18) ponovne uporabe očiščene komunalne odpadne vode še ne obravnava.

2.3.3 Primeri ponovne uporabe odpadne vode v Sloveniji

Primer ponovne uporabe vode iz čistilnih naprav zasledimo v Šentrupertu, kjer so v sklopu projekta RusaLCA postavili malo čistilno napravo (slika 2.1). Odpadna voda iz naselja Poštaje se v čistilni napravi dodatno očisti s postopkom remediacije s pomočjo nanodelcev, nato pa se vrne v omrežje za ponovno uporabo, kjer se uporablja kot voda za zalivanje, pranje avtomobilov ali kot požarna voda. Prečiščena voda je napeljana tudi do bližnje betonarne, kjer se uporablja v proizvodnem procesu [11 in 12].



Slika 2.1: Mala Čistilna naprava RusaLCA v občini Šentrupert [13]

Ponovno uporabo očiščene odpadne vode v industriji je mogoče zaslediti kot proučevanje možnosti vpeljave sistemov ponovne uporabe. V Gorenju d. d. so v sodelovanju s Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo Univerze v Mariboru ter podjetjem Pantarein Bvba iz Belgije pripravili razvojno-raziskovalni projekt Eureka: Ponovna uporaba očiščene industrijske odpadne vode z uporabo membranskih filtracij. V sklopu projekta so postavili pilotno napravo, kjer je potekala membranska filtracija v dveh korakih, očiščena industrijska voda pa je zadoščala vsem potrebnim parametrom za ponovno uporabo v proizvodnji podjetja na oddelkih površinske zaščite (lakiranje, emajliranje in kromanje) [14]. Poleg omenjenega pilotnega projekta in diplomskih nalog, kaj več na to temo v Sloveniji žal ni zaslediti.

2.3.4 Krožno gospodarstvo in voda

V okviru spodbujanja krožnega gospodarstva je v letu 2017 Ministrstvo za okolje in prostor (MOP) izdalo Kažipot prehoda v krožno gospodarstvo Slovenije. Pri tem se krožno gospodarstvo »usmerja v ponovno uporabo, popravila in recikliranje obstoječih materialov in izdelkov. Temelji na uporabi energije iz obnovljivih virov, opušča uporabo nevarnih kemikalij, znižuje porabo surovin ter preko zasnove izdelkov (tako, da omogočajo kroženje materialov in ohranjajo dodano vrednost kolikor dolgo je to mogoče) nastajanje odpadkov

znižuje na ničelno stopnjo [11]«. V Kažipotu so se med drugim dotaknili ponovne uporabe odpadne vode na primeru male čistilne naprave Šentrupert ter na primeru podjetja Paradajz d. o. o. z blagovno znamko Lušt. Slednji poleg ekološkega zatiranja škodljivcev, ogrevanja s pomočjo geotermalne vode, uporabe embalaže iz recikliranega papirja in kratke transportne poti za zalivanje uporabljajo deževnico ter že uporabljeno vodo iz drenažnega sistema [11 in 15].

3 CENTRALNA ČISTILNA NAPRAVA ŠENTJUR

Simulacijo vgradnje sistema ponovne uporabe odpadne vode bomo opravili na primeru Centralne čistilne naprave Šentjur (slika 3.1).



Slika 3.1: Centralna čistilna naprava Šentjur [16]

Centralna čistilna naprava (CČN) Šentjur stoji na levem bregu Voglajne, zahodno od Šentjurja. Na njej se čistijo komunalne odpadne vode 12 okoliških naselij, nanjo pa je prav tako priključen industrijski onesnaževalec – klavnica. Zmogljivost CČN znaša 13.000 PE, maksimalni sušni pretok je $250 \text{ m}^3/\text{h}$, maksimalni deževni pretok $351 \text{ m}^3/\text{h}$, dnevna količina odpadnih vod, ki jih očisti, pa znaša 3.377 m^3 [16].

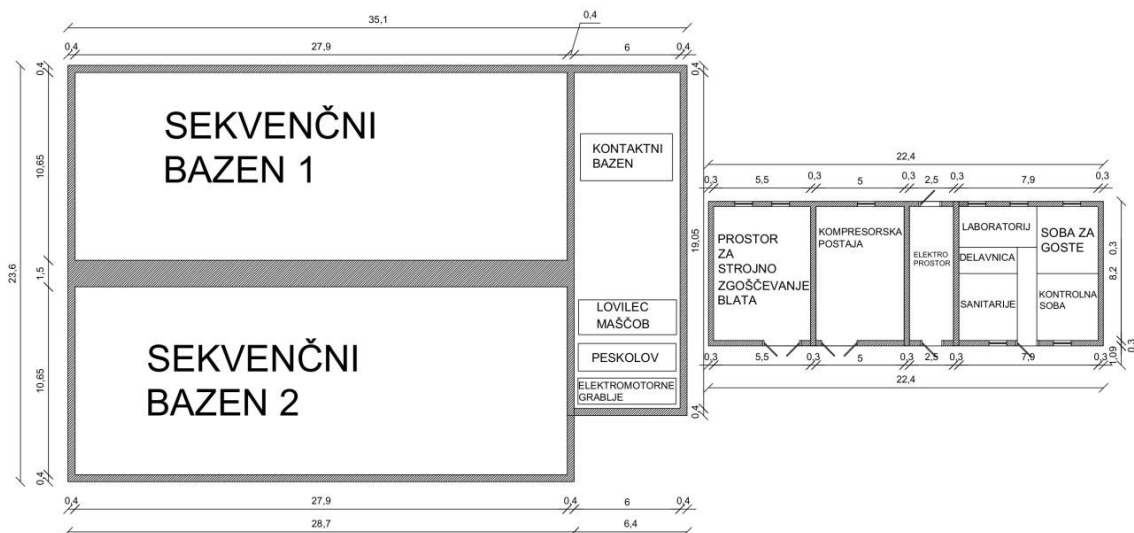
Biološke obremenitve CČN so predstavljene v tabeli 3.1.

Tabela 3.1: Biološke obremenitve CČN [16]

	Dnevna obremenitev (kg/d)	Koncentracija (mg/l)
KPK	1.560	462
BPK	780	231
SS	140	270
celokupni N	156	42,3
celokupni P	26	7,7

3.1 OPIS DELOVANJA IN SESTAVE ČISTILNE NAPRAVE

V CČN Šentjur poteka primarno in sekundarno čiščenje odpadne vode, aerobna stabilizacija blata ter nitrifikacija. Iz slike 3.2 je razviden tloris čistilne naprave skupaj s pripadajočimi objekti.



PONOVNA UPORABA ODPADNE VODE NA CČN ŠENTJUR SITUACIJA Larisa Sevšek 2018 M 1 : 250
--

Slika 3.2: Tloris CČN Šentjur

3.1.1 Primarno čiščenje

Odpadna voda iz kanalizacijskega sistema se zbira v dveh črpališčih (Šentjur in Vrbo), od koder po dveh tlačnih cevovodih doteka v kineto finih elektromotornih grabelj. V grabljah ujet material se s pomočjo vgrajenega polža odvede v zabojnik za izmet odpadkov, ki se ga prazni v komunalno vozilo za gospodinske odpadke. Grablje upravlja nivojski merilnik nivoja vode, nameščen v kineti [16].

V naslednji stopnji se odpadna voda iz kinete prelije v prezračevani peskolov in lovilec maščob. V peskolovu onesnažena voda s pomočjo stisnjenega zraka potuje spiralno, pri čemer se težji delci (pesek, jajčne lupine, pepel, kavna usedlina in druge hitro usedljive snovi) usedejo na dno, lažje organske snovi pa ostanejo v vodi. Usedlina se občasno črpa v izdvajalec peska s pomočjo posebne centrifugalne potopne črpalke. V izdvajalcu peska se iz vode izloči pesek in transportira v zabojnik za pesek, ki se obravnava kot gospodinski odpadke. Delovanje črpalke je krmiljeno preko računalnika in je časovno nastavljivo [6 in 16].

V peskolovu je vgrajen prezračevalni sistem z namenom izločanja plavajočih snovi. Izveden je kot stransko linijsko prezračevanje skozi perforirane cevi. Stisnjen zrak dovaja puhalo. Plavajoče snovi se v lovilec maščob odvedejo preko lamelne potopne stene, od koder se občasno ročno postrgajo preko prelivnega roba v jašek maščob. Na iztočnem delu peskolova je vgrajen preliv v kontaktni bazen, v jašku pa je vgrajen cevovod za odzemanje maščob s hitro spojko za priklop komunalnega vozila s cisterno [16].

Iz peskolova odpadna voda doteka v kontaktni bazen, kamor se prav tako dovaja povratno blato iz dveh sekvenčnih bazenov. V ta namen je v kontaktnem bazenu nameščen potopno mešalo. Iz kontaktnega bazena se voda izmenično prelija v sekvenčna bazena. Posamezen cikel obratovanja se začne z odpiranjem elektromotorne zasuna na dovodnem cevovodu [16].

3.1.2 Sekundarno čiščenje

Sekvenčna bazena z zaporednim biološkim čiščenjem (SBR) sta namenjena biološkemu čiščenju v odpadni vodi raztopljenega organskega onesnaženja, ki se manifestira skozi

parametre KPK in BPK₅. Procesi polnjenja, prezračevanja, bistrenja oziroma usedanja in odvajanja očiščene odpadne vode potekajo ciklično. Vsak od procesov traja približno eno uro, celotno delovanje SBR bazenov pa je vodeno računalniško [16].

V fazi polnjenja se v SBR bazen dovaja odpadna voda iz kontaktnega bazena, kjer se s pomočjo vgrajenih potopnih črpal tudi meša. Sočasno poteka denitrifikacija vode. V fazi prezračevanja začno potekati biokemijske reakcije, prezračevanje pa se izvaja s pomočjo membranskega prezračevala, nameščenega na dnu bazena. Faza usedanja je namenjena usedanju blata, v zadnji fazi praznjenja se očiščena voda izpusti v vodotok, iz bazena pa se odvede tudi blato [16].

Odvajanje očiščene odpadne vode se izvaja s pomočjo elektromotornih prelivnih žlebov oziroma tako imenovanih dekanterjev. Elektromotorni prelivniki obratujejo v odvisnosti od faze čiščenja ter nivoja vode, tako da leži prelivnik nekaj centimetrov pod nivojem vode. Voda nato preko kontrolnega jaška očiščena odteka v vodotok Voglajna. Blato se s pomočjo montirane črpalke odvaja iz SBR bazenov v zalogovnik oziroma zgoščevalc blata [16].

3.1.3 Obdelava blata

Blato, ki nastane kot presežek, se iz črpališča prečrpa v zalogovnik blata, kjer se poseda. Izločena blatnenica pa se preliva nazaj v kontaktni bazen. Blatnenico je možno prečrpati s pomočjo potopne črpalke. Ko zgoščeno blato doseže določen nivo, se črpa na centrifugo. Celotna vsebina zalogovnika se pred začetkom dehidracije premeša s pomočjo potopnega mešalnika v zalogovniku blata. S tem dobimo enakomerno koncentracijo blata, namenjenega za dehidracijo. Potopno mešalo v zalogovniku deluje ves čas obratovanja dehidracije [16].

Blato se po cevovodu iz zalogovnika in zgoščevalca črpa z vijačno ekscentrično črpalko v centrifugo za zgoščanje blata. Količino blata meri induktivni cevni merilnik pretoka, ki je vgrajen na cevovodu. Če nivo blata v zgoščevalcu in zalogovniku pade pod spodnjo mejo, se obratovanje črpalke za črpanje blata v centrifugo zaustavi. Rastopina polielektrolita in

vode se pripravlja v napravi za pripravo in doziranje polielektrolita. Raztopina se črpa v tlačni vod za dovod blata v centrifugo s pomočjo vijačne ekscentrične črpalke. Odpadna voda se iz centrifuge odvaja v interno črpališče in od tu ponovno na čistilno napravo. Dehidrirano blato izpada iz centrifuge v spiralni transporter blata, ta pa blato transportira v zabojnik. Odpadno blato se kot posebni odpad odvaža v nadaljnjo predelavo [16].

3.2 MERITVE KEMIJSKIH LASTNOSTI ODPADNE VODE

Na iztoku iz čistilne naprave je izveden kontrolni jašek iztoka za očiščeno odpadno vodo, ki je opremljen z napravami za kontinuirano merjenje pretoka preko meritve nivoja na Khafagi-venturi zožitve. Poleg tega je na iztoku montiran avtomatski vzorčevalnik, ki samodejno odvzema vzorce izpustnih voda in jih v določenih časovnih intervalih shranjuje v temu namenjene steklenice. Na ta način se opravlja konstantna kontrola vode [16].

Na podlagi Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda je treba na iztoku in pod določenimi pogoji na vtoku opravljati meritve pretoka in temperature ter drugih predpisanih parametrov. Monitoring se izvaja z namenom preverjanja kvalitete odpadnih voda in varstva okolja [17].

Tekom leta smo na CČN Šentjur opravljali lastne meritve kemijskih lastnosti vode ob sprejemu v CČN Šentjur ter ob izteku v vodotok (tabela 3.2).

Tabela 3.2: Kemijske lastnosti odpadnih vod ob vhodu v CČN

mesec	KPK (mg/l)	AMONIJAK (mg/l)	FOSFOR (mg/l)	DUŠIK (mg/l)
januar	568	1,27	8,37	79,9
februar	457	20,83	6,06	65
marec	320	10,8	4,76	52,9
april	850	18,8	4,5	51,4
maj	187	15,3	4,64	44
junij	681	0,6	7,37	19,3
julij	394	14,1	6,38	48,2
avgust	353	36	7,02	55
september	145	7	2,85	22,6

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

mesec	KPK (mg/l)	AMONIЈAK (mg/l)	FOSFOR (mg/l)	DUŠIK (mg/l)
oktober	251	19,1	3,66	37,9
november	240	0,12	3,44	35,4
december	231	12,3	2,11	26,1
povprečje	389,75	13,02	5,10	44,81

V tabeli 3.3 so navedene kemijske lastnosti vode ob iztoku v vodotok Voglajno.

Tabela 3.3: Kemijske lastnosti odpadnih vod ob izhodu iz CČN

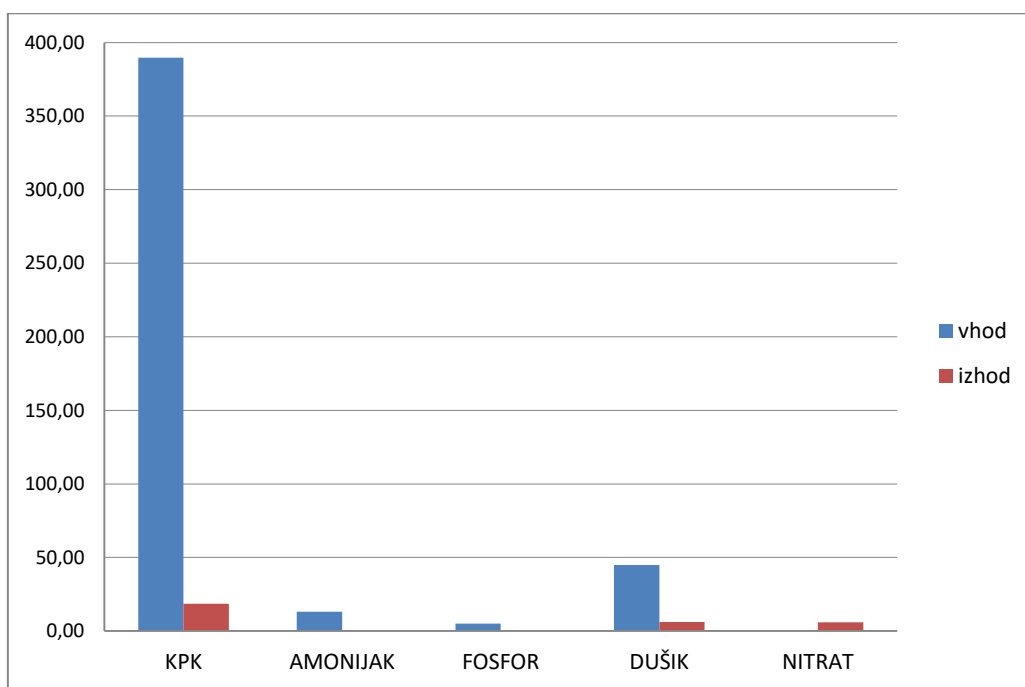
	KPK (mg/l)	AMONIЈAK (mg/l)	FOSFOR (mg/l)	DUŠIK (mg/l)	NITRAT (mg/l)
januar	14,5	0,728	1,72	8,32	6,18
februar	20	0,74	0,34	8,14	7,23
marec	19,4	0,03	0,49	6,41	3,81
april	11,1	0,18	0,43	8,53	8,51
maj	11	0,016	0,11	10,9	6,78
junij	25,6	0,21	1,4	1,22	9,01
julij	14,9	0,02	1,31	5,86	3,67
avgust	17,1	0,03	0,803	7,06	4,86
september	29,3	0,082	0,603	3,73	7,31
oktober	24,6	0,159	1,37	2,96	2,86
november	23,9	0,004	0,38	4,49	5,17
december	10,7	0,58	0,83	6,95	5,88
povprečje	18,51	0,23	0,82	6,21	5,94

V tabeli 3.4 so navedene dovoljene mejne vrednosti parametrov onesnaženosti očiščene odpadne vode, ki jih določa [10], pri čemer smo upoštevali mejne vrednosti za sekundarno in terciarno čiščenje za čistilne naprave z zmogljivostjo 10.000 do 100.00 PE, povzete iz preglednice 1 in preglednice 2 v prologi 1 Uredbe o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Povprečne letne vrednosti KPK, amonijaka, fosforja in dušika smo izračunali iz lastnih meritev, vrednosti BPK₅ in SS smo povzeli po [16]. Kakor je razvidno iz tabele 3.4, so izmerjene vrednosti parametrov onesnaženosti pod predpisanimi mejnimi vrednostmi.

Tabela 3.4: Primerjava dovoljenih mejnih vrednosti in izmerjenih vrednosti na iztoku

Parameter onesnaženosti	Dovoljene mejne vrednosti	Letno povprečje meritev na iztoku
BPK ₅ (mg/l)	20	8,45
KPK (mg/l)	110	18,5
SS (mg/l)	35	8,5
AMONIJAK (mg/l)	10	0,23
FOSFOR (mg/l)	2	0,82
DUŠIK (mg/l)	15	6,21

Na grafu slike 3.3 je prikazana razlika med kemijskimi lastnostmi vode ob vhodu in izhodu iz čistilne naprave, pri čemer smo upoštevali povprečne meritve tekom celega leta. Ob tem se je vrednost KPK zmanjšala za 95,25 %, vsebnost amonijaka za 98,22 %, vsebnost fosforja za 84,00 % ter vsebnost dušika za 86,13 %. Meritve vsebnosti nitrata ob vhodu odpadne vode v CCN nismo merili.



Slika 3.3: Primerjava povprečnih kemijskih lastnosti odpadne vode ob vstopu in izstopu iz čistilne naprave

3.2.1 Laboratorijske meritve

Pri laboratorijskih analizah smo uporabili kivetne teste podjetja Hach Lange. Za vsak parameter obstaja drug komplet kivetnega testa Hach Lange, ki ga sestavlja

predpripravljena testna kiveta in reagenti. Na sliki 3.4 je kivetni test Hach Lange LCK 214 za merjenje KPK na iztoku iz čistilne naprave.



Slika 3.4 Kivetni test [18]

Ob upoštevanju navodil moramo pravilno pripraviti vzorec, ga vstaviti v kineto ter položiti v termostat, ki ga segreje do zahtevane temperature. Ob segrevanju se razgradijo organske snovi v dovolj majhne delce, ki ne motijo meritev s spektrofotometrom. Termostat ima dva prednastavljena programa, prvi segreje na 180 °C ter traja 15 minut, drugi segreje na 148 °C ter traja 2 uri.

Vsaka od kinet je opremljena s črtno kodo, ki omogoča spektrofotometru avtomatsko prepoznavanje parametra, ki ga meri. Meritev poteka na osnovi valovnih dolžin, ki se razlikujejo za vsak parameter posebej.

Merilni testi so zasnovani na osnovi merilnih območij, tako da so različni za vtok in iztok. Vzrok različnih merilnih območij je v natančnosti meritev. Za izbiro merilnega območja najprej opravimo vizualni pregled odpadne vode, nato izberemo primeren test. Tako spektrofotometer znotraj merilnega območja določi vrednost parametra. V kolikor vrednost parametra sega izven merilnega območja, nas spektrofotometer na to opozori. V naslednjem koraku izberemo test, katerega merilno območje ustreza vrednostim merjenega parametra.

Vsi testi podjetja Hach Lange imajo za lažje prepoznavanje tudi komercialne oznake, za opravljanje meritev smo uporabljali naslednje hitre teste.

Testi za meritve parametrov ob vtoku odpadne vode na čistilno napravo:

- KPK (LCK 514; merilno območje 100 – 2000 mg/l),
- amonijak (LCK 303; merilno območje 2 – 47 mg/l),
- celotni fosfor (LCK 350; merilno območje 2 – 20 mg/l),
- skupni dušik TN (LCK 238; merilno območje 5 – 40 mg/l).

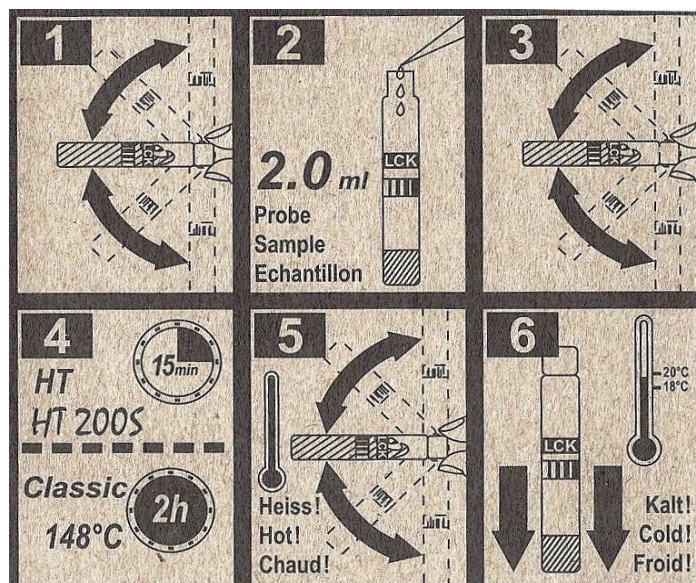
Testi za meritve parametrov ob iztoku vode na čistilni napravi:

- KPK (LCK 314; merilno območje 15 – 150 mg/l),
- amonijak (LCK 304; merilno območje 0,015 – 2 mg/l),
- celotni fosfor (LCK 348; merilno območje 0,05 – 1,5 mg/l),
- skupni dušik TN (LCK 138; merilno območje 1- 16 mg/l).

3.2.1.1 Navodila za delo s hitrimi kivetnimi testi Hach Lange

Na embalaži kivetnih testov so prikazana hitra slikovna navodila za postopek priprave kivetnega testa za meritev posameznega parametra, primer navodil je predstavljen na sliki 3.5. Pri delu v laboratoriju je potrebna velika doslednost pri upoštevanju navodil, kar omogoča zanesljiv in natančen rezultat meritve.

Pred postopkom analize odpadne vode smo vodo homogenizirali s pomočjo paličnega mešalnika ter jo dali v čašo. Na ta način smo ločeno pripravili odpadno vodo iz vtoka na čistilni napravi ter odpadno vodo, ki smo jo odvzeli tik pred iztokom v vodotok Voglajno.



Slika 3.5: Navodila za delo s kivetnimi testi [19]

3.2.1.2 Postopek merjenja kemijske potrebe po kisiku – KPK

1. Kiveto (slika 3.6) najprej dobro pretresemo, pri čemer se predpripravljen reagent v kiveti raztopi,
2. odvijemo pokrovček kivete ter odmerimo 2,0 ml odpadne vode,
3. pokrovček privijemo nazaj na kiveto ter dobro pretresemo,
4. kiveto vstavimo v termostat ter nastavimo gretje na 180 °C za 15 minut,
5. po končanem segrevanju kiveto zopet pretresemo,
6. s spektrofotometrom odčitamo rezultat.

Opisan postopek uporabimo tako pri merjenju KPK na vtoku kot iztoku iz čistilne naprave. Zaradi različnih merilnih območij na vtoku uporabimo hitri test z oznako LCK 514, na iztoku pa LCK 314.



Slika 3.6: Kiveta Hach Lange LCK 314 [19]

3.2.1.3 Postopek merjenja skupnega fosforja – P

Za merjenje skupnega fosforja na vtoku uporabimo hitri test LCK 350 po naslednjem postopku:

1. na priloženi kiveti odvijemo pokrovček in odstranimo zaščitno folijo,
2. v kiveto odmerimo 0,4 ml odpadne vode in privijemo pokrovček nazaj,
3. kiveto dobro pretresemo in jo postavimo v termostat na 180 °C za 15 minut,
4. po 15 minutah v termostatu odmerimo v kiveto 0,5 ml reagenta B,
5. na kiveto privijemo drugi pokrovček z reagentom C ter dobro pretresemo,
6. po 10 minutah odčitamo rezultat s spektrofotometrom.

Za merjenje skupnega fosforja na iztoku uporabimo hitri test LCK 348 po naslednjem postopku:

1. na priloženi kiveti odvijemo pokrovček in odstranimo zaščitno folijo,
2. v kiveto odmerimo 0,4 ml odpadne vode in privijemo pokrovček nazaj,
3. kiveto dobro pretresemo in jo postavimo v termostat na 180 °C za 15 minut,
4. po 15 minutah v termostatu odmerimo v kiveto 0,2 ml reagenta B,
5. na kiveto privijemo drugi pokrovček z reagentom C ter dobro pretresemo,
6. po 10 minutah odčitamo rezultat s spektrofotometrom.

3.2.1.4 Postopek merjenja amonijaka – NH₄-N

Za merjenje amonijaka na vtoku uporabimo hitri test LCK 303 po naslednjem postopku:

1. Na kiveti odstranimo zaščitno folijo in odvijemo pokrovček,
2. v kiveto odmerimo 0,2 ml prefiltriranega vzorca,
3. na kiveto privijemo pokrovček in dobro pretresemo,
4. merilno uro nastavimo na 15 minut, preteku časa odčitamo rezultat s spektrofotometrom.

Za merjenje amonijaka na iztoku uporabimo hitri test LCK 304 po naslednjem postopku:

1. Na kiveti odstranimo zaščitno folijo in odvijemo pokrovček,
2. v kiveto odmerimo 5,0 ml prefiltriranega vzorca,
3. na kiveto privijemo pokrovček in dobro pretresemo,
4. merilno uro nastavimo na 15 minut, preteku časa odčitamo rezultat s spektrofotometrom.

3.2.1.5 Postopek merjenja skupnega dušika – N

Za merjenje skupnega dušika na vtoku uporabimo hitri test LCK 238 po naslednjem postopku:

1. V posebno stekleničko odmerimo 0,2 ml vzorca, 2,3 ml reagenta A ter reagent B v obliki tabletk,
2. na stekleničko privijemo pokrovček, dobro premešamo in jo postavimo v termostatsko kupo na 180 °C za 15 minut,
3. dodamo reagent C v obliki tabletk in dobro pretresemo,
4. iz stekleničke odmerimo 0,5 ml vzorca in ga damo v kiveto, dodamo še 0,2 ml reagenta D in pretresemo,
5. merilno uro nastavimo na 15 minut, po preteku časa odčitamo rezultat s spektrofotometrom.

Za merjenje skupnega dušika na iztoku uporabimo hitri test LCK 138 po naslednjem postopku:

1. V posebno stekleničko odmerimo 1,3 ml vzorca, 1,3 ml reagenta A ter reagent B v obliki tabletko,
2. na stekleničko privijemo pokrovček, dobro premešamo in jo postavimo v termostat na 180 °C za 15 minut,
3. dodamo reagent C v obliki tabletko in dobro pretresemo,
4. iz stekleničke odmerimo 0,5 ml vzorca in ga damo v kiveto, dodamo še 0,2 ml reagenta D in pretresemo,
5. merilno uro nastavimo na 15 minut, po preteku časa odčitamo rezultat s spektrofotometrom.

4 PONOVDNA UPORABA ODPADNE VODE NA ČISTILNI NAPRAVI ŠENTJUR

Na CČN Šentjur želimo vodo, ki se po koncu čiščenja izliva v Voglajno, dodatno prečistiti in ponovno uporabiti kot tehnološko vodo za čiščenje ploščadi, pranje grabelj, bazenov, zabojnikov ter ostalih elementov čistilne naprave. Pri tem upoštevamo definicijo po [20], kjer se »tehnološka voda uporablja v proizvodne in druge namene, in zato ni potrebno, da po kakovosti ustreza normativom za pitno vodo. Podjetje to vodo pridobi iz lastnega zajetja, iz javnega vodovoda ali pa jo prejme od drugih«.

Z vgrajenim sistemom ponovne uporabe odpadne vode bi tako občutno zmanjšali porabo čiste pitne vode, ki se v CČN Šentjur uporablja kot tehnološka voda. Prav tako bi zmanjšali obremenjenost vodnih virov in hkrati zmanjšali stroške dobave čiste vode.

4.1 PRIMERJAVA POTROŠNJE VODE

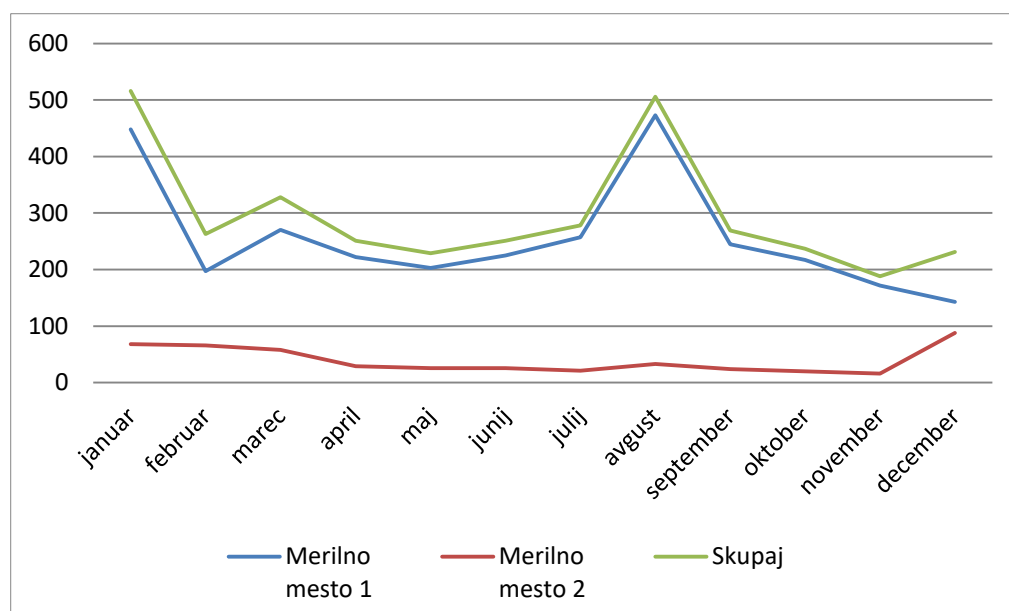
V CČN Šentjur se čista pitna voda dobavlja na dve različni merilni mesti. Števec na merilnem mestu 1 beleži dobavo vode za namene uporabe in vzdrževanja same čistilne naprave, števec na merilnem mestu 2 pa beleži dobavo vode v glavno stavbo z delovnimi prostori in laboratorijem.

Potrošnja vode je v opazovanem obdobju 12 mesecev znašala 3.547 m³, od tega 3.072 m³ na merilnem mestu 1 in 475 m³ na merilnem mestu 2 (tabela 4.1). Glavni delež porabe oziroma 87 % porabe prispeva poraba na merilnem mestu 1. Poraba vode je najvišja januarja in avgusta (razvidno iz grafa na sliki 4.1).

Tabela 4.1: Stroški porabe vode na merilnem mestu pred vgradnjo sistema

	Poraba vode (m ³)			Variabilni stroški (€)				Fiksni stroški (€)		
	Merilno mesto 1	Merilno mesto 2	Skupaj	Vodarina brez DDV	Vodarina z DDV	Čiščenje odpadne vode brez DDV	Čiščenje odpadne vode z DDV	Oskrba s pitno vodo z DDV	Okoljska dajatev	Omrežnina - čiščenje odpadne vode
januar	448	68	516	400,47	438,51	568,37	622,37	308,86	8,50	194,19
februar	197	66	263	204,11	223,51	289,69	317,22	308,86	8,50	194,19
marec	270	58	328	254,56	278,74	361,29	395,61	308,86	8,50	194,19
april	222	29	251	194,80	213,31	276,48	302,74	308,86	8,50	194,19
maj	203	26	229	177,73	194,61	252,24	276,21	308,86	8,50	194,19
junij	225	26	251	194,80	213,31	276,48	302,74	308,86	8,50	194,19
julij	257	21	278	215,76	236,25	306,22	335,31	308,86	8,50	194,19
avgust	473	33	506	392,71	430,01	557,36	610,31	308,86	8,50	194,19
september	245	24	269	208,77	228,60	296,30	324,45	308,86	8,50	194,19
oktober	217	20	237	183,94	201,41	261,06	285,86	308,86	8,50	194,19
november	172	16	188	145,91	159,77	207,08	226,75	308,86	8,50	194,19
december	143	88	231	179,28	196,31	254,45	278,62	308,86	8,50	194,19
Skupaj	3.072	475	3.547	2.752,83	3.014,35	3.907,02	4.278,19	3.706,32	102,00	2.330,28

Potrošnja vode letno znaša 3.547 m³ ter predstavlja letni strošek v višini 13.431 evrov (tabela 4.1 in tabela 4.3). Merilno mesto 1 pokriva porabo, kjer ni potrebna pitna voda, in ki jo je torej mogoče nadomestiti z novim sistemom ponovne uporabe očiščene odpadne vode.



Slika 4.1: Poraba vode na merilnem mestu

Po izgradnji sistema za ponovno uporabo odpadne vode bo tako ostala le potrošnja na merilnem mestu 2. Števec na merilnem mestu 1 na letni ravni kaže porabo 3.072 m³. To količino bo torej mogoče nadomestiti z novim sistemom. Letna poraba vode se bo s tem iz 3.547 m³ znižala na 475 m³, kar pomeni 87-odstotno znižanje porabe vode. Letni strošek vodarine, kjer ni potrebna pitna voda, znaša skupaj z DDV 2.610,68 evrov. Zmanjšali se bodo tudi stroški čiščenja odpadne vode z DDV, in sicer iz 4.278,19 evrov na 572,92 evra, kar pomeni prihranek v višini 3.705,27 evrov. Letni strošek porabe vode se bo tako iz 13.431,13 evrov znižal na 7.115,19 evrov (tabeli 4.2 in 4.3).

Tabela 4.2: Stroški porabe vode na merilnem mestu po vgradnji sistema

	Poraba vode (m ³)			Variabilni stroški (€)				Fiksni stroški (€)		
	Merilno mesto 1	Merilno mesto 2	Skupaj	Vodarina brez DDV	Vodarina z DDV	Čiščenje odpadne vode brez DDV	Čiščenje odpadne vode z DDV	Oskrba s pitno vodo z DDV	Okoljska dajatev	Omrežnina - čiščenje odpadne vode
januar	0	68	68	52,77	57,79	74,90	82,02	308,86	8,50	194,19
februar	0	66	66	51,22	56,09	72,70	79,61	308,86	8,50	194,19
marec	0	58	58	45,01	49,29	63,89	69,96	308,86	8,50	194,19
april	0	29	29	22,51	24,65	31,94	34,98	308,86	8,50	194,19
maj	0	26	26	20,18	22,10	28,64	31,36	308,86	8,50	194,19
junij	0	26	26	20,18	22,10	28,64	31,36	308,86	8,50	194,19
julij	0	21	21	16,30	17,85	23,13	25,33	308,86	8,50	194,19
avgust	0	33	33	25,61	28,04	36,35	39,80	308,86	8,50	194,19
september	0	24	24	18,63	20,40	26,44	28,95	308,86	8,50	194,19
oktober	0	20	20	15,52	17,00	22,03	24,12	308,86	8,50	194,19
november	0	16	16	12,42	13,60	17,62	19,30	308,86	8,50	194,19
december	0	88	88	68,30	74,78	96,93	106,14	308,86	8,50	194,19
Skupaj	0	475	475	368,65	403,67	523,21	572,92	3.706,32	102,00	2.330,28

Izgradnja sistema ne bo vplivala na fiksne stroške, ki so enaki ne glede na porabo. To so stroški oskrbe s pitno vodo, okoljske dajatve in omrežnine oziroma čiščenje odpadne vode. Ti stroški znašajo na letni ravni 6.138,60 evrov, in sicer oskrba s pitno vodo 3.706,32 evrov, okoljska dajatev 102,00 evra in omrežnina 2.330,28 evrov (razvidno iz tabel 4.1 in 4.2).

Tabela 4.3: Fiksni in variabilni stroški porabe vode pred in po izgradnji sistema

Vrsta stroškov	Pred izgradnjo	Po izgradnji
Fiksni stroški z DDV	6.138,60	6.138,60
Variabilni stroški z DDV	7.292,53	976,59
Skupni stroški z DDV	13.431,13	7.115,19
Variabilni stroški velikega števca	6.315,95	0

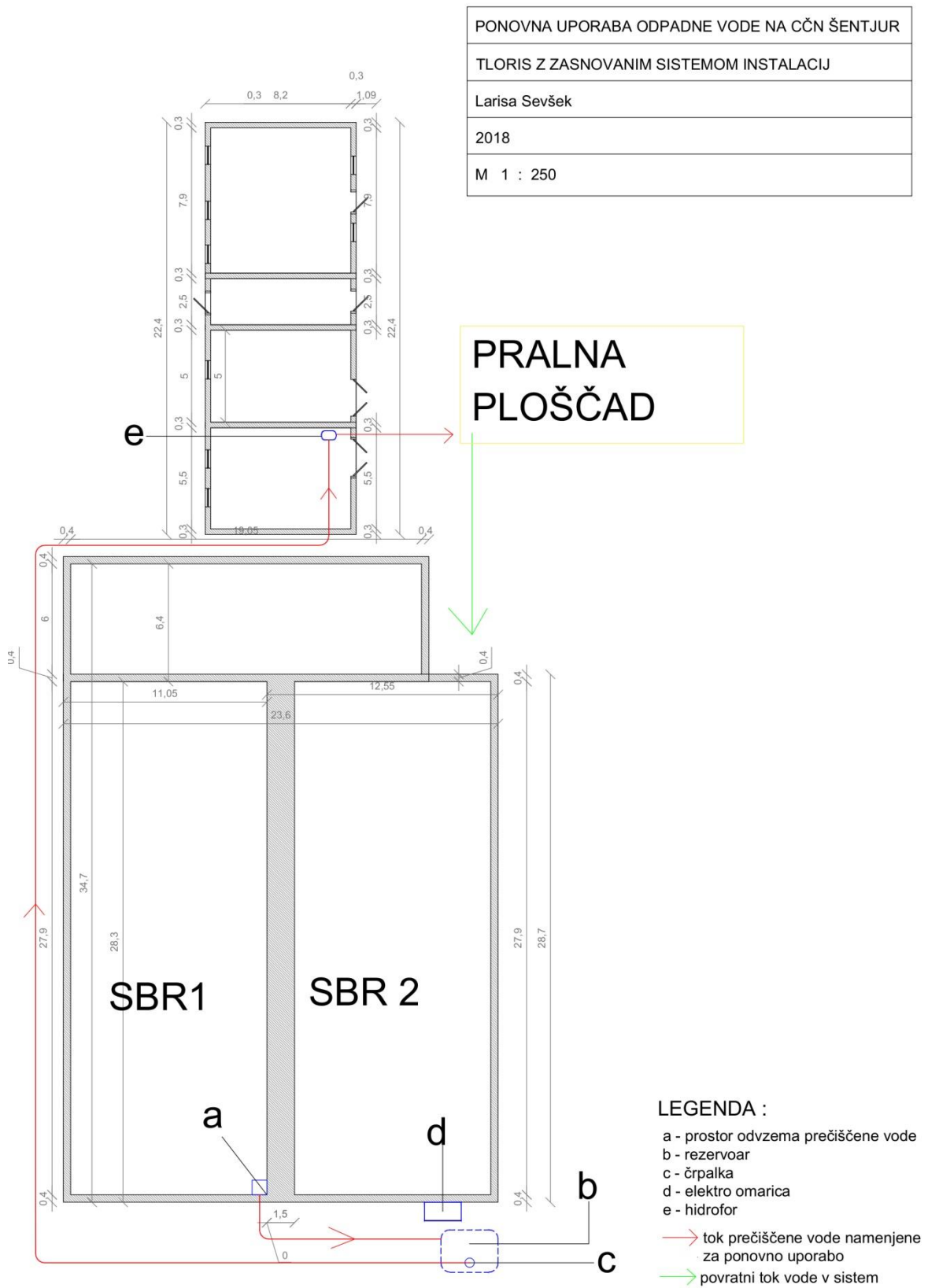
Po izgradnji sistema bi zmanjšali stroške porabe vode za 6.315,95 evrov.

4.2 IZGRADNJA SISTEMA

Za izgradnjo sistema (slika 4.2), s katerim bi porabo velikega števca nadomestili s ponovno uporabo očiščene odpadne vode, se bo pod zemljo vgradil 10.000-litrski rezervoar, kamor se bo iztekala prečiščena voda, ki bi sicer odtekla v vodotok. Na koncu SBR bazena, kjer voda ob zaključenem čiščenju steče v kanal, bo montiran motorno gnan ventil, vezan na plovno stikalo, nameščeno v rezervoarju. Ko se bo rezervoar napolnil do vrha, bo stikalo dalo signal ventilu, pri čemer se bo ta zaprl in obratno. Ventil in rezervoar bosta povezana s cevjo.

Na dnu rezervoarja bo nameščena črpalka, iz katere bo do vrha rezervoarja potekala gumijasta cev. Gumijasta zato, da je gibljiva in lažje odstranljiva v procesu čiščenja in popravil. Sama črpalka že ima lastno plovno stikalo, ki preprečuje suhi tek. Voda bo od tukaj po cevi povezana s hidroforjem, pred katerim bo nameščen filter, ki bo vodo še dodatno očistil.

Za izgradnjo sistema bomo potrebovali ventil, rezervoar, črpalko, filter in hidrofor.



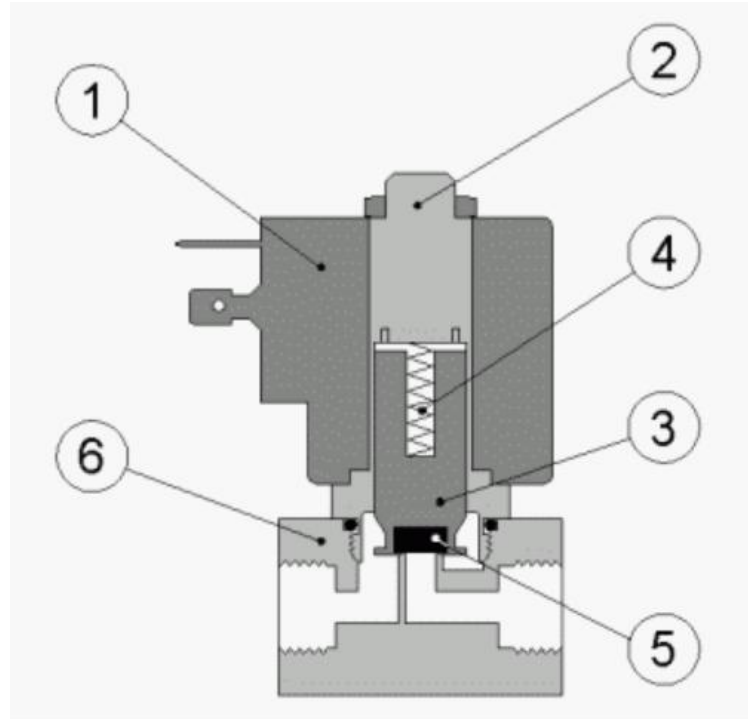
Slika 4.2: Tloris modela izgradnje sistema ponovne uporabe odpadne vode

4.2.1 Ventili

Za izgradnjo sistema bomo uporabili ventile slovenskega proizvajalca magnetnih ventilov Jakša. Proizvajalca smo izbrali na osnovi dolgoletne tradicije delovanja, kakovosti, mednarodne uveljavljenosti in certificiranja. Podjetje na trgu deluje že od leta 1965 in ima pridobljene naslednje certifikate ter izjave o skladnosti [21]:

- certifikat za sistem vodenja po SIST ISO 9001:2015
- ES certifikat o skladnosti tipa za tuljave v eksplozijsko varni izvedbi ("ATEX" direktiva 2014/34/EU)
- IECEx certifikat SIQ 11.0003X
- potrdilo o presoji sistema kakovosti proizvodnje na osnovi ATEX direktive 2014/34/EU;
- certifikat UL Recognized Component za različne tipe tuljave
- certifikat UL Recognized Component (Canada) za različne tipe tuljav
- EU izjavo o skladnosti z direktivami 2014/30/EU glede elektromagnetne združljivosti in 2014/35/EU glede nizkonapetostne opreme,
- EU izjavo o skladnosti z direktivo 2014/68/EU o tlačni opremi (PED),
- izjava o skladnosti z direktivo 2011/65/EU (RoHS 2) ter
- certifikat o skladnosti z EN 161 za plinske ventile.

Za izgradnjo sistema smo izbrali dva ventila iz nerjavečega jekla z direktnim delovanjem. Ventil z direktnim delovanjem se odpre, ko tuljava doseže napetost, in sicer že ob tlaku 0 barov. Ventil je sestavljen iz (1) tuljave, (2) tulca magneta, (3) jedra magneta, (4) vzmeti jedra, (5) tesnila in (6) ohišja (razvidno iz slike 4.3) [22].



Slika 4.3: Ventil [22]

4.2.2 Rezervoar

Pri izbiri rezervoarja smo se odločili za zbiralnik vode slovenskega proizvajalca Aplast, model AQUAstay 10.000 L – XXL (slika 4.4). Zbiralnik drži prostornino 10.000 litrov, širina in dolžina zbiralnika sta 2,3 m x 3,1 m, v višino meri 2,6 m. Zbiralnik je izdelan iz polietilena z materiali, testiranimi na razvoj mikroorganizmov (W270) v akreditiranem laboratoriju. Material je visoko vzdržljiv, izdelan po rotacijskem postopku, v enem kosu. Rezervoar dovoljuje vgradnjo v tla do globine 2,5 metra, polietilenski material pa omogoča tudi preprosto in hitro čiščenje [23].

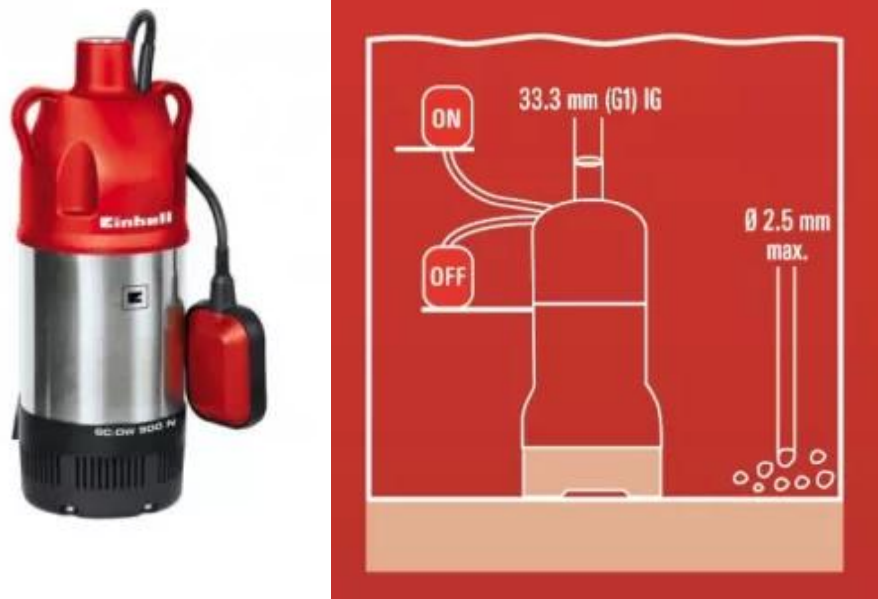


Slika 4.4: Izbrani rezervoar [23]

Izbirali smo med zbiralniki za vodo različnih volumnov, za izbranega smo se odločili na podlagi podatka, da se na merilnem mestu 1 dnevno porabi približno 8 m^3 vode. Tako se bo zbiralnik dnevno praznil in polnil, s čimer bomo preprečili usedanje neraztopljenih delcev in preprečili razvoj bakterij v samem rezervoarju.

4.2.3 Črpalka

Za izgradnjo smo izbirali med potisno in potopno črpalko. Odločili smo se za potopno črpalko, saj je že opremljena z lastnim plavajočim stikalom in tako bolj priročna. Izbrali smo potopno črpalko znamke Einhell, model GC-DP 2010 N (slika 4.5) s 1000 W motorjem, ki doseže pretok do 18.000 litrov na uro in lahko sesa delce do premera 20 mm. Plovno stikalo onemogoča suhi tek, ohišje pa je izdelano iz visokokakovostnega nerjavečega jekla, kar zagotavlja dolgo življenjsko dobo črpalke [24].



Slika 4.5: Izbrana potopna črpalka [24]

4.2.4 Filter

Ker želimo vodo dodatno organsko prečistiti, hkrati pa zagotoviti dovolj velik pretok vode skozi filter, smo izbrali dvojni vodni filter Big Blue Duplex (slika 4.6). Sestavljen je iz dveh filtrov, pri čemer prvi odstrani delce velikosti 5 mikronov in večje ter zaščiti naslednji filter. Drugi filter z vložkom iz aktivnega oglja iz vode odstrani težje kovine, pesticide ter razna organska onesnaženja, filter pa deluje tudi antibakterijsko in podaljša življenjsko dobo aktivnega oglja [25].

Izbirali smo med filtroma Big Blue Duplex ter Big Blue Duplex CTO. Razlikujeta se v načinu filtriranja v prvem filtru, kjer oba iz vode odstranita delce, večje od 5 mikronov, pri čemer izbrani filter opravi filtracijo v treh stopnjah, kar podaljša življenjsko dobo vložka. Razlika je tudi v vložku iz aktivnega oglja, pri čemer izbrani filter poleg organskih snovi, hormonov, pesticidov in azbesta odstrani tudi težke kovine (svinec, živo srebro, kadmij,..) [25 in 26].



Slika 4.6: Dvojni vodni filter [25]

Poleg samega filtra bomo nabavili tudi dodatne vložke, saj imajo življenjsko dobo do enega leta.

4.2.5 Hidrofor

Izbrali smo hidrofor znamke VIP, model XJWM/10H-50H (slika 4.7). Z vgradnjo hidroforja bomo razbremenili delovanje črpalke, saj se ta ne bo zagnala vsakič, ko bomo odprli pipo. S tem bomo podaljšali življenjsko dobo črpalke, zaradi manjših sunkov vode bodo cevi manj obrabljene, tlačna posoda pa bo omogočala konstanten pretok vode na pipi.

Odločili smo se za hidrofor slovenskega proizvajalca VIP Tehnika. Podjetje je na trgu prisotno že več kot 20 let, ponašajo se z utečeno servisno dejavnostjo ter ponujajo širok nabor rezervnih delov [27]. Izbirali smo med dvema hidroforjema, modelom VIP XJWM/10H-20H in modelom VIP XJWM/10H-50H. Oba hidroforja imata 750 W motor, ki omogoča pretok 60 litrov v minuti, termična zaščita motorja pa preprečuje pregrevanje motorja, saj se ob preobremenitvi samodejno izključi. Hidroforja se razlikujeta le v

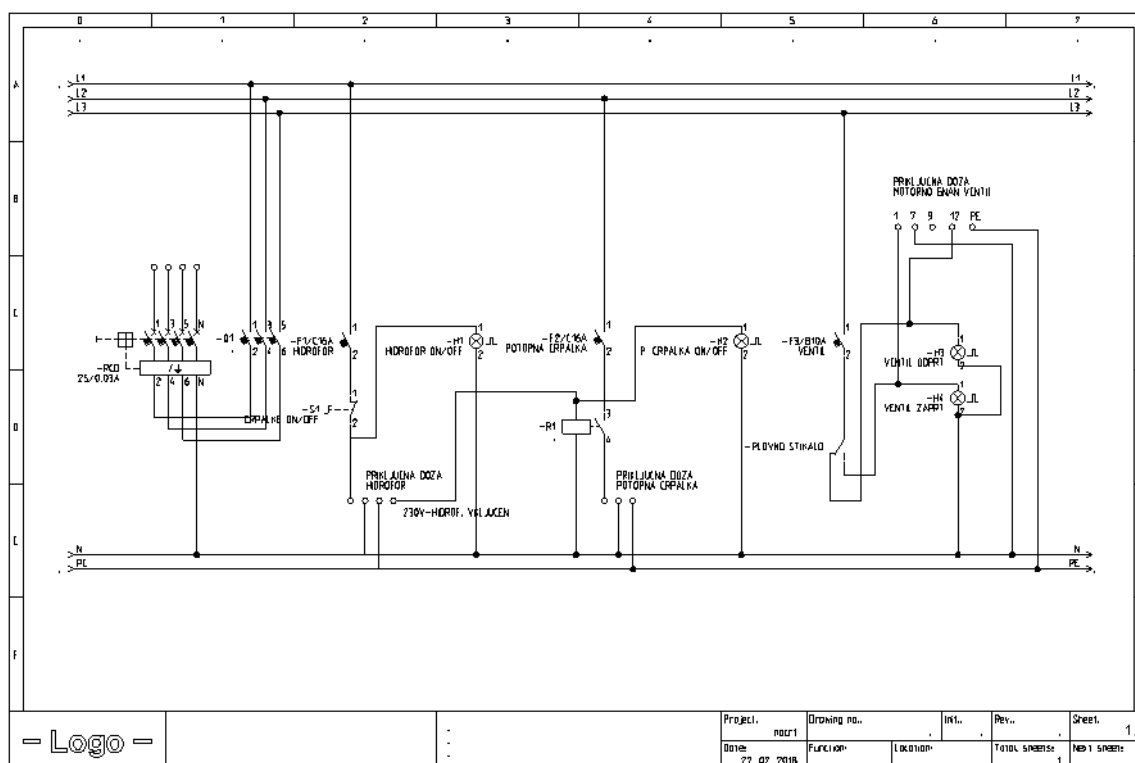
prostornini tlačne posode, model VIP XJWM/10H-20H ima prostornino 20 l, model VIP XJWM/10H-50H pa prostornino 50 l [28 in 29]. Večja, kot je tlačna posoda, manj je vklopov in izklopov črpalke. Odločili smo se za hidrofor z večjo prostornino tlačne posode, saj s tem manj obremenjujemo motor in podaljšamo življenjsko dobo hidroforja.



Slika 4.7: Hidrofor [29]

4.2.6 Električni načrt

Na sliki 4.8 je predstavljen električni načrt delovanja sistema. Iz slike je razvidna vezava posameznih komponent na električno omrežje, povezava med komponentami ter varovalke.



Slika 4.8: Električni načrt

4.3 STROŠKI IZGRADNJE

Stroški izgradnje zajemajo stroške materiala in stroške gradnje.

Stroški materiala zajemajo stroške nakupa črpalke, hidroforja, dveh ventilov, rezervoarja, vodnega filtra, lesene hiške s kritino, v kateri bo elektro omarica, elektro dokumentacijo ter elektroinštalacije. Iz tabele 4.4 je razvidno, da bodo skupni stroški materiala znašali 5.215,85 evrov.

Tabela 4.4: Stroški materiala

Komponenta materiala	Cena z DDV
ventil (2x)	139,01 €
rezervoar	1.676,28 €
črpalka	99,99 €
vodni filter	278,50 €
hidrofor	392,09 €
lesena hiška s kritino z elektro omarico	485,98 €

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

Komponenta materiala	Cena z DDV
elektro dokumentacija	108,00 €
elektroinštalacije	2.036,00 €
Σ	5.215,85 €

Stroški del izgradnje zajemajo stroške izkopa luknje za rezervoar skupaj z odvozom, polaganja in inštalacije cevi ter betoniranja. Rezervoarja za vodo ne bomo popolnoma vkopali v zemljo, zato bo zadoščal izkop gradbene luknje širine 3,3 m in dolžine 4,1 m z globino 0,8 m. Rezervoar moramo postaviti na trdo in kompaktno podlago, zato smo se odločili za 20 cm podložnega betona.

Skupni stroški del bodo znašali 4.434,80 evrov (tabela 4.5).

Tabela 4.5: Stroški del

Komponenta izgradnje	Cena z DDV
izkop z odvozom	40,80 €
beton z vgradnjo	2.534,00 €
osip	490,00 €
vgradnja cevi z zasipom, specifikacija del: - inox cev fi 50 x 2 mm - inox nabijalne puše m 12 in m 8 mm - prirobnica za cev fi 50 s pripadajočim vijačnim materialom - nosilna inox veriga, premer 5 mm - vodila za cevi - varjenje in obdelava cevi s prirobnicami in obstoječim delom	1.370,00 €
Σ	4.434,80 €

Stroški materiala in del za izgradnjo sistema bodo skupaj znašali 9.650,65 evrov (tabela 4.6).

Tabela 4.6: Skupni stroški

Stroški	Cena z DDV
stroški materiala	5.215,85 €
stroški izgradnje	4.434,80 €
Σ	9.650,65 €

4.4 POVRNITEV INVESTICIJE

Skupni stroški investicije bodo znašali 9.650,65 evrov, prihranek na letni ravni pa 6.315,95 evrov. Povprečni mesečni prihranek bo znašal 526,33 evrov, tako bo celoten strošek investicije pokrit v 19. mesecu uporabe sistema (tabela 4.7).

Tabela 4.7: Stroški investicije in povrnitev vložka

Skupni stroški investicije	9.650,65 €
Prihranek na letni ravni	6.315,95 €
Prihranek na mesečni ravni	526,33 €
Povrnitev stroškov investicije v mesecih:	18,34

4.4.1 Amortizacija in ponavljajoči se stroški

Iz vidika povračila stroškov investicije je smiselno vzeti v obzir tudi amortizacijo sredstev in pojavljanje ponavljajočih se stroškov. Upoštevali bomo amortizacijske stopnje opredmetenih osnovnih sredstev, ki sodijo v javno infrastrukturo, navedene v prilogi 1 Uredbe o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja [30].

Letna amortizacija sredstev znaša 506,73 evrov (tabela 4.8). Ponavljajoči se stroški znašajo 245,00 evrov letno ter obsegajo dva kompleta vložkov za vodni filter (tabela 4.9).

Tabela 4.8: Amortizacija sredstev

Osnovno sredstvo	Cena z DDV	Amortizacijska stopnja	Letna amortizacija
ventil (2 x)	139,01 €	10 %	13,90 €
rezervoar (skupaj s stroški del)	6.111,08 €	2,5 %	152,78 €
črpalka	99,99 €	10 %	10,00 €
vodni filter	278,50 €	10 %	27,85 €
hidrofor	392,09 €	10 %	39,21 €
lesena hiška s kritino z elektro omarico, elektro dokumentacijo in elektroinstalacijami	2.629,98 €	10 %	263,00 €
Σ	9.650,65 €		506,73 €

Tabela 4.9: Ponavljajoči se letni stroški

Ponavljajoči se stroški	Cena z DDV	Količina	Letni strošek
mehanski filtrirni vložek PP (Melt Blown) 30/10/5 mcr, BB 9 ¾"	47,70 €	2	95,40 €
filtrirni vložek aktivno oglje GAC + KDF® 55, BB 9 ¾"	74,80 €	2	149,60 €
Σ	122,50 €		245,00 €

Letna amortizacija in ponavljajoči se letni stroški znašajo skupaj 751,73 evrov. Variabilni letni stroški porabe vode na merilnem mestu 1 so pred vpeljavo sistema ponovne uporabe znašali 6.315,95 evrov. Iz vidika amortizacije tako letno prihranimo kar 5.564,21 evra.

5 UPORABA OČIŠČENE ODPADNE VODE NA CČN ŠENTJUR ZA NAMAKANJE KMETIJSKIH POVRŠIN

V letu 2017 je CČN Šentjur prečistila 985.091 m³ odpadnih voda [31]. Prečiščeno vodo bi kot tehnološko vodo letno porabili le v količini 3.072 m³. S sistemom ponovne uporabe bomo tako uspeli vrniti v ponoven obtok le 0,3 % očiščene odpadne vode. Dodatno nadaljnjo uporabo bomo nakazali na primeru uporabe vode za namakanje kmetijskih površin.

5.1 PARAMETRI VODE ZA NAMAKANJE KMETIJSKIH POVRŠIN

Za namene namakanja obdelovalnih površin je potrebno upoštevati mejne vrednosti parametrov vode za namakanje rastlin, navedenih v Uredbi o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. Uredba je prenehala veljati aprila 2017, v veljavi pa ni novega zakonika ali uredbe, ki bi konkretno določala parametre kakovosti vode za namakanje. V ta namen bomo upoštevali določila omenjene uredbe.

V tabeli 5.1 so navedene mejne vrednosti parametrov vode za namakanje rastlin iz tabele 10 v prilogi 4 [32]. Poleg navedenih parametrov vsebnost težkih kovin ne sme presegati mejnih vrednosti »dobrega kemijskega stanja za težke kovine v površinskih vodah v skladu s predpisi, ki urejajo kemijsko stanje površinskih voda [32]«. Parametri kemijskega stanja voda so določeni v prilogi 1 Uredbe o stanju površinskih voda, v prilogi 2 iste uredbe pa so določene največje dovoljene vrednosti parametrov. Parametrov kemijskega stanja v vodi je skupaj 45 [33].

Tabela 5.1: Mejne vrednosti parametrov vode za namakanje [32]

Parameter vode za namakanje	Mejna vrednost
temperatura	35 °C
vsebnost suspendiranih snovi	100 mg/l
vsebnost raztopljenih snovi	2.000 mg/l

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

Parameter vode za namakanje	Mejna vrednost
elektroprevodnost	2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
nitriti	10 mg/l
natrij	70 mg/l
kloridi	100 mg/l
mikrobiološka lastnost vode za namakanje:	
a) namakanje rastlin, katerih deli se uživajo surovi ali prekuhani (razen pri namakanju s kapljači)	1.000 skupnih koliformnih bakterij MPN/l
b) namakanje rastlin za predelavo	200.000 skupnih koliformnih bakterij MPN/l

Glavni parametri, ki določajo kakovost vode za namakanje in vplivajo na rast in razvoj rastlin [34]:

- slanost – pri preveliki vsebnosti soli se rastline odzovejo, kot da so izpostavljene suši,
- toksičnost elementov (ionov) – vplivajo na zdravje rastlin, živali in ljudi,
- vsebnost natrija in kalcija – vpliva na prepustnost tal,
- vsebnost hranil – potrebno upoštevati v gnojni bilanci,
- mikroorganizmi – vplivajo na zdravje ljudi in živali, ki pridejo v stik z njimi,
- pH vode in
- temperatura vode.

5.1.1 Ustreznost prečiščene odpadne vode glede na trenutne meritve

Na podlagi meritev lahko primerjamo vsebnost nitratov, ti na izhodu iz CČN Šentjur znašajo v povprečju 5 mg/l, mejna vrednost po [32] pa znaša 10 mg/l. Po podatkih iz [16] vsebnost trdnih suspendiranih snovi na iztoku iz CČN znaša 8,5 mg/l, mejna vrednost po [32] pa znaša 100 mg/l.

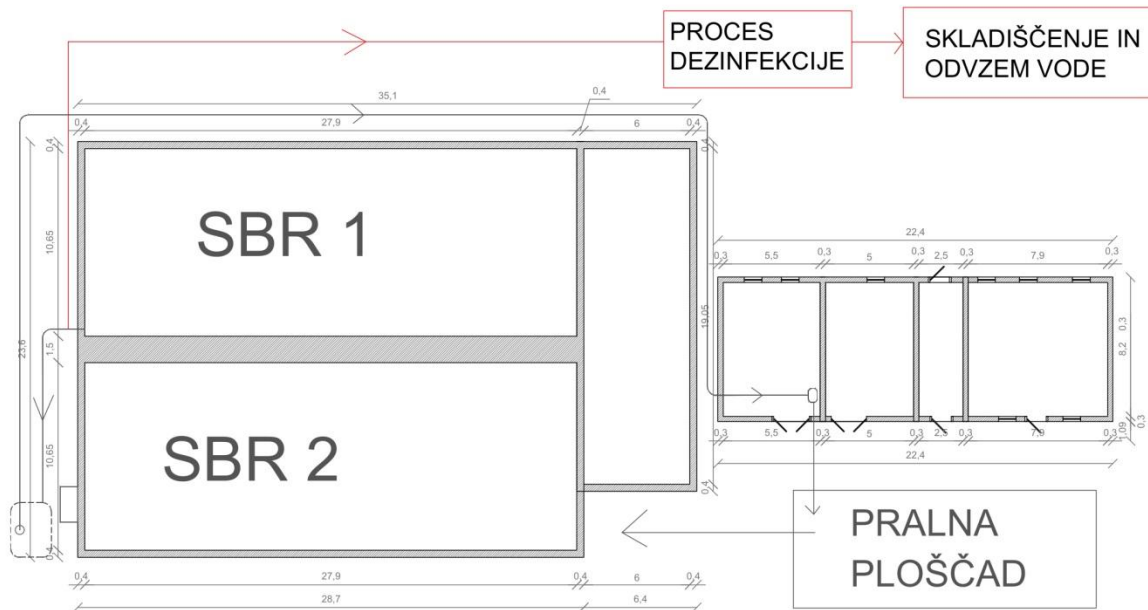
5.2 VZPOSTAVITEV SISTEMA ČIŠČENJA ODPADNE VODE ZA NAMAKANJE KMETIJSKIH POVRŠIN

Za namene namakanja bi morali zadovoljiti različnim predpisom iz področja kmetijstva, varovanja voda, narave in zdravja. Tako bi bil potreben stalen monitoring prečiščene vode,

v sam sistem pa bi bilo potrebno uvesti dodatne postopke čiščenja vode, v kolikor bi bili ti potrebni.

Glede na izvor odpadne vode se v njej ne bi smele pojavljati povečane koncentracije težkih kovin. V primeru prekoračitve mejnih vrednosti bi bilo potrebi uvesti elektrokemijske postopke čiščenja odpadnih vod.

Na sliki 5.1 je prikazan tloris CČN Šentjur z nakazanim postopkom dezinfekcije odpadne vode ter skladiščenjem prečiščene vode. Zaradi velike količine odpadnih vod bi opravili dezinfekcijo s pomočjo kemijskih postopkov. Z metodo kloriranja, ozoniranja, UV-dezinfekcije ali uporabo H_2O_2 bi iz vode odstranili bakterije, notranje zajedavce in viruse. V postopku dezinfekcije se najpogosteje uporablja klor, ki pa ga je potrebno temeljito premešati z vodo ter zagotoviti ustrezen kontaktni čas, da se dezinfekcija ustrezno izvede [6]. V sistem smo dodali tudi skladišče vode, s čimer omogočamo dostop do vode za namakanje, ko je ta potrebna in s tem ne zmanjšujemo kontaktnega časa kloriranja.



PONOVNA UPORABA ODPADNE VODE NA CČN ŠENTJUR
TLORIS Z ZASNOVANIM SISTEMOM INSTALACIJ
Larisa Sevšek
2018
M 1 : 250

Slika 5.1: Tloris CČN Šentjur z dodatnim postopkom čiščenja za namene namakanja

5.3 KOLIČINA OČIŠČENE VODE ZA NAMAKANJE KMETIJSKIH POVRŠIN

CČN Šentjur je v letu 2017 prečistila 985.091 m³ odpadne vode, kar znaša v povprečju 2.698 m³ vode na dan. Od tega bi porabili približno 8 m³ očiščene vode za čiščenje čistilne naprave, preostanek pa bi lahko uporabili za namakanje. Glede na povprečen dnevni pretok in hidromodul za osrednjo Slovenijo (0,56 l/s*ha [34]) bi lahko z očiščeno vodo namakali dobrih 55 hektarjev kmetijskih površin.

Namakanje zemljišč poteka s pomočjo razpršilcev, mikrorazpršilcev, namakalnikov, kapljačev (na sliki 5.2) in podobno. Vodo, namenjeno namakanju, bi uporabljali le pomladi in poleti, v obdobju rasti poljščin. Preostanek leta pa bi lahko vodo injicirali v podtalnico (ob upoštevanju predpisanih parametrov) ali jo shranili v temu namenjenih zadrževalnikih [35].



Slika 5.2: Kapljično namakanje na Ptujem polju [35]

V poglavju smo nakazali nadaljnjo uporabo očiščene odpadne vode za namene namakanja okoliških kmetijskih površin, obstajajo pa tudi druge možnosti uporabe. Zaradi bližine Šentjurja bi lahko odpadno vodo dodatno prečistili in speljali v naselje, kjer bi se

uporabljala kot voda za gašenje, spiranje sanitarij in namakanje zelenic. V bližini se nahajajo tudi proizvodni obrati, kjer bi lahko vodo nadalje uporabili kot tehnološko vodo.

Zgoraj smo omenili le nekaj možnosti ponovne uporabe, za dejansko vzpostavitev sistema dodatne uporabe očiščene odpadne vode pa bi bile potrebne poglobljene raziskave.

6 SKLEP

Ponovno uporabo odpadne vode je na primeru CČN Šentjur razmeroma preprosto vgraditi v obstoječi sistem, saj gre za tehnološko vodo, ki ne rabi izpolnjevati posebnih pogojev glede vsebnosti mikroorganizmov ter kemijskih lastnosti vode. Vsa uporabljena voda se po uporabi ponovno odvede v samočistilno napravo in prečisti. Z vidika stroškov je izgradnja sistema več kot finančno ugodna naložba, saj se povrne v nekaj več kot letu in pol, nadaljnji mesečni prihranki pa znašajo nekaj več kot 500 evrov.

Že vrsto let spremljamo težave, s katerimi se zaradi intenzivnih sušnih obdobj spoprijemajo kmetje. Glede na to, da leži čistilna naprava na obrobju mesta, v bližini kmetijskih obdelovalnih površin, bi bil smiseln naslednji korak dodatno mikrobiološko čiščenje (dodatna filtracija in dezinfekcija) do te stopnje, da bi prečiščena voda dosegala pogoje za ponovno uporabo v kmetijstvu kot namakalna voda. Tako bi lahko ob maksimalni izkoriščenosti porabili manj kot 1 % očiščene vode za namene čiščenja in vzdrževanja čistilne naprave, preostanek pa bi v obdobju suše porabili za namakanje kmetijskih površin.

LITERATURA IN VIRI

- [1] Ministrstvo za okolje in prostor. *Svetovni dan voda 2017: ne uničujmo voda!*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2017. Dostopno na : http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/medijsko_sredisce/2017/03_Marec/20_Svetovni_dan_voda/fact_sheets_prevod_.pdf [5. 6. 2018].
- [2] S. Čuček. *Gospodinjstva so v letu 2016 proizvedla za 15,7 % komunalnih odpadnih voda manj kot v letu 2015*. Ljubljana: Statistični urad Republike Slovenije, 2017. Dostopno na: <http://www.stat.si/StatWeb/News/Index/6853> [9. 8. 2018].
- [3] S. Čuček. *V letu 2017 je bilo prečiščenih v čistilnih napravah 72 % odpadnih voda iz kanalizacijskih sistemov*. Ljubljana: Statistični urad Republike Slovenije, 2018. Dostopno na: <http://www.stat.si/StatWeb/News/Index/7562> [9. 8. 2018].
- [4] M. Zajc. *Kazalci okolja v Sloveniji. Čiščenje odpadnih voda na komunalnih in skupnih čistilnih napravah*. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje, 2017. Dostopno na: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=832 [9. 8. 2018].
- [5] Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. Uradni list RS, št. 64/12, 64/14 in 98/15.
- [6] M. Roš. *Sodobni postopki čiščenja odpadnih vod*. Celje: Fit media, 2015.
- [7] Evropska komisija. *Water re-use in Europe – what do you think?*. Bruselj: Evropska komisija, 2014. Dostopno na: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-904_en.htm [5. 6. 2018].
- [8] N. Vodopivec. *Ponovna uporaba očiščene (komunalne) odpadne vode*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2017.
- [9] Evropska komisija. *Proposal for a regulation of the European parliament and of the Council on minimum requirements for water reuse*. Bruselj: Evropska komisija, 2018.
- [10] Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Uradni list RS, št. 64/2012, 64/2014, 98/2015.

- [11] Ministrstvo za okolje in prostor. *Kažipot prehoda v krožno gospodarstvo Slovenije*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2017 Dostopno na: http://www.vlada.si/fileadmin/dokumenti/si/projekti/2016/zeleno/Kazipot_prehoda_v_krožno_gospodarstvo.pdf [24. 8. 2018].
- [12] RusaLCA. *Priprave na distribucijo vode iz čistilne naprave RusaLCA*. Dostopno na: <http://www.rusalca.si/si/novice/priprave-na-distribucijo-vode-iz-cistilne-naprave-rusalca/> [23. 8. 2018].
- [13] MojaObčina.si. *10 let občine Šentrupert*. Dostopno na: <https://m.mojaobcina.si/sentrupert/novice/10-let-obcine-sentrupert.html> [23. 8. 2018].
- [14] D. Povodnik. Ponovna uporaba očiščene industrijske odpadne vode z uporabo membranskih filtracij : predstavitev rezultatov razvojnega projekta EUREKA. *Informacijski bilten: bilten strokovnih informacij Gorenja*. Letnik 22, št. 7/9 (2013), str. 1 – 10. Dostopno na: <https://static.2014.gorenje.cc/files/default/corporate/Professional-contributions/2013/ponovna-uporaba-ociscene-industrijske-odpadne-vode.pdf> [23. 8. 2018].
- [15] Lušt. *Pridelava*. Dostopno na: <http://www.lust.si/pridelava> [24. 8. 2018].
- [16] Gradišnik, T. *Centralna čistilna naprava Šentjur*. Šentjur: Javno komunalno podjetje Šentjur, 2017.
- [17] Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda. Uradni list RS, št. 94/14 in 98/15.
- [18] Hach. *Kivetni test COD 15–150 mg/L O₂*. Dostopno na: <https://si.hach.com/kivetni-test-cod-15-150-mg-l-o-sub-2-sub/product?id=26728052225> [27. 8. 2018].
- [19] R. Voga. Fotografije iz lastnega arhiva. Šentjur, 2018.
- [20] SURS. *Metodološko pojasnilo. Izkoriščanje voda v industriji*. Dostopno na: <http://www.stat.si/StatWeb/File/DocSysFile/8226> [23. 7. 2018].
- [21] Jakša. *O podjetju*. Dostopno na: http://www.jaksa.si/slovensko/index_si.html [7. 6. 2018].
- [22] Jakša. *O magnetnih ventilih*. Dostopno na: <http://www.jaksa.si/slovensko/ventili.html> [7. 6. 2018].

- [23] Enmundia. *Zbiralnik za vodo Aquastay 10000 L*. Dostopno na: <https://www.emundia.si/zbiralnik-za-vodo-aquastay-10000-l-214310410> [7. 6. 2018].
- [24] Merkur. *Einhell Potopna tlačna črpalka GC-DP 1020 N*. Dostopno na: <https://www.merkur.si/vrt-in-okolica/voda-na-vrtu/potopne-pretocne-crpalke-in-pribor/potopna-crpalka-einhell-gc-dp-1020-n> [7. 6. 2018].
- [25] Vodni filter. *Dvojni vodni filter za hišo Big Blue Duplex*. Dostopno na: <https://www.vodni-filter.si/filter-za-vodo-Big-Blue-Duplex.html> [7. 6. 2018].
- [26] Vodni filter. *Dvojni vodni filter za hišo Big Blue Duplex CTO*. Dostopno na: <https://www.vodni-filter.si/filter-za-vodo-Big-Blue-Duplex-CTO.html> [7. 6. 2018].
- [27] VIP Tehnika. *O podjetju*. Dostopno na: <http://www.vip-tehnika.si/podjetje/vip-tehnika> [25. 8. 2018].
- [28] Merkur. *Hidrofor VIP XJWM/10H-20H, 1-fazni*. Dostopno na: <https://www.merkur.si/hidrofor-vip-vip-xjwm-10h-20h-1-fazni-20-l-posoda> [25. 8. 2018].
- [29] Merkur. *Hidrofor VIP XJWM/10H-50H, 1-fazni*. Dostopno na: <https://www.merkur.si/hidrofor-vip-vip-xjwm-10h-50h-1-fazni-50-l-posoda> [25. 8. 2018].
- [30] Uredba o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja. Uradni list RS, št. 87/12, 109/12 in 76/17.
- [31] Interni vir: Poročilo o delovanju Centralne čistilne naprave Šentjur za leto 2017. Šentjur, 2018.
- [32] Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. Uradni list RS, št. 84/2005, 62/2008, 62/2008, 113/2009 in 99/2013.
- [33] Uredba o stanju površinskih voda. Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13 in 24/16.
- [34] Š. Kos. Možnost uporabe vode iz čistilne naprave Zarica za namakanje. Diplomsko delo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, 2016.
- [35] KGZ Ptuj. *Vodni viri in kakovost vode za namakanje kmetijskih zemljišč*. Dostopno na <http://www.kgz-ptuj.si/nasveti/namakanje/ArtMID/811/ArticleID/968> [25. 8. 2018].

PRILOGE

PRILOGA A: IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

Priloga 6 – IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

UNIVERZA V MARIBORU
Fakulteta za energetiko

(ime članice UM)

IZJAVA O AVTORSTVU IN ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE OBLIKE ZAKLJUČNEGA DELA

Ime in priimek študent-a/-ke: Larisa Sevšek

Študijski program: ENERGETIKA

Naslov zaključnega dela: Ponovna uporaba odpadne vode na Centralni čistilni napravi Šentjur

Mentor: Ivan Žagar

Somentor: _____

Podpisan-i/-a študent/-ka Larisa Sevšek

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal/-a ob pomoči mentor-ja/-ice oz. somentor-ja/-ice;
- izjavljam, da sem pridobil/-a vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v zaključnem delu in jih v zaključnem delu jasno in ustrezno označil/-a;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen/-a, da bodo dela deponirana/objavljena v DKUM dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v zaključnem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela;
- izjavljam, da je tiskana oblika zaključnega dela istovetna elektronski obliki zaključnega dela, ki sem jo oddal/-a za objavo v DKUM.

Uveljavljam permissivnejšo obliko licence Creative Commons: _____ (navedite obliko)

Začasna nedostopnost:

Zaključno delo zaradi zagotavljanja konkurenčne prednosti, zaščite poslovnih skrivnosti, varnosti ljudi in narave, varstva industrijske lastnine ali tajnosti podatkov naročnika:

(naziv in naslov naročnika/institucije) ne sme biti javno dostopno do _____ (datum odloga javne objave ne sme biti daljši kot 3 leta od zagovora dela). To se nanaša na tiskano in elektronsko obliko zaključnega dela.

Temporary unavailability:

To ensure competition priority, protection of trade secrets, safety of people and nature, protection of industrial property or secrecy of customer's information, the thesis

_____ (institution/company name and address) must not be accessible to the public till _____ (delay date of thesis availability to the public must not exceed the period of 3 years after thesis defense). This applies to printed and electronic thesis forms.

Datum in kraj: Maribor, 24.09.2018

Podpis študent-a/-ke:



Podpis mentor-ja/-ice: _____
(samo v primeru, če delo ne sme biti javno dostopno)

Ime in priimek ter podpis odgovorne osebe naročnika in žig:

(samo v primeru, če delo ne sme biti javno dostopno)